



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

JAILSON FERREIRA CARNEIRO

**ESTUDO DAS PATOLOGIAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA
RESTAURAÇÃO DO TRECHO DA RODOVIA TO-070 QUE LIGA OS
MUNICÍPIOS PORTO NACIONAL-TO E BREJINHO DE NAZARÉ-TO**

**Palmas/TO
2016**

JAILSON FERREIRA CARNEIRO

**ESTUDO DAS PATOLOGIAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA
RESTAURAÇÃO DO TRECHO DA RODOVIA TO-070 QUE LIGA OS
MUNICÍPIOS PORTO NACIONAL-TO E BREJINHO DE NAZARÉ-TO**

Monografia apresentada como requisito parcial
da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso
II, do curso de Engenharia Civil, orientado pelo
Professor Msc. Fabrício Bassani dos Santos.

**Palmas/TO
2016**

Jailson Ferreira Carneiro

**ESTUDO DAS PATOLOGIAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA
RESTAURAÇÃO DO TRECHO DA RODOVIA TO-070 QUE LIGA OS
MUNICÍPIOS PORTO NACIONAL-TO E BREJINHO DE NAZARÉ-TO**

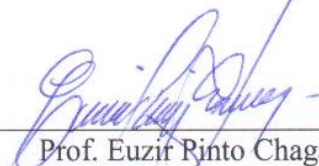
Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Msc. Fabrício Bassani dos Santos.

Aprovada em 03 de novembro de 2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Orientador: Msc. Fabrício Bassani dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Euzir Rinto Chagas
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Kênia Lopes Mendonça
Centro Universitário Luterano de Palmas

PALMAS/TO
2016

DEDICATÓRIA

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso a todas as pessoas que passaram em minha vida até agora. Que queira ou não, todos, sem exceção, tiveram o seu grau de influência em minhas atitudes e personalidade. Aproveito também, para estender esta dedicatória a minha base familiar, em especial, minha mãe Lourdes, meu pai Euclides, minhas irmãs Milena, Patrícia, minha tia Marlene, Lindinalva e meu tio Jose Calais, que são as pessoas que tiveram caminhando em paralelo comigo durante toda a minha trajetória. A minha namorada, Amandda, que sempre esteve ao meu lado me dando forças nos momentos em que eu me sentia mais fraco, sendo o porto seguro que tanto necessito. Aos meus grandes amigos, que com grande orgulho eu chamo de irmã Lara Patricia, pelo seu companheirismo e amizade nesta caminhada em paralelo comigo durante toda a minha trajetória. Dedico também, aos amigos que cultivei durante a minha graduação, em especial Alessandro, Melk, Miller, Natalia, Ricardo, Silas e Victor, que espero ter a amizade por toda a minha vida, e em especial aos meus grandes amigos, e professores, Fabrício Bassani, Edivaldo Alves e Fernando Moreno, que me acompanharam e me orientaram durante a elaboração desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Entendo que existe um ser superior o qual nos deu um mundo maravilhoso para vivermos. Então agradeço a Deus por estar me protegendo, ajudando e orientando a seguir os meus ideais e, principalmente por estar me dando forças para sempre buscar novos e melhores objetivos.

Aos Professores Fabrício Bassani, Edivaldo Alves e Fernando Moreno, pela orientação na realização deste trabalho, que sem esta não teria sido possível a sua conclusão. A toda a minha família, amigos e colegas em especial a Lara Patrícia pelo enorme apoio durante este período de elaboração deste trabalho, e a todos os demais que, de alguma forma, contribuíram na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

"Para tudo há um tempo, para cada coisa há um momento debaixo do céu:

Tempos para nascer e tempo para morrer;

Tempo para plantar e tempo para arrancar o que foi plantado;

Tempo para matar e tempo para sarar;

Tempo para demolir e tempo para construir;

Tempo para chorar e tempo para rir;

Tempo para gemer e tempo para dançar;

Tempo para atirar pedras e tempo para juntá-las;

Tempo para dar abraços e tempo para apartar-se;

Tempo para procurar e tempo para perder;

Tempo para guardar e tempo para jogar fora;

Tempo para rasgar e tempo para costurar;

Tempo para calar e tempo para falar;

Tempo para amar e tempo para odiar;

Tempo para guerra e tempo para paz;

Todas as coisas que Deus fez são boas, a Seu tempo"

Eclesiastes 3:1-8,11

RESUMO

CARNEIRO, F. C. **Estudo das Patologias e Possíveis Soluções para Restauração do Trecho da Rodovia TO-070 que liga os Municípios Porto Nacional-To e Brejinho De Nazaré-TO.** 2016, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP/ULBRA, Palmas – TO.

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, porém esse tipo de revestimento sofre bastante com o aparecimento de patologias, que devido aos transtornos e ao alto custo na reparação/reconstrução das rodovias pavimentadas, faz-se necessário diagnosticar tais patologias e buscar a melhor alternativa de reparo. Este estudo identificou e caracterizou as patologias existentes no pavimento flexível da rodovia TO-070 que liga os municípios de Porto Nacional e Brejinho de Nazaré no Estado do Tocantins e sugerir possíveis soluções para restauração do pavimento rodoviário. Usou-se para o desenvolvimento do trabalho as normas do DNIT, DNER e ABNT, para identificação, levantamento de campo e sugestões de correção, além da literatura de autores de renome no assunto. Com o registro fotográfico e o levantamento visual contínuo pode-se constatar que os trechos mais críticos da rodovia estão localizados nos 20 km iniciais no sentido Porto Nacional a Brejinho de Nazaré.

Palavras-chave: Pavimento Flexível; Patologias; Sugestões de Correção;

ABSTRACT

CARNEIRO, F. C. Study of Pathologies and Possible Solutions for TO- 070 Highway Stretch Restore connecting the Municipalities National -To Port and Brejinho of Nazareth –TO. 2016, Work Completion of course (Diploma in Civil Engineering) - Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP/ULBRA, Palmas – TO.

The main objective of paving is to ensure trafficability at any time of year and weather conditions, and provide users with comfort rolling and safety, but this type of coating suffers a lot with the appearance of pathologies, which due to the inconvenience and high cost in repair / reconstruction of paved roads, it is necessary to diagnose such conditions and seek the best repair alternative. Thus, this study aims to identify and characterize the existing conditions in flexible pavement of the TO-070 highway that connects the cities of Porto Nacional and Brejinho de Nazaré in the State of Tocantins and suggest possible solutions to restore the road surface. It used to develop the work the DNIT norms, DER and ABNT for identification, field survey and correction suggestions, as well as renowned authors of literature on the subject. With the photographic record and the continuous visual survey it can be seen that the most critical stretches of highway are located in 20 km starting towards the National Port of Nazareth Brejinho.

Keywords: Flexible Floor ; pathologies ; Correction suggestions.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Objetivos.....	15
1.1.1. Objetivo Geral.....	15
1.1.2. Objetivos Específicos	15
1.2. Justificativa e Importância do Trabalho.....	15
1.3. Problema	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1. Histórico do Pavimentação	17
2.2. Situação Atual da Pavimentação no Brasil	19
2.3. Tipos de Pavimentos	22
2.4. Pavimentos Rígidos	22
2.5. Pavimentos Semi-Rígidos	23
2.6. Pavimentos Flexíveis	23
2.6.1. Tipos de camadas do pavimento flexível.....	24
2.7. Levantamento visual contínuo – LVC	27
2.8. Classificação dos solos para fins de pavimentação	30
2.8.1. Classificação TRB – Transportation Research Board (Antigo HRB)	31
2.8.2. Sistema Unificado de Classificação dos Solos	32
2.9. Caracterização física dos solos para pavimentação	33
2.9.1. Granulometria dos solos	33
2.9.2. Limites de consistência	34
2.9.3. Compactação dos solos	36
2.9.4. Efeito do tráfego nos parâmetros de compactação de uma camada de solo.	40
2.9.5. Índice de Suporte Califórnia – CBR	41
2.10. Avaliação Funcional do Pavimento	43
2.11. Patologias em pavimentos flexíveis.....	45
2.11.1. Fissuras	45
2.11.2. Trincamentos	45
2.11.3. Trincas Isoladas	46
2.11.4. Trincas Interligadas.....	46
2.11.5. Trincas por Reflexão.....	49
2.11.6. Afundamentos em Trilha de Roda	49
2.11.7. Ondulação ou Corrugação	50
2.11.8. Escorregamento do Revestimento.....	51
2.11.9. Exsudação	51
2.11.10. Desgaste	52
2.11.11. Painelas ou Buracos.....	52
2.11.12. Remendos	53
2.12. Técnicas de restauração asfáltica	53
2.12.1. Técnicas de restauração de pavimentos com problemas estruturais	55
2.12.2. Considerações sobre o trincamento por reflexão	55
2.12.3. Emprego de geossintéticos.....	56
2.12.4. Camadas intermediárias de alívio de tensões	56
2.12.5. Camadas de dissipação de trincas	57
2.12.6. Espessura de recapeamento aumentada	57

2.12.7.	Reciclagem do revestimento existente.....	57
2.12.8.	Emprego de revestimentos asfálticos com ligantes modificados.....	58
3.	METODOLOGIA	59
3.1.	Local de estudo e Caracterização do Trecho	59
3.2.	Caracterização do solo da camada da base	60
3.3.	Coleta do material e produção dos corpos-de-prova.....	61
3.4.	Realização dos ensaios laboratoriais.....	61
3.4.1.	Ensaio de CBR (NBR 9895/87).....	61
3.4.2.	Determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR).....	64
3.4.3.	Ensaio de granulometria por peneiramento.....	65
3.4.4.	Ensaio de massa específica (NBR 15619/08);	67
3.5.	Levantamento Visual Contínuo e Identificação das Patologias.....	67
3.6.	Sugestões de Correção	68
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
4.1.1.	Panela/buraco	79
4.1.2.	- Trinca Longitudinal	80
4.1.3.	- Trinca Interligada - Tipo Couro de Jacaré.....	81
4.1.4.	Desgaste	81
5.	CONCLUSÃO	87
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
	ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Veículos utilizados pela AASHO em pistas experimentais e veículo de carga usado atualmente	19
Figura 02 – (a) campo de tensões de pavimento flexível ; (b) campo de tensões de pavimento rígido.....	24
Figura 03 – Estrutura de pavimento-tipo.....	24
Figura 04 – Classificação TRB - AASHTO, DNIT (2006)	31
Figura 05 – Exemplo de Curva granulométrica de solos.	34
Figura 06 – Limites de consistência. DNIT (2006)	35
Figura 07 – Esquema da constituição ar, água e sólidos, dos solos	36
Figura 08 – Esquema da aparelhagem utilizada no ensaio de compactação de solos.....	37
Figura 09 – Aparelhagem utilizada no ensaio de compactação de solos, soquete proctor e molde cilíndrico respectivamente	38
Figura 10 – Curva de compactação dos solos DNIT (2006)	39
Figura 11 – Curva de compactação dos solos para diferentes energias DNIT (2006).....	39
Figura 12 – Prensa para CBR, DNIT (2006)	42
Figura 13 – Esquema da curva pressão versus penetração DNIT (2006)	43
Figura 14 – Trinca isolada longitudinal (RS-155)	46
Figura 15 – Trinca couro de jacaré (RS-155)	47
Figura 16 – Trinca couro de jacaré com erosão	47
Figura 17 – Trinca de bloco	48
Figura 18 – Afundamento plástico	50
Figura 19 – Localização TO - 070	59
Figura 20 – Coleta do solo	61
Figura 21 – Classificação do solo	61
Figura 22 – Homogeneização da amostra.....	62
Figura 23 – Compactando o solo e aplanando-se a superfície do material	62
Figura 24 – Pesando o cilindro	63
Figura 25 – Compactação das amostras submersa	63

Figura 26 – Determinação da massa específica e Determinação o teor de umidade.....	64
Figura 27 – Amostra submersa e execução do ensaio CBR	65
Figura 28 – Peneamento da amostra	66
Figura 29 – Curva de compactação	70
Figura 30 – Curva de pressão/penetração do I.S.C	72
Figura 31 – Sistema unificado de classificação de solos	73
Figura 32 – Curva de granulometria do solo	74
Figura 33 – Fluxograma para avaliação do pavimento através do LVC.....	78
Figura 34 – Painel/buraco - Rodovia TO-070, entre Porto Nacional e Brejinho de Nazaré	80
Figura 35 – Trinca longitudinal - Rodovia TO-070	80
Figura 36 – Trinca interligada - couro de Jacaré - Rodovia TO-070	81
Figura 37 – Desgaste do revestimento - Rodovia TO-070	82
Figura 38 – Remendos - Rodovia TO-070	83
Figura 39 – Execução de recuperação superficial - recapeamento usando lama asfáltica	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Frequência dos defeitos	28
Tabela 02 – Determinação do Índice de Gravidade	28
Tabela 03 – Pesos para cálculo	29
Tabela 04 – Conceito e intervenções segundo o ICPF	29
Tabela 05 – Índice do Estado da Superfície do Pavimento – IES	30
Tabela 06 – Faixas granulométricas	74
Tabela 07 – Classificação funcional do pavimento	77
Tabela 08 – Conceitos para valor de serventia atual - VSA	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Evolução da rede rodoviária brasileira (em km)	18
Quadro 2 – Classificação geral dos solos	32
Quadro 3 – Procedimento após peneiramento NBR9895/87	42
Quadro 4 – Compactação - NBR-7182	69
Quadro 5 – Penetração	71
Quadro 6 – Análise granulométrica - NBR-7181	73
Quadro 7 – Massa específica - grãos que passam na # 4,8mm -NBR-6508	74
Quadro 8 – Trechos críticos, conceito péssimo (E) e (D)	75

1. INTRODUÇÃO

Segundo Croney (1977) 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.

Do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são percebidos uma vez que afetam seu conforto. Quando o conforto é prejudicado, significa que o veículo também sofre mais intensamente as consequências desses defeitos. Essas consequências acarretam maiores custos operacionais, relacionados a maiores gastos com peças de manutenção dos veículos, com consumo de combustível e de pneus, com o tempo de viagem etc. Portanto, atender o conforto ao rolamento também significa economia nos custos de transporte. Modelos empíricos de desempenho mostram claramente a correlação entre a irregularidade e os custos operacionais (Geipot, 1981; Robinson, 1986).

O uso corriqueiro de métodos que possam dar mais qualidade, resistência e conseqüentemente maior vida útil ao pavimento, faria com que o país deixasse de investir bilhões em manutenção do corpo estradal brasileiro e assim esse recurso poderia ser investido na pavimentação de rodovias existentes, criação de novas ou até mesmo no desenvolvimento de outros modais de transportes, hoje ainda pouco explorados no país. Assim, a proposta deste trabalho é diagnosticar a patologia, propor a manutenção da rodovia em estudo, e técnicas de restauração dos pavimentos, que possa contribuir para tornar a restauração de pavimentos mais econômica e sustentável, especificamente no trecho em estudo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Identificar e caracterizar as patologias existentes no pavimento flexível da rodovia TO-070 que liga os municípios de Porto Nacional e Brejinho de Nazaré no Estado do Tocantins e sugerir possíveis soluções para restauração do pavimento rodoviário.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre Patologias em Pavimentos Flexíveis ;
- Identificar os segmentos mais críticos do trecho em estudo;
- Verificar a estrutura da rodovia e caracterizar o material da camada de base do pavimento.
- Identificar as patologias presentes no pavimento flexível;
- Investigar as possíveis causas das patologias identificadas *in loco*.

1.2. Justificativa e Importância do Trabalho

Devido ao alto custo na reparação/reconstrução das rodovias pavimentadas, e aos inúmeros transtornos causados por patologias, faz-se necessário diagnosticar tais patologias e buscar a melhor alternativa de reparo, de modo que a solução adotada garanta maior durabilidade ao pavimento e melhor relação custo-benefício.

A rodovia TO-070 é de grande importância para a economia do estado, pois tornou-se um via de acesso para circulação de mercadorias que abastecem os municípios circunvizinhos. É também a via de acesso mais utilizada pelos motoristas para o percurso Palmas-Gurupi e uma alternativa para acesso a BR-153/TO, sentido Goiânia-GO. Com o aumento do tráfego de veículos de carga e outras causas que estudaremos neste trabalho, a rodovia está em situação precária, o pavimento deteriorado apresenta inúmeras patologias que além de causar desconforto aos condutores, aumentam o risco da ocorrência de acidentes de trânsito. Daí a

importância de diagnosticar e buscar as possíveis soluções de reparo do pavimento da rodovia do trecho em estudo.

1.3. Problema

O trecho da rodovia TO-070 que liga o município Porto Nacional a Brejinho de Nazaré no estado do Tocantins, está em situação precária e apresenta um pavimento muito desgastado, com inúmeras patologias que precisam ser reparadas. Nesse contexto, quais são essas patologias, principais causas e quais as possíveis soluções para reparar o pavimento?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Histórico do Pavimentação

A história da pavimentação rodoviária remete à própria história da humanidade. Todos os grandes fatos e acontecimentos mundiais, como conquistas territoriais, intercâmbios comerciais, culturais e religiosos, de certa forma, estão ligados às estradas e, essas, aos pavimentos (BERNUCCI et al., 2008, p.11)

HAGEN (1955 apud BERNUCCI et al., 2008, p. 12) descreve que muitas das estradas da antiguidade foram asfaltadas e são usadas até hoje. Aos romanos, foi atribuída a arte maior do planejamento e construção viária da época, destacando o elevado nível técnico. A construção de vias que interligassem pontos tinha, principalmente, objetivos militares de manutenção da ordem em seu vasto território, possibilitando o deslocamento das tropas de guarda dos centros militares até as regiões mais longínquas.

Com a queda do Império Romano, apenas no século XVIII a construção de estradas ganhou força novamente em locais como Inglaterra, França e Estados Unidos, sendo que na Europa ocorreu o primeiro deslocamento de veículo equipado com roda da história, em meados do século XVI (PREGO, 2001, p. 22-23).

PREGO (2001, p. 23) destaca que com o ressurgimento das estradas de rodagem, Tresaguet, em 1764 na França, desenvolveu inovadores métodos de construção e concepção de rodovias, sendo um dos precursores da modernização dos métodos usados até então. Na Inglaterra, Teoford (1805) e Mac Adam (1815) foram os pioneiros na utilização de pedra marroada e pedra britada para a construção de estradas.

Bernucci *et al.* (2008, p. 16) descrevem que, no Brasil, uma das primeiras estradas reporta ao ano de 1560. Essa estrada era basicamente um caminho que ligava São Vicente ao Planalto Piratininga, mais tarde denominada de Estrada do Mar e recuperada, permitindo, assim, em 1661, o tráfego de veículos. Segundo Prego (2001, p. 32) o Brasil dispunha, no início do século XX, de 500 km de estradas com revestimento de macadame hidráulico ou variantes dessa técnica, com tráfego muito reduzido de viaturas de tração animal.

Em 1937 surge o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), sendo que na década de 40 observou-se um avanço no que se refere a projetos de pavimentação, fato que se deu pela grande tecnologia instituída na II Guerra Mundial. Em 1942 foi desenvolvido

nos Estados Unidos o ensaio chamado California Bearing Ratio (CBR). Neste ano, o Brasil possuía 1.300 km de rodovias pavimentadas (BERNUCCI et al., 2008, p. 18-19).

BALBO (2007, p. 25) destaca que, em 1958, iniciou-se a construção e monitoramento da pista experimental da AASHO (American Association of State Highway Officials) nos Estados Unidos. A construção desta pista influenciou inúmeros estudos e ideias para o desenvolvimento de novos sistemas de pavimento, em especial criando o conceito de serventia, desempenho e equivalência entre cargas. Nessa mesma época também floresceram os conceitos empíricos do desenvolvimento de pavimentos, que até hoje servem como parâmetro nos projetos desenvolvidos.

Em 1985, o Brasil contava com aproximadamente 110.000 km de rodovias pavimentadas e, em 1993, possuía 133.000 km, conforme indicam os dados de evolução da rede rodoviária apresentada no quadro 1. Um estudo realizado no ano de 2005 indicou que existiam 196.000 km de rodovias pavimentadas contra 1.400.000 km de rodovias não-pavimentadas no País. Esse percentual, cerca de 12%, é muito contrastante em relação aos índices nos Estados Unidos e na Europa, que possuem mais de 50% de suas vias pavimentadas e, até mesmo, com países da América do Sul que, em média, possuem mais de 20% desse índice (BERNUCCI et al., 2008, p. 19).

Quadro 1: Evolução da rede rodoviária brasileira (em km)

Ano	FEDERAL			ESTADUAL		
	Pavimentada	Não-pavimentada	Total	Pavimentada	Não-pavimentada	Total
1970	24.146	27.394	51.540	24.431	105.040	129.471
1975	40.190	28.774	68.964	20.641	86.320	106.961
1980	39.685	19.480	59.165	41.612	105.756	147.368
1985	46.455	14.410	60.865	63.084	100.903	163.987
1990	50.310	13.417	63.727	78.284	110.769	189.053
1993	51.612	13.783	65.395	81.765	110.773	192.538
2003	57.143	14.049	71.192	84.352	111.410	195.762
2005	58.149	14.651	72.800	98.377	109.963	208.340
2007	61.304	13.636	74.940	106.548	113.451	219.999

Fonte: BERNUCCI et al., 2008, p. 20

O transporte rodoviário está cada vez mais dinâmico e competitivo. Na figura 1, nota-se a diferença e a evolução entre os veículos usados nas pistas de testes de pavimento da AASHO, na década de 50 nos Estados Unidos, e os veículos de carga que circulam nas vias

atualmente. Fica claro, portanto, que novos métodos de dimensionamento de pavimentos e de materiais devem ser estudados e aplicados, a fim de garantir a utilização da via com alto desempenho e segurança por veículos cada vez mais pesados.



Figura 1: Veículos utilizados pela AASHO em pistas experimentais e veículo de carga usado atualmente
Fonte: FRANCO, 2007, p. 153

2.2. Situação Atual da Pavimentação no Brasil

Levantamentos recorrentes da Confederação Nacional do Transporte – CNT têm considerado a grande maioria dos pavimentos do Brasil de baixo conforto ao rolamento, incluindo muitos trechos concessionados da malha federal. Estima-se de 1 a 2 bilhões de reais, por ano, para manutenção das rodovias federais. Acredita-se que seriam necessários R\$ 10 bilhões para recuperação de toda a malha viária federal. Nas últimas décadas, o investimento em infra-estrutura rodoviária se encontra bem aquém das necessidades do país, havendo uma crescente insatisfação do setor produtivo com esse nível de investimento.

Observa-se que os bens produzidos no país podem ser mais competitivos na fase de produção, mas perdem competitividade, notadamente, no quesito infraestrutura de transportes, devido a uma matriz modal deficiente, onde as estradas (principal meio de escoamento da produção nacional) encontram-se em estado tal que não são capazes de atender as necessidades de transporte de carga nacionais. Essa realidade nos torna pouco competitivos no mercado exterior e cria uma situação econômica nacional insustentável.

Segundo dados da Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes (GEIPOT 2001), aproximadamente 60% do transporte de cargas realizado no Brasil é rodoviário. O modal ferroviário responde por 21%, o aquaviário por 14%, o dutoviário por 5% e o aéreo por

menos de 1%. O modal de transporte rodoviário encontra-se em parte em estado deficiente, sendo os investimentos nas rodovias prioritários neste momento, não apenas por ser o modal mais utilizado, mas por exigir menor investimento quando comparado aos demais modais. Destaque-se ainda que pelo modal rodoviário circulam 96% dos passageiros.

De acordo com a pesquisa da CNT publicada em 2004, a malha rodoviária brasileira encontra-se em condições insatisfatórias aos usuários tanto quanto ao desempenho, quanto à segurança e à economia. Já em 1997, a pesquisa CNT apontava que 92,3% das estradas brasileiras avaliadas na pesquisa eram classificadas como deficientes/ruins/péssimas em seu estado geral. Em 2004, esse índice ficou em 74,7%, e em 2009, 69,0% de regular/ruim/péssimo. Observa-se uma leve melhoria, mas de forma muito lenta. Ressalta-se que, nos três quesitos avaliados na pesquisa, ou seja, pavimento, sinalização e geometria da via, a qualidade do pavimento está estabilizada com aproximadamente 55% de regular/ruim/péssimo desde 2004.

A competitividade da economia brasileira é prejudicada pela falta de investimento em infra-estrutura, uma vez que isso acarreta um número crescente de acidentes, desperdício de carga e gasto elevado com manutenção e combustíveis. Pelas estimativas da Associação Nacional dos Usuários de Transporte (ANUT), o país perde US\$ 5 bilhões por ano com a precariedade, principalmente das estradas e dos outros segmentos do transporte. Enquanto a ANUT calcula em R\$ 24 bilhões anuais os investimentos necessários para ampliar a capacidade do sistema de transportes como um todo para trazer equilíbrio à matriz, o Sindicato Nacional da Indústria da Construção Pesada (Sinicon) estima em R\$ 5 bilhões anuais para o país recuperar e pavimentar as principais estradas do país.

O quadro de precária infraestrutura rodoviária, bem como dos demais modais de transportes, repercute na capacidade produtiva do país contribuindo para o chamado “Custo Brasil”. Melhorias na infra-estrutura são viabilizadas por meio de fontes específicas de financiamento. No Brasil, tradicionalmente, o financiamento da infra-estrutura rodoviária se deu por meio dos recursos públicos, principalmente originários de impostos vinculados ou de repasses do Tesouro, previstos nos orçamentos anuais dos estados e da União. De 1948 a 1988 os recursos do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) oriundos do imposto sobre combustíveis e lubrificantes, permitiram ao governo federal financiar a construção de rodovias pelos estados, provocando uma expansão da malha pavimentada da ordem de 12% anuais no período de 1956-1980. Em 1975 o panorama começou a ser alterado, com transferência gradativa de parcelas para o Fundo Nacional do Desenvolvimento (FND),

chegando a 50% em 1979. Em 1982 esse processo foi ampliado, com a transferência de 100% do FRN para o FND. A partir desse ano a administração do setor rodoviário passou a contar apenas com recursos dos orçamentos anuais, insuficientes para atender a infra-estrutura, e com financiamentos de bancos de desenvolvimento nacionais e internacionais.

Mais recentemente foi criada a CIDE (Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico, Lei nº 10.336, de 19 de dezembro de 2001) como o principal mecanismo para recuperar e ampliar a malha rodoviária. Essa contribuição foi criada com o propósito de financiar o setor de infraestrutura de transportes, o subsídio ao álcool e ao gás, programas de proteção ao meio ambiente e ao transporte urbano. Incidem sobre a importação e a comercialização de gasolina, diesel, querosene de aviação e outros querosenes, óleos combustíveis, gás liquefeito de petróleo (GLP), inclusive o derivado de gás natural e de nafta, e álcool etílico combustível. De acordo com dados de 2007, a arrecadação total desde 2001 já ultrapassava R\$ 43,3 bilhões. Esses números seriam suficientes para recuperação e ampliação das rodovias. Contudo, os recursos da CIDE têm tido outras destinações, além da infraestrutura viária.

Outras fontes de financiamento potenciais incluem mecanismos tradicionais de médio e longo prazos dos bancos de desenvolvimento, até as sofisticadas opções de investimentos através das Parcerias Público-Privadas ou dos chamados Fundos de Investimentos em Direitos Creditórios – FIDCs, conhecidos também no mercado financeiro como fundos de recebíveis. Atualmente, o Projeto de Lei nº 2.546, de 2003, que trata sobre as Parcerias Público-Privadas (PPP) está tramitando no Congresso Nacional. Não obstante a este fato, alguns estados da Federação já regulamentaram essa modalidade de parceria. Há ainda o caso de Mato Grosso, onde uma iniciativa denominada Consórcios Rodoviários e Agroestradas já possibilitou de 2003 até 2005 a recuperação de 96km da rodovia MT-449 no norte do estado. Iniciativas semelhantes vêm sendo desenvolvidas em outras rodovias no mesmo estado, como é o caso da BR-163. No que diz respeito aos Fundos de Investimentos em Direitos Creditórios (FIDCs), estima-se hoje no Brasil a existência de 19 desses fundos. De acordo com informações do mercado financeiro, esses fundos de recebíveis são administrados por bancos conceituados, instalados no Brasil, que garantem operações com grandes empresas. A criação e a regulamentação dos fundos de recebíveis estão consubstanciadas, respectivamente, na Resolução nº 2.907/01 do Conselho Monetário Nacional e na Instrução nº 356/01, da Comissão de Valores Mobiliários.

2.3. Tipos de Pavimentos

Um pavimento é constituído por várias camadas, onde cada uma delas tem uma função estrutural com o objetivo de absorver os impactos causados pelo tráfego. Essa estrutura do pavimento, objetiva proporcionar um conforto e segurança ao trafegá-lo.

Pavimento conforme definição do DNIT (2006) é: “Estrutura construída após a terraplenagem, destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos veículos, a melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços horizontais tornando mais durável a superfície e rolamento”

O termo pavimento segundo Bernucci et al. (2008, p. 9) é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinado tecnicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos, às condições do clima e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

De uma forma geral, os pavimentos rodoviários são classificados em três tipos como rígidos, semirígidos e flexíveis. (BRASIL, 2006, p. 95):

- a) rígidos são constituídos tipicamente com camada de revestimento à base de lajes de concreto de cimento Portland. As tensões provenientes do carregamento são praticamente absorvidas por esta camada.
- b) semi-rígidos são caracterizados pela camada de base ser com algum tipo de aglutinante com propriedades cimentícias, como camada de solo-cimento revestida por uma camada de asfalto;
- c) flexíveis são caracterizados pelo fato de que todas as camadas sofrem deformações elásticas significativas com a aplicação de carga. São executados tipicamente com base de brita revestida com camada asfáltica;

2.4. Pavimentos Rígidos

Segundo o manual de pavimentação do DNIT (2006, p. 95) os pavimentos rígidos são aqueles que o revestimento é muito mais rígido comparando às camadas inferiores, tendo a

quase total absorção de todas as tensões causadas pelo carregamento aplicado. Usualmente é construído em lajes de concreto de cimento Portland.

Para Balbo (1997) considera-se um pavimento rígido aquele que constitui-se com uma camada superficial em concreto de cimento Portland.

2.5. Pavimentos Semi-Rígidos

Os pavimentos semi-rígidos conforme norma do DNIT (2006, p. 95) são caracterizados por uma base constituída por algum aglutinante com propriedades cimentícias e uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica. Segundo o DER/SP os pavimentos semi-rígidos conceituam-se por constituir uma camada de revestimento asfáltico e de base ou sub-base em material estabilizado com adição de cimento Portland. Conhecem-se esses pavimentos como sendo do tipo direto quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre uma camada de base cimentada e do tipo indireto ou invertido quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada.

2.6. Pavimentos Flexíveis

Os pavimentos flexíveis segundo a especificação de serviço do DNIT 031/2006 ES, são aqueles na qual todas as suas camadas sofrem algum tipo de deformação elástica sob o carregamento exercido, porém, esse carregamento é distribuído em partes aproximadamente equivalentes entre as camadas. Como por exemplo, um pavimento constituído por uma base de brita graduada ou macadame revestido por uma camada betuminosa.

Conforme DER/SP (2006) os pavimentos flexíveis são constituídos por algum revestimento asfáltico sobre camadas com base granular ou sobre camada de base com solo materializado granulometricamente. Os esforços oriundos do tráfego são absorvidos pelas diversas camadas constituintes das estruturas do pavimento flexível.

De acordo com o DNIT (2009) pavimento flexível é um elemento constituído por revestimento asfáltico sobre camada de base granular ou sobre camada de base de solo estabilizado granulometricamente. Os esforços provenientes do tráfego são absorvidos pelas diversas camadas constituintes da estrutura do pavimento flexível. A escolha do tipo de pavimento e dos materiais a serem utilizados em determinada obra, está relacionada à minimização dos custos, já que este fator é um dos maiores limitantes na concepção de um

projeto rodoviário para as agências e operadores viários. Em uma obra de pavimentação é de fundamental importância a pesquisa de materiais disponíveis nas proximidades, bem como de considerar a dificuldade de sua extração e transporte (BALBO, 2007, p. 16).

Balbo (1993, p. 3) apresenta as diferenças de aplicação de carga em pavimentos rígidos e flexíveis. A aplicação de cargas em pavimentos flexíveis gera um campo de tensões muito concentrado nas proximidades da aplicação da carga. Já em pavimentos rígidos, o campo de tensões é bem mais disperso e a distribuição das cargas é semelhante em toda a dimensão da placa, gerando menores esforços verticais sobre o subleito. Já o pavimento semi-rígido, pode, intuitivamente, apresentar um comportamento equivalente a um meio termo entre o pavimento flexível e rígido, conforme figura abaixo.

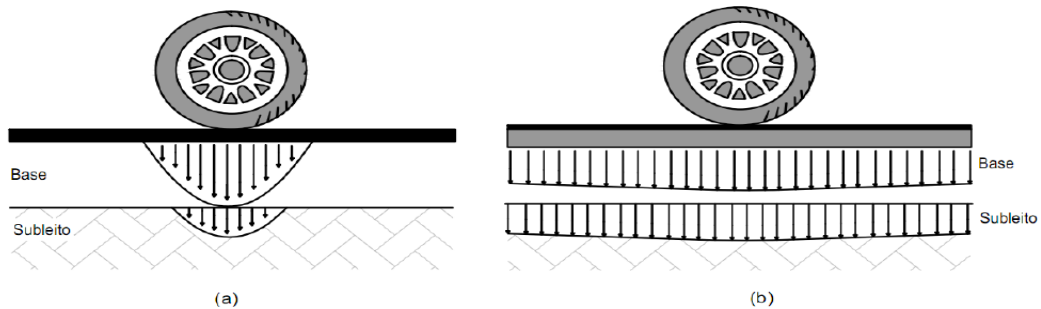


Figura 2: (a) campo de tensões de pavimento flexível ; (b) campo de tensões de pavimento rígido

Fonte: BALBO, 2007, p. 47

2.6.1. Tipos de camadas do pavimento flexível

As camadas típicas de um pavimento flexível são: subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, representadas na figura 03.

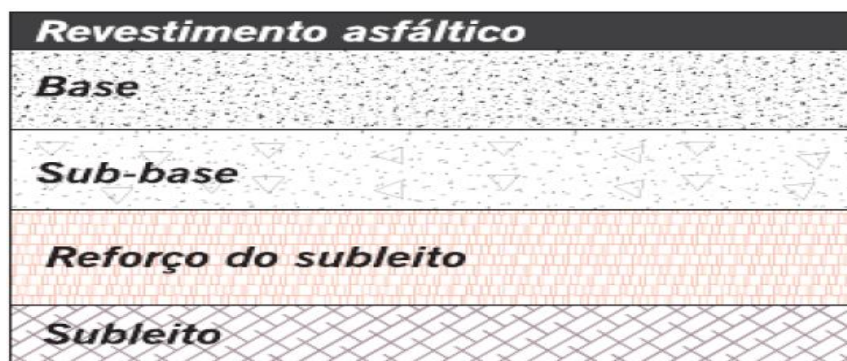


Figura 3: Estrutura de pavimento-tipo

Fonte: Bernucci et al. (2006).

Revestimento

A camada superficial executada no pavimento é o revestimento, onde serão aplicadas todas as tensões derivadas do tráfego. O revestimento pode ser executado com concreto asfáltico, constituído de ligante betuminoso e agregados.

A camada de revestimento do pavimento conforme SENÇO (2001) pode ser definida como sendo a camada designada a resistir ao desgaste imposto pela ação do tráfego. Ainda o autor cita que revestimento “é a camada mais nobre do pavimento, devendo a sua execução ser procedida de detalhados ensaios de dosagem e acompanhada por rigorosos ensaios de controle”.

Ainda, PINTO e PREUSSLER (2002) descrevem que a camada de revestimento deve ser projetada para suportar as forças abrasivas do tráfego; reduzir a penetração de água superficial no pavimento; promover resistência superficial ao deslizamento dos veículos e fornecer um rolamento suave e uniforme ao tráfego.

No Brasil são utilizados vários tipos de revestimentos, sendo que o mais executado é o CAUQ no qual é constituído por agregados de vários tamanhos e misturado com um ligante betuminoso. Esse concreto pode ser fabricado em usinas fixas ou móveis onde todos os elementos são aquecidos em temperaturas controladas em função da característica visco-plástica do cimento asfáltico de petróleo.

Base

A base é uma camada com função de aliviar os esforços e distribuí-los às demais camadas inferiores. Existem vários tipos de materiais utilizados na camada de base e sua escolha depende principalmente dos tipos existentes na região onde ela será executada. Senço (2001) cita os materiais mais utilizados:

- Brita Graduada Simples (BGS) – ela pode ser definida como uma base originada da combinação entre agregados antecipadamente dosados, contendo finos para enchimento e água, onde se resulta em uma excelente resistência e distribuição das cargas após sua devida compactação;

- Solo estabilizado granulometricamente – essa base consiste na mistura de solos naturais ou artificiais com rocha alterada, que após adicionado água e compactado oferece boa condição de estabilidade;
- Solo-cal – o uso da cal na estabilização dos solos tende consentir uma melhoria da qualidade do solo e a estabilidade aumentando a capacidade de suporte. Esse tipo de base atualmente é pouco utilizado;
- Base de solo-asfalto – é uma mistura de solo com asfaltos diluídos a uma devida temperatura de aplicação e em dosagens adequadas. Essa camada sendo bem compactada e protegida pela camada de revestimento gera boa estabilidade e durabilidade ao pavimento;
- Macadame hidráulico ou seco – é definido pela compressão do agregado graúdo e o enchimento de seus vazios com materiais finos uniformemente distribuídos com o auxílio da água (no caso do hidráulico) ou não. Esse método como base ou sub-base gera boa estabilidade ao pavimento.

Sub-base

Uma definição para sub-base conforme o DNER (1997) “camada granular de pavimentação executada sobre o subleito ou reforço do subleito, devidamente compactada e regularizada”.

A sub-base é executada abaixo da base tendo suas mesmas funções, porém é construída com características de suporte inferiores, pois recebe menor tensão. Ela deve ser estabilizada para ter capacidade de suporte. Os materiais utilizados nesta camada podem ser os mesmos utilizados na camada de base.

Reforço do Subleito

A norma DNIT ES 138/2010 define reforço do subleito como a “camada estabilizada granulometricamente, executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado, utilizada quando se torna necessário reduzir espessuras elevadas da sub-base, originadas pela baixa capacidade de suporte do subleito”.

Os materiais empregados nesta camada podem ser solos, misturas de solos ou materiais rochosos com características físicas melhores que os materiais empregados do subleito.

Regularização do Subleito

Segundo DNER ES 299/97 regularização do subleito é a “Operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas constantes das notas de serviço de terraplenagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros até 20 cm de espessura”.

O material empregado nessa camada é preferencialmente o próprio material do leito do terreno onde será aplicada a rodovia.

2.7. Levantamento visual contínuo – LVC

O levantamento visual contínuo é um método utilizado para avaliação de superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, cujo procedimento é normatizado pelo DNIT 008/2003-PRO. Segundo a norma, é preferível que a equipe que realizará o levantamento seja composta por, no mínimo, dois técnicos além do motorista do veículo. A equipe percorre trechos com 1 km de extensão, escolhidos pelo avaliador, com um veículo a uma velocidade média de 30 a 40 km/h. Ao percorrer o trecho o avaliador registra as ocorrências de defeitos na superfície do terreno. Através da frequência dos defeitos e de seus pesos pode-se calcular o Índice de Gravidade Global Expedido (IGGE) dado pela equação (I).

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr) \quad [I]$$

Onde:

- Ft, Pt = Frequência e Peso do conjunto de trincas t;
- Foap, Poap = Frequência e peso do conjunto de deformações;
- Fpr, Ppr = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de panelas e remendos.

Para cada defeito encontrado no trecho avaliado, devem ser registradas as frequências – neste caso classificadas como alta (A), média (M) ou baixa (B), e gravidade (ou severidade) que varia em ordem crescente de graduação – (1), (2) e (3). A tabela 01 e a tabela 02 nos mostra, respectivamente, os critérios para determinação das frequências e gravidades dos defeitos.

Tabela 01 – Frequência dos defeitos (DNIT 008/2003-PRO)

Panelas (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 - 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 - 10
B	Baixa	≤ 10

Tabela 02 – Determinação do Índice de Gravidade (DNIT 008/2003-PRO)

Panelas (P) e Remendos (R)		
Frequência	Fator Fpr Quantidade/km	Gravidade
A - ALTA	≥ 5	3
M - MÉDIA	2 - 5	2
B - BAIXA	≤ 2	1
Demais defeitos (trincas, deformações)		
Frequência	Fatores Ft e Foap (%)	Gravidade
A - ALTA	≥ 50	3
M - MÉDIA	50 - 10	2
B - BAIXA	≤ 10	1

Tabela 03 – Pesos para cálculo (DNIT 008/2003-PRO)

GRAVIDADE	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,30	0,60	0,70

A tabela 03 determina o valor dos pesos a serem adotados para o cálculo do IGGE. Os técnicos avaliam também a segurança e o conforto do usuário no determinado trecho. De acordo com essa avaliação o trecho recebe uma nota que varia de 0 a 5, denominado Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF), semelhante ao PSI adotado pela AASHTO ou ao VSA (Valor de Serventia Atual). Segundo Pinto e Preussler (2002), o ICPF é estimado com base na avaliação visual do pavimento, e sua classificação é dada segundo conceitos que vão de excelente a péssimo, tendo em vista a aplicabilidade das medidas de manutenção estabelecidas pelo avaliador. A tabela 04 relaciona conceito do pavimento com valores do ICPF e sugere intervenções para manutenção do pavimento para cada faixa do índice.

Tabela 04 – Conceito e intervenções segundo o ICPF (DNIT 008/2003-PRO)

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA – Desgaste Superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	4 - 3
Regular	CORREÇÕES DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO – pavimento Trincado, com "panelas" e Remendos poucos frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - Defeitos generalizados com Correções prévias em áreas Localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO – defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

A partir desses levantamentos, se estabelece o Índice do Estado de Superfície (IES), cujos valores variam de 0 a 10 e são determinados em função do ICPF e do IGGE, constituindo assim, uma síntese destes dois índices. A tabela 4.6 determina os valores do IES,

bem como, o código e o conceito, atribuídos ao estado da superfície do pavimento segundo seus valores de IGGE e ICPF.

Tabela 05 – Índice do Estado da Superfície do Pavimento – IES (DNIT 008/2003-PRO)

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

2.8. Classificação dos solos para fins de pavimentação

Sabe-se que toda obra de engenharia está assente sobre um terreno, e requer do mesmo, capacidade de suporte, para impor sua estabilidade frente às solicitações de carga imposta a estrutura desta obra.

Senço (2007) relata que a maneira mais simples de classificação dos solos objetivando sua aplicação na técnica da pavimentação, e através da caracterização granulométrica do mesmo. Porém, por ser um parâmetro que por si só não é capaz de atender aos requisitos de uma leitura geotécnica para um projeto de pavimentação, fica através das classificações uma primeira perspectiva da matéria prima a ser utilizada nas camadas do corpo estradal, na estabilização de taludes de corte, na construção de uma barragem entre outras obras de engenharia.

Devido à diversidade no comportamento dos solos, além do fato das estradas se assentarem ao longo da crosta terrestre, podendo passar por áreas com incidência de diferentes solos, fica a necessidade de conhecer-se o solo de fundação da via em questão. De acordo com Pinto (2000), é a partir dessa tendência racional e da experiência acumulada que surgiram os sistemas de classificação.

Sobre os sistemas de classificação, Balbo (2007), defende que o sistema ideal seria aquele que busque relacionar o potencial deste quanto a uma dada aplicação em cada camada

do pavimento, o que depende não somente das análises de propriedades físicas, mas também de suas correlações com o comportamento observado em obras quando empregado.

2.8.1. Classificação TRB – Transportation Research Board (Antigo HRB)

A classificação TRB tem origem na classificação do Public Roads Administration. Tem como principais parâmetros a granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade e foi proposta para analisar materiais para base e sub-base de pavimentos e trata-se de uma evolução do antigo sistema *Highway Research Board - HRB – AASHTO*.

Segundo BALBO (2007), tanto as classificações TRB – AASHTO e a Unificada apóiam-se nos índices de consistência dos solos ou limites de Atterberg. Sendo a TRB uma das mais empregadas no Brasil. Nesta classificação tem-se definição do grupo de solo baseadas no Limite de Liquidez – LL, no Índice de Plasticidade - IP e no ensaio de granulométrica, para o qual SENÇO (2007) define como de maior interesse na caracterização granulométrica as porcentagens que passam nas peneiras N°s 10, 40 e 200.

Figura 04 – Classificação TRB - AASHTO, DNIT (2006)

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira N° 200							MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7 - 5 A - 7 - 6
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Granulometria - % passando na peneira											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	30 máx.	51 min.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características da fração passando na peneira N° 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia			Pedregulho ou areias siltsos ou argilosos				Solos siltsos		Solos argilosos	
Comportamento como subleito	Excelente a bom							Sofrível a mau			

* O IP do grupo A - 7 - 5 é igual ou menor do que o LL menos 30.

Segundo o DNIT (2006), a classificação dar-se-á através da eliminação da esquerda para a direita, definindo-se o grupo de solo a partir da figura 04. A classificação do solo dar-se-á, a partir do primeiro grupo da esquerda mediante os valores obtidos no ensaio de caracterização do material. As características são, conforme a tabela acima deferida para dois tipos granulometria, os materiais granulares e os matérias silto-argilosos, onde cada grupo e subgrupo correspondem a solos com características diferentes frente a sua utilização destes como matérias componentes das camadas dos pavimentos.

2.8.2. Sistema Unificado de Classificação dos Solos

Conforme as alíneas citadas no Manual de Pavimentação DNIT – (2006), este sistema de classificação, baseia-se na identificação dos solos através das qualidades de textura e plasticidade e agrupa-os de acordo com o seu comportamento quando usados em estradas, aeroportos, aterros e fundações. As características de classificação deste sistema baseiam-se nos seguintes parâmetros: Porcentagem de Pedregulhos, areias e finos (fração que passa na peneira de Nº 200), forma da curva granulométrica Plasticidade e compressibilidade

Quadro 02 – Classificação geral dos solos

CLASSIFICAÇÃO GERAL SUCS		
Classificação geral	Tipos principais	Símbolos
SOLOS GROSSOS (menos que 50% Passando na # 200)	Pedregulho ou solo Pedregulhoso (Gravel)	GW, GP, GC e GM
	Areia (Sand) ou solo Arenoso	SW, SP, SC e SM
SOLOS FINOS (mais que 50% passando Na # 200)	Silte (M) ou argila (C)	Baixa compressibilidade (LL < 50) ML, CL e OL
		Alta compressibilidade (LL > 50) MH, CH, OH
SOLOS ALTAMENTE ORGÂNICOS	Turfa (Peat)	Pt

2.9. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS PARA PAVIMENTAÇÃO

2.9.1. Granulometria dos solos

Sabe-se da pavimentação que as camadas constituintes do pavimento são construídas de forma que as camadas superiores possuam maior resistência aos esforços impostos pelo tráfego e vai dissipando esta carga as camadas subjacentes, ou seja, as bases e os revestimentos que são as camadas mais nobres do pavimento são responsáveis por emitir as solicitações à sub-base, que emite ao reforço de subleito e ao final ao subleito.

Daí a necessidade de se conhecer as características granulométricas dos solos a qual se apresenta como de fundamental importância na seleção dos solos para composição de cada uma das camadas devido à resposta mecânica da camada devido à solicitação imposta. Sabemos que em um grão de solo podemos encontrar diversas partículas de tamanhos variados envolvendo este. Através da análise granulométrica podemos separar estas partículas e determinar suas dimensões.

O ensaio de análise granulométrica de solos é formalizado pela NBR – 7181/84 e pela norma DNER – ME 051/94 estas idealizam uma análise constituída da combinação de dois ensaios: granulometria por peneiramento e por sedimentação. Esta análise consiste na determinação das porcentagens, em peso, das diferentes frações constituintes da fase sólida do solo, onde as partículas maiores que 0.075 mm (peneira nº 200 ASTM) deverão a partir de uma amostra de solo ser peneirada em uma série de peneiras padronizadas, seguindo da pesagem do material retido em cada peneira, calculando-se os percentuais passantes nesta DNIT (2006).

O produto final de todo o procedimento descrito na NBR – 7181/84 e na norma DNER 051/94 é uma curva granulométrica, onde podemos observar a predominância das dimensões dos grãos em uma amostra de solo, o que para uma análise específica para a utilização deste material em pavimentação dar-se-á através de uma faixa de especificação que irá ajudar a determinar a aplicação do solo em questão no tipo de camada do pavimento.

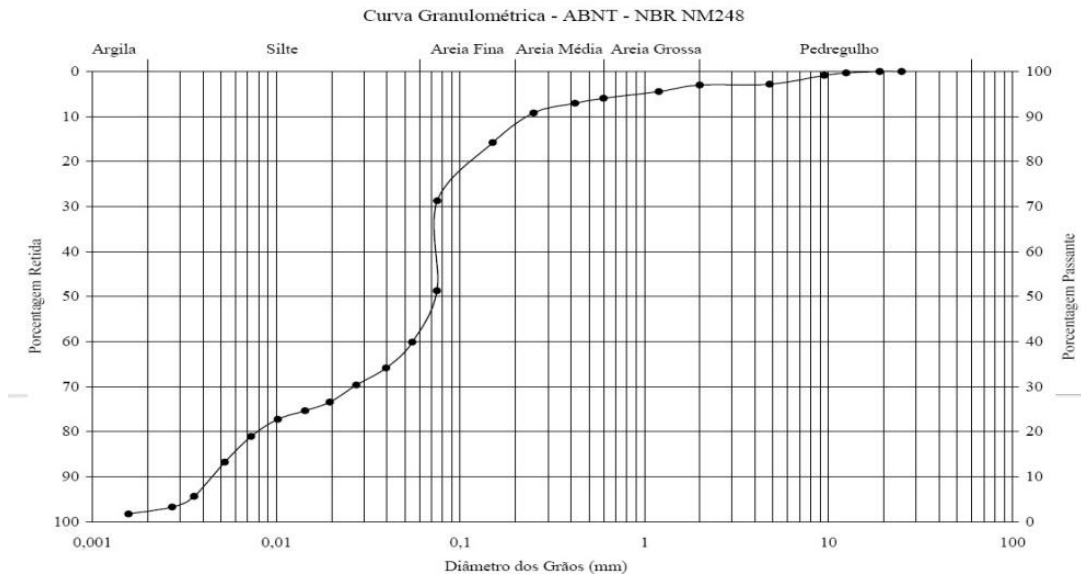


Figura 05 – Exemplo de Curva granulométrica de solos.

2.9.2. Limites de consistência

É através das condições de moldagem dos solos que podemos constituir as camadas de base, sub-base e reforço do subleito, pois no processo de moldagem destes mediante a umidade inserida no mesmo é que se consegue dar a estabilidade da camada, moldagem esta que será refletida ante a plasticidade do material. Os limites de consistência proporcionam uma avaliação da plasticidade dos solos argilosos, consistindo na capacidade de moldagem destes sob condições de umidade sem que sofram variação volumétrica.

No manual de pavimentação do DNIT (2006), tem-se que a caracterização de um solo segundo sua plasticidade dar-se-á através da determinação do limite de Liquidez – LL e do limite de plasticidade - LP.

Pinto (2000) diz que os limites estão fundamentados nas condições que o solo apresenta diante de diferentes teores de umidade, o qual quando em condições elevadas de umidade se apresentará como um fluido denso e se diz no estado líquido, ao perder parte da umidade através da evaporação da água ele muda de estado condizendo um comportamento plástico, após perder ainda mais a água que o envolve torna-se quebradiço passando para o estado semi-sólido.

Conforme o exposto na figura abaixo, temos: que o limite de liquidez – LL, dar-se-á dentre o limite da umidade correspondente entre os estados líquido e plástico, já na umidade correspondente entre os limites dos estados plástico e semi-sólido teremos o limite de

plasticidade – LP e prosseguindo –se com a secagem do material e chegando-se este ao estado sólido teremos o limite de contração – LC, DNIT (2006).

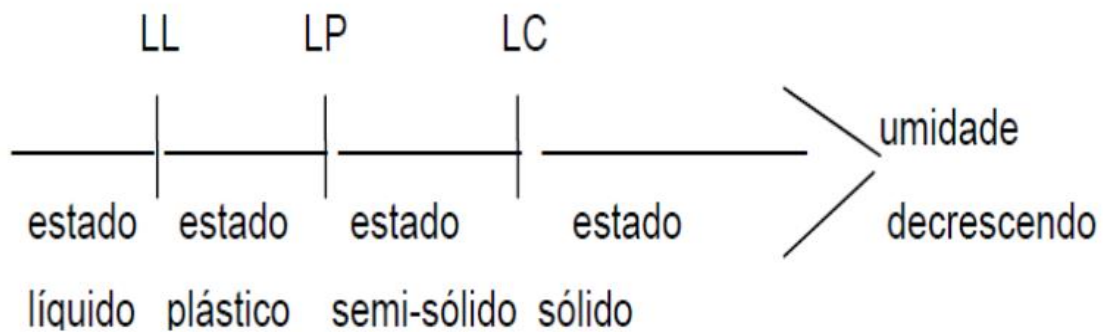


Figura 06 – Limites de consistência. DNIT (2006)

O referido ensaio é realizado segundo a norma DNER - ME 122/94 e pela ABNT através da norma NBR 6459/84, o qual se procede a partir de uma amostra de solos de aproximadamente 70 g de solos da qual irá se obter, através do método de ensaio cujo objetivo é identificar o teor de umidade para o qual ocorra a união de um centímetro de comprimento das bordas inferiores da amostra depositada no aparelho de Casagrande sob a ação de 25 golpes. Este limite irá marcar o ponto de transição do estado plástico para o líquido o qual será representado em uma escala gráfica que relaciona o teor de umidade com os golpes deferidos através do aparelho.

Já o limite de plasticidade é um ensaio normatizado pela NBR 7180/88 e pela norma DNER – ME 082 / 94, cuja especificação é definir um teor de umidade que condicione a moldagem de um cilindro com 3 mm de diâmetro e cerca de 10 cm de comprimento isto apenas com a rolagem do solo na palma da mão. Onde este solo é proveniente da fração passante na peneira de Nº 40 com uma malha de abertura de 0,42 mm, tem-se por sua a realização do ensaio a partir de uma amostra de solos de 50g.

Segundo Senço (2007) ocorre durante a realização deste ensaio o rompimento da película de umidade que envolve os grãos provocando o atrito direto grão a grão. A partir destes, obtém-se o índice de plasticidade - IP que vai determinar de forma diretamente proporcional a capacidade de absorção do solo, ou seja, solos com elevados índices de plasticidades resultam em materiais com grande capacidade de absorver umidade.

Equação para determinação do IP:

$$IP = LL - LP, \text{ em \%} \quad [II]$$

2.9.3. Compactação dos solos

A técnica de compactação dos solos é uma das, se não a mais importante nas obras rodoviárias, pois é através desta que se consegue atribuir aos solos capacidades necessárias de resistência para suportar as solicitações do tráfego.

Sabe-se que a compactação diferentemente do adensamento consiste na redução do índice de vazios, através da ação de uma força mecânica imposta a massa de solos.

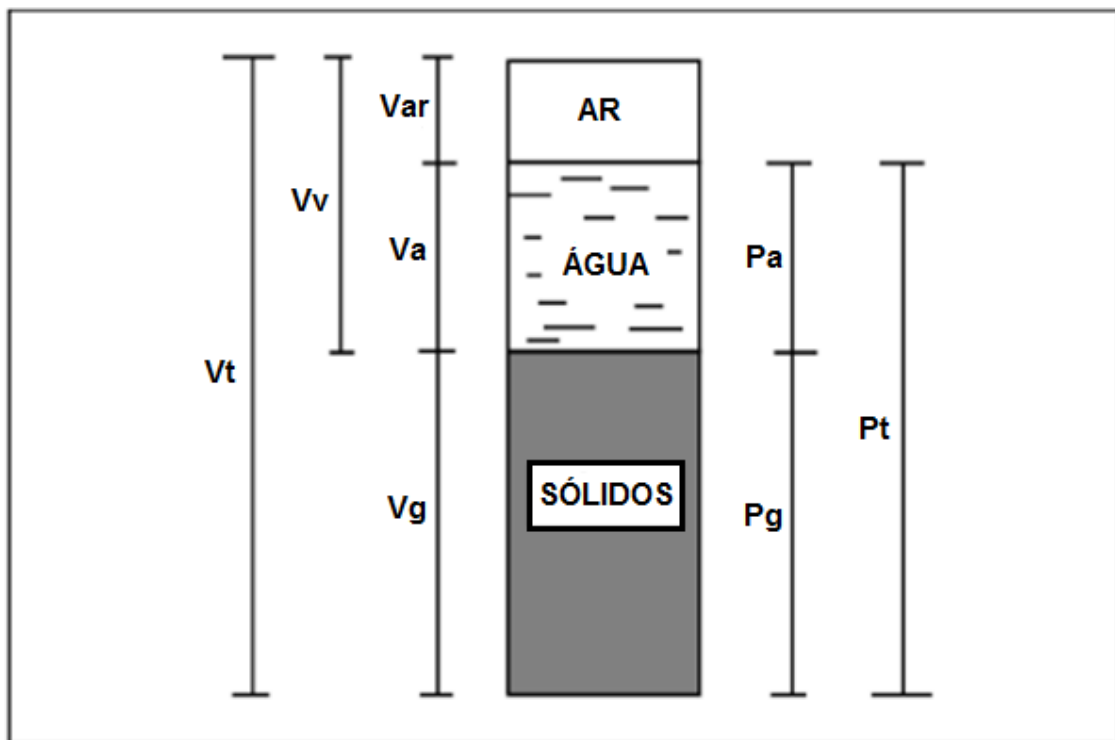


Figura 07 – Esquema da constituição ar, água e sólidos, dos solos

Balbo (2007) relata ser de extrema importância à determinação da umidade natural do solo, lembrando que há uma variação nesta ao longo do ano, é fundamental conhecer a esta, pois a umidade presente pode alterar expressivamente a massa específica desejável para o solo depois de compactado. Como o solo é uma das principais matérias primas na execução de pavimentos e o emprego da compactação é mais usual no ramo da pavimentação rodoviária faz-se necessário estabelecer as características de massa específica a serem atingidas, pois os diferentes estados de compactação dos solos afetam diretamente sua resistência e conseqüentemente o desempenho das camadas do pavimento.

Credita-se ao engenheiro norte-americano Raph Roscor Proctor a técnica de compactação dos solos em moldes, técnica esta que até os dias de hoje é utilizada nas obras de terra. Proctor (1933) cita em sua obra, a relação entre o peso específico seco e a umidade do solo, relação esta conseguida através da aplicação de uma energia de compactação (certo número de passadas de um determinado equipamento no campo ou certo número de golpes de um soquete sobre o solo contido num molde cilíndrico), obtendo-se como resposta final uma curva de compactação do solo, relacionando a umidade versus peso específico aparente seco.

As condições físicas obtidas através desta energia imposta na massa de solo são: aumento da resistência de ruptura dos solos mediante a ação de cargas externas, redução de possíveis variações volumétricas e impermeabilização da massa de solo devido à redução do índice de vazios. No ensaio normal de compactação normatizado através do método de ensaio do DNER – ME 129/94 e pela NBR 7182/86, método este que descreve a utilização de um molde cilíndrico com capacidade 1000 cm³, onde o solo é compactado em três camadas cada uma destas por meio de 26 golpes de um soquete de 2,5 Kg caindo de uma altura de 30,5 cm.

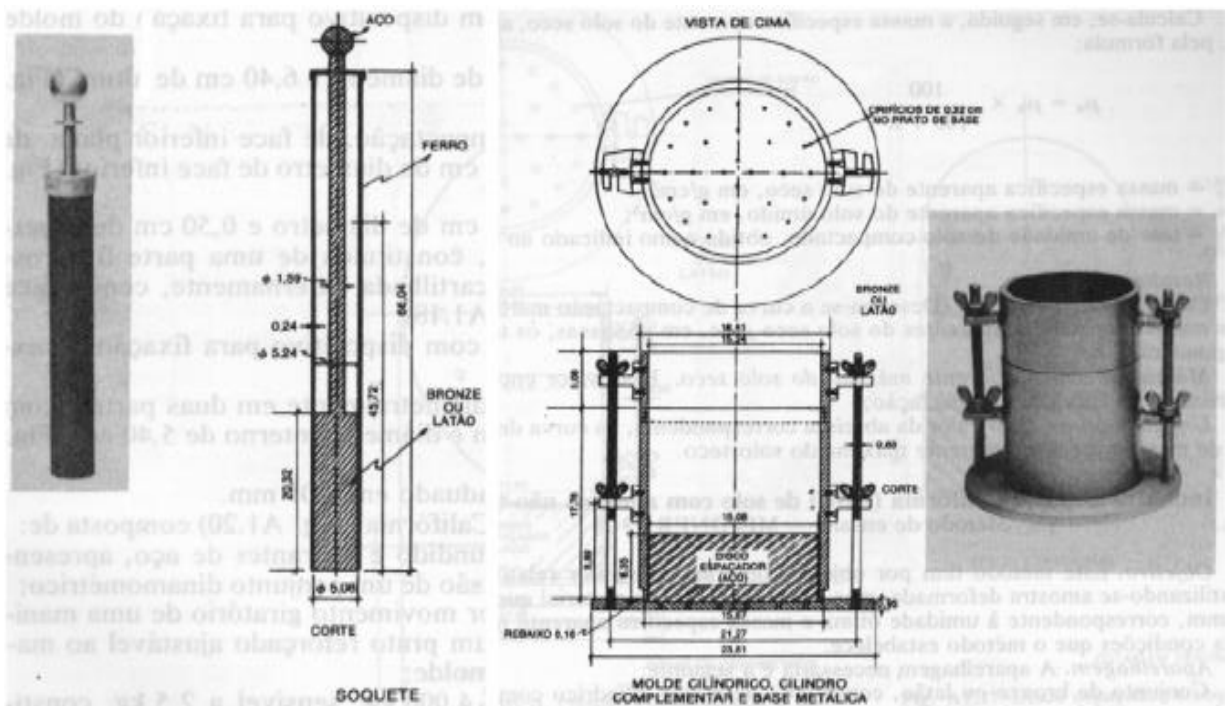


Figura 08 – Esquema da aparelhagem utilizada no ensaio de compactação de solos



Figura 09 – Aparelhagem utilizada no ensaio de compactação de solos, soquete proctor e molde cilíndrico respectivamente.

Mediante a realização do ensaio, a curva de compactação como mencionada anteriormente trás consigo características determinantes nas condições do solo, o que irá influenciar na determinação do ensaio do Índice de Suporte Califórnia – CBR, como é denominado no Brasil, estas características físicas que vale ressaltar são as seguintes:

- a) Umidade Ótima (h_o) – é obtida adicionando-se água e mantendo-se a energia de compactação que faz com que a massa específica aparente vá aumentando até que sejam preenchidos os possíveis vazios e conseqüentemente chega-se a umidade ótima.
P
- b) Massa específica aparente ($\gamma_s \text{ max}$) – obtida a medida que vai se adicionando água e imprimindo uma energia de compactação a amostra de solo confinada no molde, esta influenciada pela umidade segue em um ramo crescente até chegar a condição de máxima. Após adicionar mais água essa, segundo SENÇO (2007) não encontrará lugar nos vazios da amostra, e parte da energia e compactação será absorvida pelo excesso de água que desenvolverá pressões que tendem a separar as partículas de solo e reduzir a massa específica seca aparente (ramo descendente da curva de compactação).

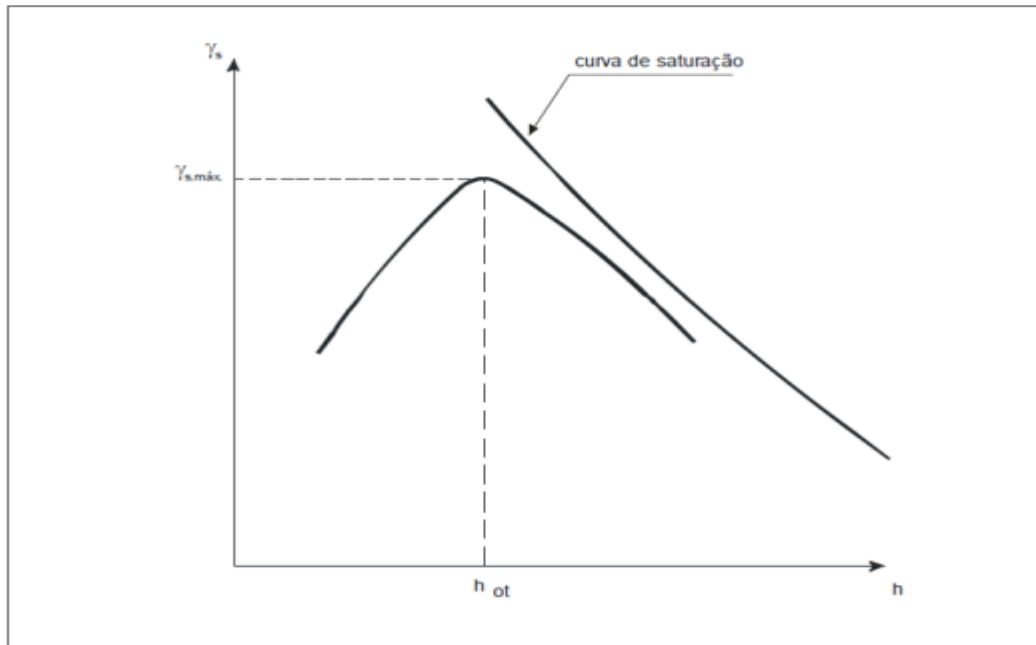


Figura 10 – Curva de compactação dos solos DNIT (2006)

No desenvolvimento de seus estudos Proctor avaliou as condições de energia que satisfaziam o esperado para a época. Já nos dias atuais, devido o elevado peso dos equipamentos e da energia que desprendem, tornou-se necessário a modificação do ensaio para manter uma correlação mais próxima com a realidade de compactação no campo, surgindo o ensaio modificado de proctor, que condiz os diferentes padrões de energia impostos na massa de solo.

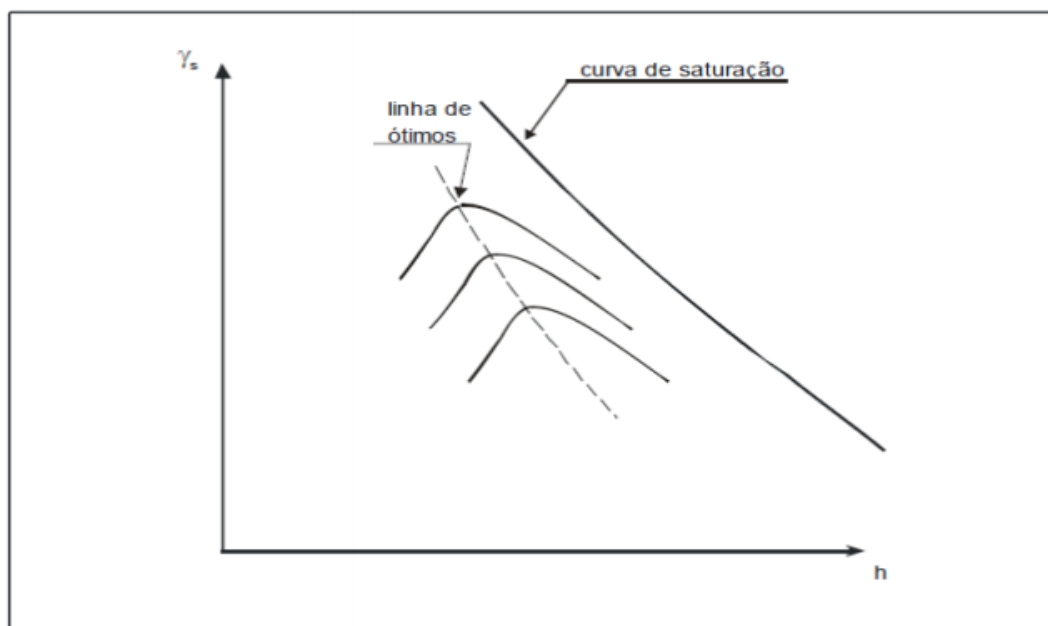


Figura 11 – Curva de compactação dos solos para diferentes energias DNIT (2006)

Atualmente se tem uma nova modalidade de ensaio, a qual compreende os mesmos equipamentos para o ensaio, sendo, portanto, modificado da seguinte forma, onde a compactação se dá em cinco camadas, sob a ação de 25 golpes de um peso de 4,5 Kg que cai de uma altura de 45 cm, protagonizando uma energia de compactação na ordem de 25 Kg x cm/cm³.

Contudo, tem-se que, nos dias atuais este ensaio para diferentes energias é de grande contribuição para a técnica de pavimentação, o qual segundo SENÇO (2007), diz que a variação de energia assume importância quando se pretende construir e pavimentar uma estrada. A pavimentação imediata de um trecho novo (sem contribuição da compactação adicional imposta pelo tráfego). A qual exige que os aterros compactados resistam aos recalques sem que prejudiquem o pavimento. Logo, a energia de compactação deve ser maior do que aquela aplicada nos serviços de simples abertura de estradas

2.9.4. Efeito do tráfego nos parâmetros de compactação de uma camada de solo.

Ao se compactar uma massa de solos e se obter o peso específico aparente seco, sabemos nós que há uma relação entre este e o Índice de Suporte Califórnia ou CBR já que os valores do CBR são obtidos a partir das umidades utilizadas na construção da curva de compactação.

Uma relação interessante foi proposta por Souza (1980), a qual encontramos no manual do DNIT (2006). É uma relação que sobrepõem os parâmetros peso específico aparente seco e CBR indicando conforme o descrito a baixo as condições diante da variação de umidade:

- ✓ A curva de compactação é representativa da energia de compactação do tráfego considerado.
- ✓ Se a umidade inicial de compactação for baixa e variar pouco durante a vida do pavimento, haverá pouca variação do CBR e no peso específico aparente seco;
- ✓ Não haverá recalques pronunciados e nem ruptura se o CBR inicial for satisfatório.
- ✓ Se a umidade inicial for baixa e aumentar rapidamente, o CBR cai bruscamente, podendo haver ruptura sem recalques apreciáveis;

- ✓ Se a umidade inicial for baixa e aumentar lentamente, o solo se densificará podendo haver uma ligeira queda ou aumento do CBR o que dependerá dos valores de umidade e peso específico aparente seco, porém, ocorrerá recalque pronunciados;
- ✓ Se a umidade inicial for alta e decrescer lentamente, a situação é semelhante a descrita no item anterior; e
- ✓ Se a umidade inicial for alta e variar pouco, o solo se densificará, ocorrerá pequenos recalques, contudo, o CBR poderá cair e haverá ruptura, ou seja, queda do CBR com aumento do peso específico aparente seco, para elevadas umidades (TRINDADE et al, 2008).

2.9.5. Índice de Suporte Califórnia – CBR

No campo da pavimentação o Califórnia Bearing Ratio – CBR é sem dúvida uma das características mais importantes e aceitas para avaliar o comportamento de solo, seja como fundação de um pavimento ou como componente das camadas deste.

Segundo o DNIT (2006), o CBR denota a relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada, e é regido pela norma DNERME049/94 e pela NBR 9895/87.

O ensaio do CBR foi idealizado pelo engenheiro O.J.Porter. Este ensaio, além de proporcionar a característica física de suporte do solo, também é utilizado como parâmetro de dimensionamento de pavimentos flexíveis constituindo o primeiro método no final da década de 30, o qual é utilizado até os dias atuais pelo DNIT, este proporciona a definição da resistência dos materiais granulares empregados nas técnicas de pavimentação.

É a partir do valor expresso em porcentagens obtidas através do ensaio do CBR, que se tem a possibilidade, mediante equações empíricas de se determinar a espessura de um pavimento.

O ensaio procede-se inicialmente com a preparação da amostra, a qual segundo a NBR 9895/87 dar-se-á conforme algumas características do solo de acordo com o quadro a seguir.

Quadro 03 – Procedimento após peneiramento NBR 9895/87

Peneira (mm)	% de material retido	Observação
4,8	menor que 7	Desprezar o material retido
19	menor que 10	Desprezar o material retido
19	maior que 10	Ver nota abaixo
19	maior que 30	não esaiar de acordo com a presente Norma

Nota Passar o material retido na peneira de 19 mm através da peneira de 76mm e desprezar o material retido nesta última Substituir o material retido na peneira de 19 mm e que passe na peneira de 76 mm, por igual quantidade de material retido na peneira 4.8 mm e que passe na peneira de 19 mm.

A execução do ensaio procede-se com a moldagem de corpos -de- prova compactados com teores de umidade indicados pelo ensaio de compactação, onde, devem também ser descrita a energia de compactação, após preparada a moldagem em um molde cilíndrico, é sobreposto sobre o corpo-de-prova um extensômetro e em seguida o corpo-de-prova deverá ficar submerso em água durante quatro dias, onde serão realizadas leituras a cada 24 horas. Logo após, a penetração dos corpos-de-prova serão realizadas por uma prensa conforme a figura a seguir, a uma velocidade constante de 0,05pol/min.

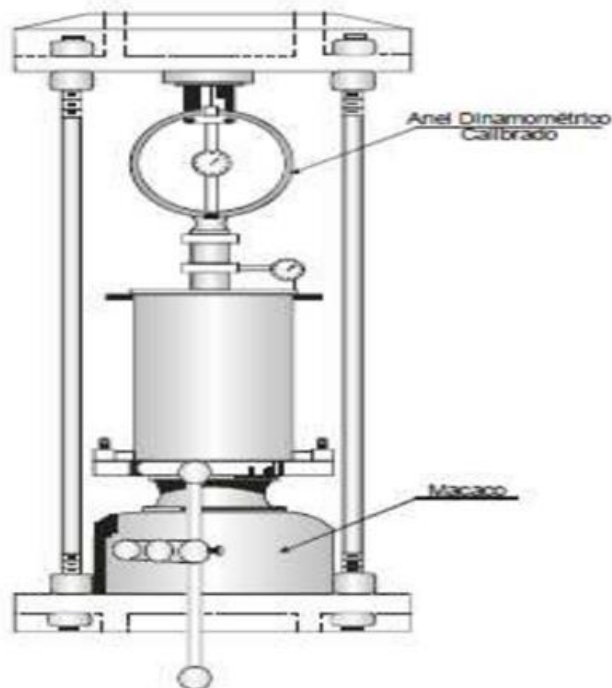


Figura 12 – Prensa para CBR, DNIT (2006)

O resultado obtido constará de uma curva pressão x penetração, e valor em porcentagem é obtido através da seguinte formulação, valendo salientar que adota-se para o CBR o maior valor obtido na penetração de 0,1 e 0,2 pol. Equação para determinação do Índice de Suporte Califórnia – CBR.

$$CBR = \frac{\textit{pressão calculada ou corrigida}}{\textit{pressão padrão}} \quad [III]$$

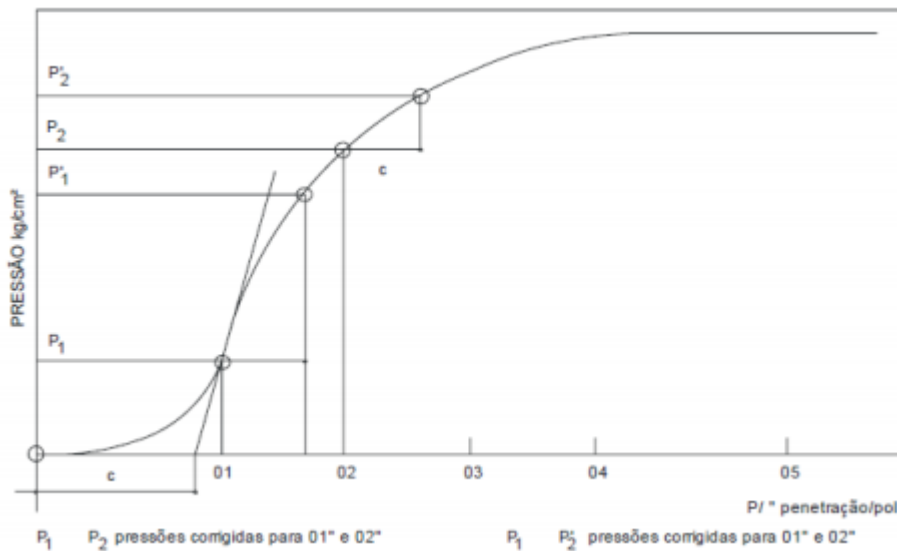


Figura 13 – Esquema da curva pressão versus penetração DNIT (2006)

2.10. Avaliação Funcional do Pavimento

Destina-se a avaliação funcional do pavimento de acordo com a visão do usuário, de modo a detectar as deficiências merecedoras de atenção. Compreende o levantamento dos aspectos que afetam mais diretamente ao usuário da rodovia, na forma de conforto ao rolamento (relacionado aos custos operacionais dos veículos), tempo de viagem (que também pode ter um custo associado) e segurança (custo de acidentes), mas especificamente:

- Conforto ao Rolamento: depende da irregularidade longitudinal da pista, o que é função primordial dos afundamentos plásticos gerados por acúmulo de deformações permanentes sob cargas repetidas em todas as camadas do pavimento;

- Segurança: tem como principal elemento o atrito em pista molhada (resistência à derrapagem), o qual é função da microtextura e da macrotextura superficiais, ambas afetadas pelo desgaste produzido pela passagem do tráfego. O potencial para hidroplanagem é incrementado pela irregularidade transversal (afundamentos em trilha de roda). A refletividade da superfície é outro item que pode adquirir importância quanto à segurança.

Um aspecto importante a ser considerado quando da avaliação funcional de um pavimento refere-se à variabilidade imposta na fase de sua construção, a qual pode ser representada pela irregularidade longitudinal oferecida quando da sua abertura ao tráfego.

Quanto maior for essa irregularidade, maiores serão as solicitações dinâmicas a que o pavimento estará sujeito. Além disso, a própria fórmula de dimensionamento da AASHTO mostra que, se o nível de serventia inicial for igual a $PSI_0 = 4.0$, por exemplo, a vida de serviço do pavimento será menor do que se um melhor padrão de construção for obtido, levando a $PSI_0 = 4.5$, por exemplo. Além desse aspecto, relacionado à geometria, quanto maior for a heterogeneidade longitudinal das propriedades dos materiais das camadas, maior será a irregularidade futura gerada pela repetição das cargas do tráfego.

A irregularidade longitudinal pode ser medida de duas formas: registrando-se o próprio perfil longitudinal da via por meio de perfilômetros, como o APL (Analisador de Perfil Longitudinal, do LCPC), ou por meio dos equipamentos tipo resposta, como o Maysmeter, que registram os picos das vibrações de maiores amplitudes em um veículo em movimento (“*Quarter-car Index*”, QI, em contagens/km). A irregularidade transversal pode ser medida por meio de aparelhos caros e automatizados, como os que funcionam à base de sensores a laser, ou simplesmente utilizando-se a treliça da norma DNER PRO-08/78. No primeiro caso, tem-se um registro contínuo e confiável de todo o perfil transversal, enquanto que, no segundo, mede-se apenas os afundamentos nas trilhas de roda relativos às áreas da pista situadas nas adjacências, fora das trilhas de roda. Alternativamente, pode-se utilizar um aparelho simples, formado por uma haste equipada com um ponteiro sobre rodas, que permite o registro contínuo do perfil transversal em papel milimetrado.

O coeficiente de atrito, que indica a resistência à derrapagem em pista molhada, pode ser medido pelo Mu-meter, de forma contínua e rápida ao longo da pista, ou por meio de ensaios pontuais, como o pêndulo de atrito.

2.11. Patologias em pavimentos flexíveis

Os pavimentos flexíveis submetidos ao tráfego e intempéries estarão sujeitos à fadiga e deformações, gerando várias patologias em sua estrutura que poderão aparecer precocemente ou a médio ou longo prazo e serão definidas e explicadas neste capítulo, citando suas principais causas.

Conforme BERNUCCI et al. (2008) “para a classificação dos defeitos, utiliza-se a norma DNIT 005/2003-TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia”. Ainda o autor cita a catalogação dos defeitos:

Os tipos de defeitos catalogados pela norma brasileira e que são considerados para cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento (IGG - Índice de Gravidade Global) são: fendas (F); afundamentos (A); corrugação e ondulações transversais (O); exsudação (EX); desgaste ou desagregação (D); panela ou buraco (P); e remendos (R).

2.11.1. Fissuras

Fissuras e trincas são definidas dentro de um grupo geral de patologias chamadas fendas. Segundo BALBO (1997) “uma fissura é, portanto, uma fenda perceptível a olho nu a partir de distância inferior a 1,5 m; trincas são fendas maiores que as fissuras considerando o critério adotado para definir fissuras”.

Conforme BERNUCCI et al. (2008) “As fendas representam um dos defeitos mais significativos dos pavimentos asfálticos e são subdivididos dependendo da tipologia e da gravidade”.

Segundo a norma DNIT 005/2003-TER “As fissuras são fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento, não sendo assim consideradas quanto à gravidade nos métodos atuais de avaliação das condições de superfície”.

2.11.2. Trincamentos

As trincas são classificadas como longitudinais (paralelas ao eixo da rodovia) ou transversais (perpendiculares ao eixo da rodovia), sendo que quando tiverem extensão menor que 1,0 m são consideradas curtas (TLC e TTC) e maiores que 1,0 m são consideradas longas (TLL e TTL).

2.11.3. Trincas Isoladas

Conforme BERNUCCI *et al.* (2008) as trincas isoladas podem ser transversais curtas ou longas, longitudinais curtas ou longas, ou por retração.

Segundo BALBO (1997) trincas isoladas são fendas que podem ser reconhecidas a olho nu, dispostas em direção aproximadamente paralela ao sentido do tráfego ou transversal ao mesmo.

As possíveis causas para esse defeito podem ser através da execução de juntas entre etapas do pavimento construídas em momentos diferentes, causada pelo escorregamento do revestimento, ruptura de camadas inferiores, retração do subleito coesivo por secagem, entre outros.



Figura 14 – Trinca isolada longitudinal (RS-155)
Fonte: DNIT 005/2003 TER

2.11.4. Trincas Interligadas

a) Trinca “couro de jacaré”

Essa patologia pode ser identificada quando houverem trincas interligadas sem direções preferenciais gerando uma similaridade com o couro de jacaré.

BALBO (1997) define trinca couro de jacaré como um defeito com forma de pele de jacaré conjuntada de trincas não paralelas e formando um conjunto intimamente ligado de círculos ou mapas. As bordas dessas trincas devem estar íntegras, sem desagregação e perda de material, manifestando-se geralmente em trilhos de rodas podendo expandir-se em toda a área de rolamento.

BERNUCCI et al. (2008) citam que as principais causas da trinca couro de jacaré podem ocorrer pela ação repetitiva de cargas do tráfego, ação climática, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade, execução de compactação mal feita, deficiência no teor de ligante asfáltico, subdimensionamento, alta rigidez do revestimento em estrutura com elevada deflexão, reflexão das trincas de mesma natureza, recalques, entre outros.



Figura 15 – Trinca couro de jacaré (RS-155)
Fonte: Autoria própria (2013).

b) Trinca “couro de jacaré com erosão”

Segundo BALBO (1997) trinca couro de jacaré com erosão é um estágio mais avançado do defeito, quando podem ser visíveis as desagregações em suas bordas, proporcionando aberturas cada vez maiores para as fendas, apresentando comumente material solto em suas aberturas.

BERNUCCI et al. (2008) relatam as possíveis causas na qual podem ocorrer essas patologias: envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade pelo tempo em que esteja exposto, excesso de temperatura na fabricação, baixo grau de compactação e recalques diferenciais.



Figura 16 – Trinca couro de jacaré com erosão
Fonte: Bernucci et al. (2008).

c) Trincas de bloco

Segundo a norma DNIT 005/2003-TER trincas de bloco são o “conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela formação de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas”.

BALBO (1997) define trincas de bloco como sendo um defeito com o aspecto predominante de forma de placas que apresentam paralelismo entre seus lados, criando fissuras maiores que as do couro de jacaré. Essas trincas possuem “tendência que as extremidades sejam lineares, bem definidas e paralelas às direções longitudinal e transversal”. O autor cita que as principais causas para essa patologia podem ser o tratamento da base com ligantes hidráulicos, retrações causadas pelo efeito térmico e hidráulico, a propagação das trincas da base ao revestimento, secagem do subleito ou base argilosa (coesiva).



Figura 17 – Trincas de bloco

Fonte: Bernucci et al. (2008).

2.11.5. Trincas por Reflexão

As trincas por reflexão ocorrem quando existe trincamento em camadas inferiores no pavimento, propagando-se até a camada superior atingindo o revestimento. Elas podem submeter-se a qualquer tipo de trinca (longitudinais, interligadas ou irregulares). É, também, muito comum dessas trincas aparecerem em camadas onde houve reforço no revestimento sobre uma camada trincada, na qual se pretendia melhorar a capacidade funcional e estrutural do pavimento, porém isso se torna suscetível à propagação dessas trincas.

Segundo o Manual de Conservação Rodoviário do DNIT (2005) os efeitos gerados por essa propagação equivalem ao enfraquecimento da estrutura do pavimento devido o aumento da umidade, desenvolvendo panelas, deformações plásticas e outros tipos de defeitos.

2.11.6. Afundamentos em Trilha de Roda

BALBO (1997) define afundamento em trilha de roda como “uma superfície com depressões nas posições das trilhas de rodas, acompanhadas de deslocamentos laterais do revestimento asfáltico, podendo atingir profundidades significativas”.

Conforme a norma DNIT 005/2003-TER afundamento é a “deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação”. Segundo o Manual de Conservação do DNIT (2005) define-se afundamento por consolidação e plástico como:

a) Afundamento por consolidação

É uma depressão do revestimento que se forma na região onde se dá a passagem das cargas, ou seja, nas trilhas de rodas. Em seu princípio esta falha é apenas perceptível após a ocorrência de chuva, pois os sulcos ficam preenchidos por água, sendo toleráveis até o afundamento formar uma flecha significativa nas trilhas de rodas, podendo por em risco a segurança dos usuários.

b) Afundamento plástico

Esse afundamento é caracterizado por um sollevamento lateral junto à região da depressão formada na trilha de roda, tendo como causa a ruptura das camadas do pavimento devido à sollicitação do tráfego (figura 18).

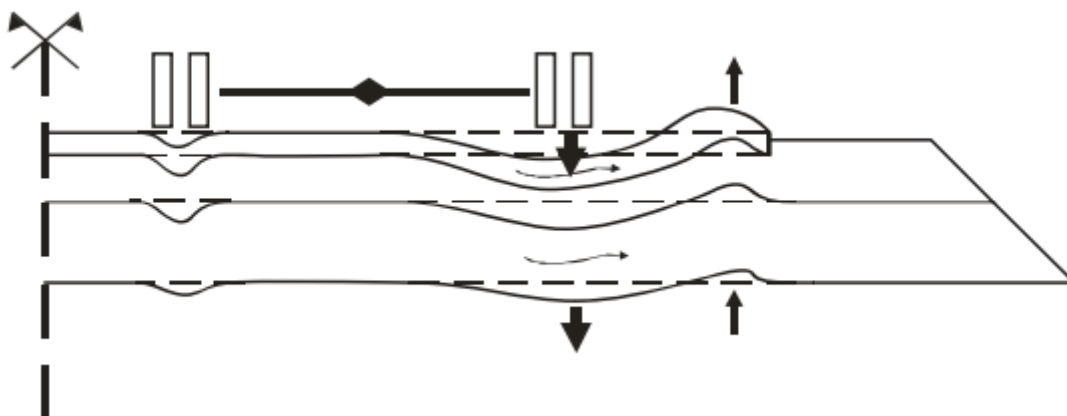


Figura 18– Afundamento plástico

Fonte: Manual de Conservação DNIT (2005).

De acordo com BERNUCCI et al. (2008) as prováveis causas para essa patologia: falha na dosagem de mistura asfáltica; excesso de ligante asfáltico; escolha equivocada do tipo de revestimento asfáltico para as cargas sollicitantes.

Ainda, têm-se como principais causas a essa patologia a insuficiência de compactação de uma ou mais camadas durante a execução do pavimento e enfraquecimento das camadas devido à infiltração de água.

2.11.7. Ondulação ou Corrugação

Conforme BERNUCCI et al. (2008) a corrugação é uma deformação transversal ao eixo da pista, com depressões entremeadas de elevações, podendo ter um comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros. Ainda os autores definem também as ondulações como sendo também deformações transversais ao eixo da pista, porém decorrentes da consolidação diferencial do subleito.

Segundo BALBO (1997) as corrugações se apresentam como pequenas ondulações longitudinalmente na faixa de rolamento com amplitude irregular, com ou sem escorregamentos, dando a sensação de vibrações para os veículos em transição na pista. Este

defeito geralmente se localiza nos trechos de baixa velocidade do trânsito e locais de paradas. O autor relata as possíveis causas para o defeito corrugação sendo a má execução da imprimação (excessiva ou insuficiente) do revestimento sobre a camada inferior; má execução da compactação do revestimento asfáltico; viscosidade inadequada do cimento asfáltico para o tipo de pavimento.

2.11.8. Escorregamento do Revestimento

Conforme a norma do DNIT 005/2003-TER, escorregamento é o “deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua”.

Segundo BALBO (1997), escorregamento do revestimento é comumente ocorrido em faixas solicitantes por veículos comerciais na qual poderão se associar a afundamentos e trincas. Ainda o autor relata algumas causas para ocorrer essa patologia como a imprimação inadequada do revestimento sobre a camada inferior ocasionando em deslocamentos transversais da mistura asfáltica geralmente nos trechos em curvas, viscosidade inadequada do cimento asfáltico para as condições de uso, excesso de ligante asfáltico na mistura, falha na produção do concreto ou emprego de misturas asfálticas ricas em betume e em agregados miúdos.

2.11.9. Exsudação

Segunda a norma DNIT 005/2003-TER, exsudação é o excesso de ligante betuminoso do revestimento na superfície do pavimento, ocasionado pela migração do ligante através do revestimento.

BALBO (1997) descreve essa patologia como sendo formas de manchas isoladas ou ainda em grande extensão, podendo ser visivelmente notado a CAP na superfície, sendo facilmente identificadas por registrarem as marcas dos pneus em dias quentes. Ainda o autor afirma que a exsudação pode estar associada a escorregamentos da mistura asfáltica. Essa patologia é motivada pela segregação da mistura, compactação excessiva da mistura, elevada quantidade de ligante na mistura, baixa viscosidade do ligante aplicado em locais de clima quente e falta de adesividade do ligante asfáltico.

2.11.10. Desgaste

Segundo a norma do DNIT 005/2003-TER o desgaste é a perda do agregado miúdo do revestimento e se caracteriza por possuir uma superfície áspera provocada pelos esforços tangenciais do tráfego.

De acordo com PINTO e PREUSSLER (2002) tem-se como desgaste “o efeito do arrancamento progressivo do agregado do revestimento, caracterizado por aspereza superficial”.

BERNUCCI et al. (2008) citam que as prováveis causas para que possa ocorrer o desgaste nos pavimentos são as falhas de adesividade ligante-agregado, presença de água aprisionada sobre repressão em vazios da camada de ligante, gerando deslocamento de ligante, problemas no teor do ligante, falhas de bico em tratamentos superficiais, problemas na execução ou de projeto.

2.11.11. Panelas ou Buracos

Panelas ou buracos são depressões causadas pela perda de material de superfície. Esse defeito propaga-se rapidamente se não forem realizadas as correções adequadas com frequência, causando sérios danos aos veículos, aumentando o tempo de viagem e o consumo de combustíveis.

Esta patologia pode ocorrer em diversas possibilidades, no geral elas surgem de uma fase evolutiva de outras patologias que não foram tratadas devidamente em época adequada. Conforme o U.S Department of Transportation considera-se panela cavidades com dimensão mínima de 150mm e são classificadas por sua profundidade em três níveis de severidade, que são: baixa com profundidade menor que 25mm, moderada para as que ficam entre 25 a 50mm de profundidade e alta para profundidade maior que 50mm.

Segundo a norma DNIT 005/2003-TER essa patologia pode ser causada por várias hipóteses como a falta de aderências entre as camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas gerando cavidades no revestimento, podendo chegar a camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.

BALBO (1997) relata panelas ou buracos como sendo cavidades na superfície do pavimento, caracterizadas pela ausência de materiais, podendo atingir as camadas de base ou até mesmo o subleito da estrutura, suas formas e dimensões são bem variáveis, não devendo

ser confundidos com o solapamento. O autor relata algumas possíveis causas para esse defeito como a desagregação de revestimento trincado, evolução de afundamentos localizados e a evolução de processo de descolamento do revestimento sobre antigos revestimentos ou bases.

2.11.12. Remendos

Conforme BERNUCCI et al. (2008) remendos são preenchimentos de panelas ou depressões com massa asfáltica, que além de ser uma forma de restauração, é considerado um defeito, pois pode provocar danos ao conforto do rolamento.

A norma do DNIT 005/2003-TER classifica remendos profundos e remendos superficiais. Os remendos profundos sendo aqueles em que é retirada a camada do revestimento e eventualmente uma ou mais camadas do pavimento, geralmente são retangulares. Já os remendos superficiais são apenas uma correção em área localizada na superfície do revestimento pela aplicação de um material betuminoso.

Segundo BALBO (1997) os remendos são pequenas áreas reparadas, apresentando características físicas diferentes à superfície asfáltica original, podendo ter forma de quadrilátero bem definido ou irregular. O autor descreve que os remendos evidenciam intervenções corretivas no pavimento, por motivos de que existam afundamentos, escorregamentos, trincas interligadas, buracos, etc.

2.12. Técnicas de restauração asfáltica

Quando não existem problemas estruturais e a restauração é necessária para a correção de defeitos funcionais superficiais, são empregados geralmente os tipos de revestimentos a seguir, isoladamente ou combinados e antecedidos ou não por uma remoção de parte do revestimento antigo por fresagem:

- Lama asfáltica (DNER-ES 314/97) (selagem de trincas e rejuvenescimento);
- Tratamento superficial simples (DNER-ES 308/97) ou duplo (DNER-ES 309/97) (selagem de trincas e restauração da aderência superficial);
- Microrrevestimento asfáltico a frio (ABNT NBR 14948, DNIT 035/2005-ES) ou a quente (DNER-ES 388/99) (selagem de trincas e

restauração da aderência superficial quando existe condição de ação abrasiva acentuada do tráfego);

- Concreto asfáltico (DNIT 031/2004) (quando o defeito funcional principal é a irregularidade elevada);
- Mistura do tipo camada porosa de atrito (DNER-ES 386/99), SMA ou misturas descontínuas (para melhorar a condição de atrito e o escoamento de água superficial).

Quando são identificadas trincas isoladas no revestimento, o seu tratamento por selagem é eficiente no retardamento de sua evolução e da conseqüente necessidade de uma intervenção de restauração de maior magnitude.

As combinações de técnicas geralmente utilizadas para restauração são:

- Reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina + camada porosa de atrito;
- Microrrevestimento asfáltico + camada porosa de atrito (o microrrevestimento tem função de reduzir a reflexão de trincas e impermeabilizar o revestimento antigo);

Exemplo de selagem de trincas

- Remoção por fresagem + reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina + microrrevestimento (quando a superfície antiga apresenta grau elevado de trincamento e/ou desagregação e existe condição de ação abrasiva acentuada do tráfego);
- Remoção por fresagem + reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina + tratamento superficial simples + microrrevestimento a frio (quando a superfície antiga apresenta grau elevado de trincamento e a superfície nova necessita de melhor condição de rolamento, proporcionada pelo microrrevestimento, e de liberação da pista com menor arrancamento de agregados possível);
- Remoção por fresagem + reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina + camada porosa de atrito (quando a superfície apresenta grau elevado de trincamento e/ou desagregação e existe necessidade de boa aderência e escoamento superficial);
- Remoção por fresagem + microrrevestimento asfáltico + camada porosa de atrito (quando a superfície apresenta grau elevado de trincamento e/ou desagregação. O microrrevestimento

tem a função de reduzir a reflexão de trincas e impermeabilizar a camada antiga, e a camada porosa de atrito a de aderência e escoamento superficial).

2.12.1. Técnicas de restauração de pavimentos com problemas estruturais

Quando existe o comprometimento estrutural do pavimento 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 (reciclagem, por exemplo).

Os tipos de revestimentos geralmente utilizados como recapeamento são o concreto asfáltico, o 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 convencionais, modificados por polímeros ou modificados por borracha moída de pneus. Esses tipos de revestimentos são utilizados isoladamente ou combinados:

- Concreto asfáltico;
- Pré-misturado a quente + concreto asfáltico;
- Concreto asfáltico + SMA;
- SMA e outras misturas asfálticas de granulometria descontínua;
- Tratamento superficial duplo ou microrrevestimento + concreto asfáltico.

A remoção por fresagem 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 a sua reflexão nas novas camadas.

A possibilidade de reflexão de trincas em restaurações executadas em pavimentos com problemas estruturais é um fator importante e deve ser considerada no projeto da restauração, por meio de medidas para sua minimização, citadas a seguir.

2.12.2. Considerações sobre o trincamento por reflexão

As trincas por reflexão surgem acima de juntas ou trincas existentes em camadas de revestimento antigo. Cuidados adicionais devem ser tomados durante a restauração para

reduzir a severidade e a velocidade de sua propagação. A reflexão de trincas é mais crítica em situações de temperaturas mais baixas, devido ao enrijecimento do revestimento asfáltico, bem como de elevado volume de tráfego ou de grande magnitude de cargas. São desenvolvidas tensões de tração elevadas nas camadas de recapeamento devido a movimentos originados nas trincas existentes no revestimento antigo deteriorado. A reflexão se dá normalmente de baixo para cima no recapeamento. A seguir são apresentadas algumas medidas para o controle e redução de reflexão de trincas.

2.12.3. Emprego de geossintéticos

Os geossintéticos podem atuar de duas maneiras: desviando as trincas ou convertendo as trincas em microfissuras ao se propagarem. Quando são utilizados geotêxteis impregnados com ligante asfáltico na interface entre o revestimento antigo deteriorado e um recapeamento, devido à presença do geotêxtil, tem-se uma taxa maior de ligante asfáltico nessa interface do que a obtida com uma pintura de ligação convencional. Isso, associado à presença do geotêxtil, faz com que ocorra um retardo na reflexão das trincas. E, quando refletidas, a reflexão é atenuada e normalmente na direção horizontal. Também ocorre uma manutenção da estanqueidade do revestimento, protegendo as camadas subjacentes da ação das águas pluviais. Não é tão efetivo na presença de grandes movimentos verticais ou horizontais, e é mais eficiente em regiões de clima ameno.

Quando são utilizadas geogrelhas, a reflexão se dá através da formação de microfissuras de baixa severidade, apresentando trajetória aleatória, com progressão lenta, podendo ainda essa formação ser interrompida se houver descontinuidade do processo de dissipação de energia na extremidade das microfissuras devido a mudanças de orientação nas trajetórias de propagação.

2.12.4. Camadas intermediárias de alívio de tensões

São camadas executadas na superfície de um revestimento antigo deteriorado e sobre a qual será executado um recapeamento. Essas camadas intermediárias, chamadas de SAMI (*stress absorbing membrane interlayer*), podem ser constituídas de microrrevestimentos asfálticos, tratamentos superficiais por penetração com ligantes asfálticos modificados por polímeros ou por borracha de pneus, ou mesmo misturas asfálticas com elevado teor de

asfalto modificado por polímero em camadas delgadas. A SAMI atua dissipando movimentos e tensões em trincas e juntas de severidade baixa a média, devido às características de recuperação elástica do ligante asfáltico empregado.

2.12.5. Camadas de dissipação de trincas

São camadas granulares com poucos finos e agregados com diâmetro máximo de 75mm, granulometria aberta e podem ser misturadas com pequeno teor de ligante asfáltico, tipicamente um pré-misturado a quente, que são executadas sobre o revestimento antigo deteriorado. Sobre ela é executada uma camada de recapeamento asfáltico. Propiciam volume de vazios elevados que efetivamente interrompem a propagação das trincas, mesmo aquelas sujeitas a grandes movimentos. São executadas em espessuras mínimas de 100mm.

2.12.6. Espessura de recapeamento aumentada

O aumento da espessura de recapeamento não previne a ocorrência de trincas por reflexão, mas reduz a velocidade de propagação e a severidade das trincas refletidas por reduzir os esforços de flexão e cisalhamento sob carga e também por reduzir a variação de temperatura na camada de revestimento. Sua relação custo-benefício deve ser considerada em relação a outras técnicas.

2.12.7. Reciclagem do revestimento existente

A reciclagem de revestimento antigo deteriorado é uma alternativa utilizada para reduzir ou eliminar camadas com trincas com potencial de reflexão. Se houver também necessidade de aumento da capacidade de suporte, segue-se à reciclagem uma nova camada de rolamento.

A reciclagem pode ser realizada somente com os materiais existentes fresados mais adição de agentes rejuvenescedores e/ou ligantes asfálticos novos, ou ainda com incorporação de agregado para correção granulométrica, de espuma de asfalto ou de emulsões asfálticas e até de cimento Portland. A mistura reciclada pode ser executada em usina, mas preferencialmente é feita no próprio local da obra por recicladoras.

Os principais benefícios da reciclagem de revestimentos deteriorados são a reutilização dos agregados e do ligante asfáltico, a conservação de energia e a preservação ambiental.

2.12.8. Emprego de revestimentos asfálticos com ligantes modificados

Podem ser confeccionadas misturas asfálticas com ligantes modificados por polímeros ou borracha moída de pneus que apresentem baixa rigidez (valores de módulo de resiliência mais baixos que os usuais) visando menor absorção de tensões e conseqüente retardamento da ascensão das trincas de reflexão.

Também é possível executar-se uma camada de nivelamento fina (com agregados passantes na peneira 3/8”) com ligante modificado, que funcionaria como uma camada de dissipação parcial de trincas e, em seguida, aplicar-se um novo revestimento com ligante modificado. Esta é uma alternativa que visa retardar o aparecimento de trincas através da aplicação de revestimentos delgados com ligantes modificados.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os processos, os equipamentos e os locais que foram utilizados para obtenção dos dados para o estudo das características do pavimento do trecho em estudo, assim como a metodologia aplicada para a execução dos ensaios e também a avaliação de conformidade com as Normas vigentes do material utilizado no pavimento.

Este estudo tem como finalidade a análise das patologias existentes no pavimento da TO-070 e foi composto por quatro etapas, sendo a primeira, a realização de uma pesquisa bibliográfica acerca do assunto. Em seguida foi realizado a coleta de amostras do solo e ensaios no laboratório buscando caracterizar a camada da base do pavimento da pista. A terceira foi realizado o LVC - Levantamento Visual Contínuo a fim de caracterizar E classificar as manifestações patológicas e identificar as possíveis causas das mesmas. E a última foi descrever as possíveis soluções, com base no Manual de Restauração do DNIT.

3.1. Local de estudo e Caracterização do Trecho

O estudo foi realizado no trecho da rodovia TO-070, que liga os municípios de Porto Nacional e Brejinho de Nazaré, no Tocantins, conforme apresentado na figura 19.

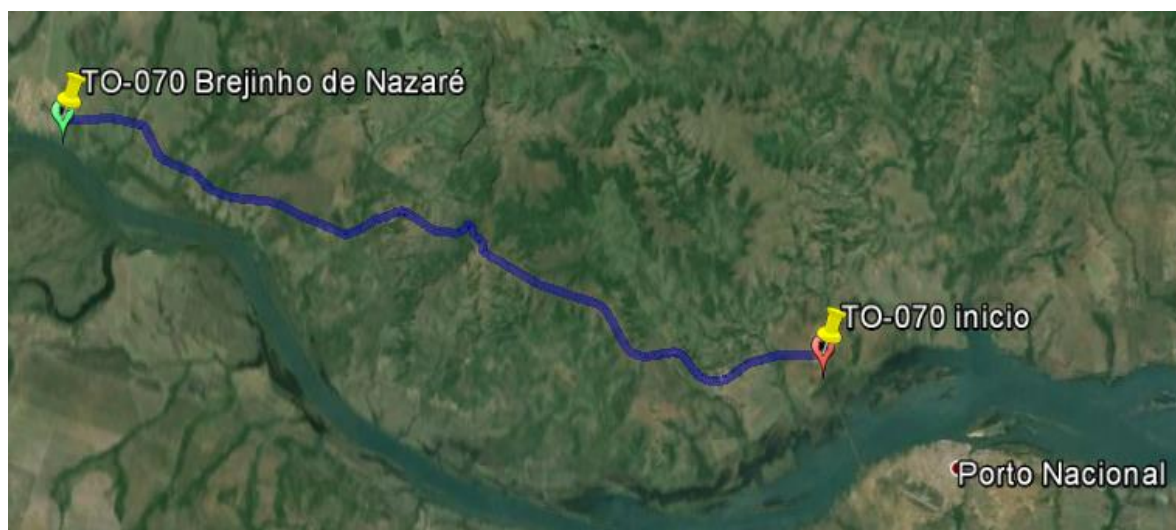


Figura 19: Localização TO-070, trecho Brejinho de Nazaré a Porto Nacional.
Fonte: Imagem do Google Earth adaptada pelo autor.

A rodovia TO-070 possui importância para a economia do estado, pois tornou-se via de acesso para circulação de mercadorias que abastecem os municípios circunvizinhos, é também a via de acesso mais utilizada pelos motoristas para o percurso Palmas-Gurupi e vice-versa. Ocorreu ainda aumento na produção de grãos nas cidades de Brejinho de Nazaré e Porto Nacional o que intensificou o tráfego de veículos pesados. O trecho da via em estudo é constituído por um pavimento flexível, tendo um revestimento em Tratamento Superficial Duplo e encontra-se em estado precário de manutenção.

De acordo com as informações contidas no projeto executivo disponibilizadas pelo Dertins, a estrutura do pavimento da TO-070, é assim constituída:

Pista de Rolamento

Extensão: 34,6 km

Largura: 7,0 metros

Revestimento: Tratamento Superficial Duplo de 2,5 cm;

Base: Solo Estabilizado Granulometricamente com espessura de 20 cm;

Sub-base: Solo Estabilizado Granulometricamente com espessura de 20 cm.

Acostamentos

Largura: 1,40 metros

Revestimento: Tratamento Superficial Simples;

Base: Solo Estabilizado Granulometricamente com espessura de 20 cm;

Sub-base: Solo Estabilizado Granulometricamente com espessura de 20 cm.

3.2. Caracterização do solo da camada da base

A caracterização do solo da camada de base do pavimento foi realizada em conformidade com as normas da ABNT, através dos seguintes ensaios:

- Ensaio de CBR;
- Ensaio de granulometria por peneiramento;
- Ensaio de massa específica;

3.3. Coleta do material e produção dos corpos-de-prova

A coleta do solo ocorreu no trecho em estudo, foram selecionados 5 pontos para coleta das amostras de maneira distribuída ao longo dos 20 primeiros quilômetros da TO-070, sentido Porto Nacional a Brejinho de Nazaré, onde foram retiradas as amostras de solo para a realização do ensaio de análise granulométrica por peneiramento, ensaio de massa específica, ensaio de compactação e Índice de Suporte Califórnia (CBR).

O solo foi retirado da camada da base a uma profundidade de 20 cm, em quantidade de aproximadamente 8kg em cada ponto selecionado. A escolha dos 20 primeiros quilômetros foi em virtude do trecho ter maior incidência de manifestações patológicas. Já a produção dos corpos-de-prova foi realizada no laboratório de solos e materiais de construção do Centro Universitário Luterano de Palmas, onde foram executados os ensaios em conformidade com os métodos preconizados pelo DNIT e Normas Técnicas da ABNT. As figuras a 20 e 21 evidenciam a realização do procedimento.



Figura 20: Coleta do solo.



Figura 21: Classificação do solo

3.4. Realização dos ensaios laboratoriais

3.4.1. Ensaio de CBR (NBR 9895/87)

O ensaio foi realizado sem a reutilização do material, onde adiciona-se água à amostra até se verificar uma devida consistência, fica-se atento na perfeita homogeneização da amostra.

Ao compactar a amostra no molde cilíndrico grande em cinco camadas iguais cada uma das camadas, deve ser aplicado 26 golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada, com soquete caindo de 0,305m. Removendo o colarinho e a base, aplaina-se a superfície do material a uma altura do próprio molde e pesa-se o conjunto cilindro mas o solo úmido compactado.

Para cada mistura, foi acrescentada a quantidade de água estimada para se obter os pontos das curvas no gráfico, mostrando as densidades e umidades obtidas em cada um desses. Nas figuras a 22, 23 e 24, estão representados o solo e as misturas compactadas pelo ensaio.



Figura 22: Homogeneização da amostra de solo da base e colocação das camadas do material.



Figura 23: Compactando o solo e aplainando-se a superfície do material.



Figura 24: Pesando o cilindro.

Após a compactação da amostra dos 05 cilindros, imergiu-se os três cilindros seja umidade seco, umidade ótima e umidade saturada com o corpo de prova e colocado uma sobrecarga no tanque durante 96 horas, de tal forma que a água banhe o material tanto pelo topo quanto pela base. Podendo realizar a leitura de deformação (expansão ou recalque) com aproximação de 0,01mm a cada 24h.



Figura 25: Compactação das amostras e amostra submersa.

Uma vez finalizada a fase de compactação na camada de base, foram executados ensaios de campo para determinação da massa específica aparente do solo seco “in situ” com emprego do frasco de areia, segundo o procedimento da norma 092 (DNER, 1994a) e mostrado na Figura 26. Nos mesmos pontos foi determinado o teor de umidade “in situ” com o “Speedy” conforme a norma 052 (DNER, 1994b) e ilustrado na Figura 26. No caso do

“Speedy”, com as amostras deformadas coletadas em campo foram realizados ensaios em laboratório para determinar a calibração entre o “Speedy” e a estufa, visando auxiliar no andamento dos ensaios em campo. Em cada uma de cinco coleta do trecho foram selecionadas para a realização desses ensaios em função da patologia da pista que foram recolhidas nos dias das visitas para execução do controle tecnológico.



Figura 26: Determinação da massa específica e determinação do teor de umidade.

3.4.2. Determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR)

Após determinadas as densidades máximas ($\gamma_{m\acute{a}x.}$) e umidades ótimas ($h_{\acute{o}t\acute{i}m.}$), foram feitos ensaios para determinar o Índice de Suporte Califórnia (CBR) de cada mistura, e também do solo, com o objetivo de verificar qual a que apresenta o melhor resultado, ou seja, a melhor resistência.

O ensaio foi executado seguindo a norma NBR 9895 (ABNT, 1987b): Solo – Índice de Suporte Califórnia.

Juntamente com a determinação do índice de suporte Califórnia, também foi obtida a expansão do material ensaiado.

O solo foram moldados nas densidades máximas ($\gamma_{m\acute{a}x.}$) e umidades ótimas ($h_{\acute{o}t\acute{i}m.}$) obtidas no ensaio de compactação. A quantidade de água acrescentada em cada mistura e no solo para se chegar às umidades ótimas foi obtida através dos cálculos determinados pela norma. Para isso, foi necessária a obtenção da umidade higroscópica de cada mistura e do

solo. Os materiais, tanto o resíduo quanto o solo foram guardados de modo que não perdessem umidade.

Para a moldagem das misturas e do solo, foi utilizada a Energia Normal de compactação, a mesma utilizada no ensaio de compactação. Para essa energia, as amostras de solo, foram colocadas dentro do cilindro divididas em 5 camadas, recebendo cada uma delas 26 golpes de um soquete grande.

Após as amostras serem moldadas, no espaço deixado pelo disco espaçador, foi colocado, como estabelecido pela norma, o prato perfurado com a haste ajustável e sobre ele dois discos para produzir uma sobrecarga igual ao peso de um pavimento.

Em seguida, com o auxílio de um extensômetro, foi feita a leitura inicial para a verificação da expansão. Após, cada amostra foi mantida em imersão em um tanque com água em nível constante, por um período de 4 dias. Logo após esse período, as amostras foram retiradas do tanque, sendo feita uma nova leitura com o extensômetro, o que pode ser visto na figura a seguir.



Figura 27: Amostra submersa e Execução do ensaio CBR.

Na sequência, três amostras foram ensaiadas na prensa CBR, aplicando-se uma carga por um pistão com velocidade de penetração constante. As leituras foram anotadas nos tempos estabelecidos pela norma. Com os resultados obtidos, consegue-se traçar a curva pressão-penetração e também chegar ao valor do CBR ou índice de suporte do material ensaiado. A execução do ensaio CBR está representada na figura 27.

3.4.3. Ensaio de granulometria por peneiramento

O ensaio de granulometria é utilizado para determinar a distribuição granulométrica do solo, ou em outras palavras, a percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho

de grãos representa na massa seca total utilizada para o ensaio. Como um dos objetivos deste trabalho é caracterizar o material presente na área pavimentada, realizou-se a análise granulométrica em conformidade com a NBR 7181. Para isso, utilizou-se os seguintes equipamentos: bandejas para secagem do solo; balança com precisão de 0,1; almofariz e mão de Gral; estufa; jogo de peneiras; e agitador de peneiras. E os ensaios foram realizados seguindo os seguintes procedimentos:

- secou-se a amostra de solo em estufa (110 ± 5) °c, então esfriou o material à temperatura ambiente e determinou-se sua massa total.
- desmancharam-se os torrões, evitando a quebra dos grãos, e homogeneizou-se a amostra.
- pelo método de quarteamento, reduziu-se a quantidade de material até se obter uma amostra representativa em quantidade suficiente para a realização do ensaio.
- realizou-se então o peneiramento na série de peneiras, pela agitação mecânica do conjunto.
- após o peneiramento foi pesado em sequência, com aproximação de 0,1% sobre a massa da amostra total, o material retido em cada peneira.



Figura 28: Peneiramento da amostra.

3.4.4. Ensaio de massa específica (NBR 15619/08);

O ensaio de determinação da massa específica dos grãos é relevante para fins de análise da estrutura do solo, revelando importantes informações sobre a resistência e a estabilidade do mesmo, pois, faz-se necessária para o cálculo do ensaio de sedimentação e a determinação do índice de vazios e demais índices físicos do solo. O ensaio descrito foi realizado segundo a NBR 6508/1984 utilizando amostras do solo coletadas no trecho em estudo.

Na realização do ensaio utilizou-se os seguintes equipamentos: peneira 4,8mm; estufa; picnômetro com a curva de calibragem; fogareiro elétrico ou bomba de vácuo, termômetro, balança e funil de vidro. E obedeceu-se ao seguinte procedimento experimental:

- Pesou-se o picnômetro com água;
- Colocou-se 50g da amostra no picnômetro e pesar o picnômetro com solo. Usa-se uma amostra de material seco que passa na peneira 4,8mm;
- Pesou-se o picnômetro e anotou-se o seu peso somado aos pesos da água e ao solo.
- Repetiu-se o processo mais uma vez.

3.5. Levantamento Visual Contínuo e Identificação das Patologias

A identificação das patologias presentes no pavimento foi realizada através de visitas in loco, onde foi realizado o LVC - Levantamento Visual Contínuo e o registro fotográfico, para classificação das manifestações patológicas.

A classificação das Patologias ocorreu na comparação das imagens registradas “in loco” com imagens e caracterizações da literatura, no caso, a Norma do DNIT 005/2003-TER.

O levantamento de campo foi realizado na Rodovia TO-070, baseado na **NORMA DNIT 008/2003 – PRO – Levantamento Visual Contínuo** e na instrução de projeto do DER/SP código IP-DE-P00/004 **Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos por Meio do Levantamento Visual Contínuo de Defeitos da Superfície.**

Na realização do LVC, o levantamento em campo seguiu os procedimentos segundo a norma do DNIT, no entanto, na análise foi utilizado o formulário **Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi Rígidos por meio do Levantamento Visual Contínuo de Defeitos da Superfície – Planilha de Avaliação do Pavimento**, constante no anexo D, da instrução de projeto do DER/SP, a opção por utilizar este formulário justifica-se em virtude da instrução de

projeto considerar o grau de severidade das panelas e remendos nos cálculos que auxiliam na definição da condição do pavimento, o que não acontece na Norma 008/2003-PRO do DNIT.

Os equipamentos usados neste procedimento foram:

- Carro de Passeio;
- Câmera digital
- Trena e outros equipamentos para realizar as medições.
- Prancheta, caneta e papel A4.

O levantamento de campo foi realizado por uma equipe de 3 pessoas, incluindo o motorista, sendo a equipe composta por Amandda Diniz, Bonfim Diniz e o autor deste estudo Jaílson Ferreira Carneiro. No percurso o veículo foi operado na velocidade entre 20 e 40 km/h percorrendo a rodovia em um único sentido, pois a T0-070 é constituída por uma pista simples, com de 2 faixas de tráfego, uma em cada sentido. A divisão dos trechos em segmentos foi estabelecida com 1 km de extensão, exceto o último trecho sentido Porto Nacional a Brejinho de Nazaré em virtude de ser final do trecho estudado. Todo o procedimento foi repetido para o sentido Brejinho de Nazaré a Porto Nacional.

O diagnóstico foi realizado com base na literatura, Normas do DNIT 005/2003-TER e com base nas informações do projeto inicial da rodovia, disponibilizadas pelo DERTINS. As prováveis causas das patologias foram identificadas analisando todas as variáveis do trecho, quanto ao uso, intensidade do tráfego, tipo de revestimento, drenagem e quanto ao ambiente, fatores climáticos, e etc.

3.6. Sugestões de Correção

Foi utilizado nesta etapa, além da literatura já citada anteriormente, o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT IPR – 720, onde foram descritos procedimentos de reparo, formas de manutenção e em último caso, reforço estrutural para as mais graves, de todas as patologias encontradas.

Para cada patologia identificada no trecho estudado, foram descritas procedimentos de correção e os tipos de materiais usados para este fim.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo estão apresentados os resultados baseados na metodologia do trabalho. Os resultados se subdividem em quatro etapas distintas, todas pertencentes ao trecho da Rodovia TO-070, entre Porto Nacional e Brejinho de Nazaré. A primeira consiste na caracterização do solo da camada da base, a segunda no Levantamento Visual Contínuo e a terceira na caracterização das patologias existentes, na identificação das suas possíveis causas e na busca teórica, a fim de propor as soluções que se enquadrariam para cada patologia.

4.1 Ensaio de Compactação

Através do ensaio de compactação, foram obtidas a densidade e a umidade do solo, apontadas no quadro 04 a seguir e traçada a curva de compactação que representa essa densidade e umidade.

Quadro 04: Compactação - NBR-7182

COMPACTAÇÃO - NBR-7182												Umidade Higroscópica		
Teor de Umidade												1	2	
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	
C + S + A	(g)	166,7	166,7	103,9	103,9	83,5	83,5	114,3	114,3	122,4	122,4	582,7	659,7	
C + S	(g)	159,5	159,5	97,5	97,5	77,6	77,6	104,5	104,5	110,1	110,1	578,2	648,8	
C-Cápsula	(g)	16,7	16,7	15,4	15,4	14,7	14,7	16,0	16,0	16,0	16,0	153,3	102,3	
A – Água	(g)	7,2	7,2	6,4	6,4	5,9	5,9	9,8	9,8	12,3	12,3	4,5	10,9	
S – Solo	C	142,8	142,8	82,1	82,1	62,9	62,9	88,5	88,5	94,1	94,1	424,9	546,5	
w-umidade	(%)	5,0	5,0	7,8	7,8	9,4	9,4	11,1	11,1	13,1	13,1	1,1	2,0	
W média	(%)	5,0		7,8		9,4		11,1		13,1		1,5		
Dados de Compactação dos Corpos de Prova												Material da Homogeneização		
Água Adic.	(g)	222		320		419		517		616		Múmida (g)		5000
% Água Ad.	(%)	4,5		6,5		8,5		10,5		12,5		Nº	Peso	Volume
W Calc.	(%)	5,0		7,8		9,4		11,1		13,1		#	(Kg)	(cm³)
Nº Molde	#	1		1		1		1		1		1	5535	2087
M + S + A	(g)	9651		9800		9900		9880		9960		1	5535	2084
M – Molde	(g)	5455		5350		5326		5312		5450		1	5535	2076
S + A	(g)	4196		4450		4574		4568		4510		1	5535	2083
□ úmida	(g/cm³)	2,011		2,135		2,203		2,193		2,171		1	5535	2077
□ seca	(g/cm³)	1,914		1,981		2,014		1,974		1,920		1	5535	2077

Fonte: Autor

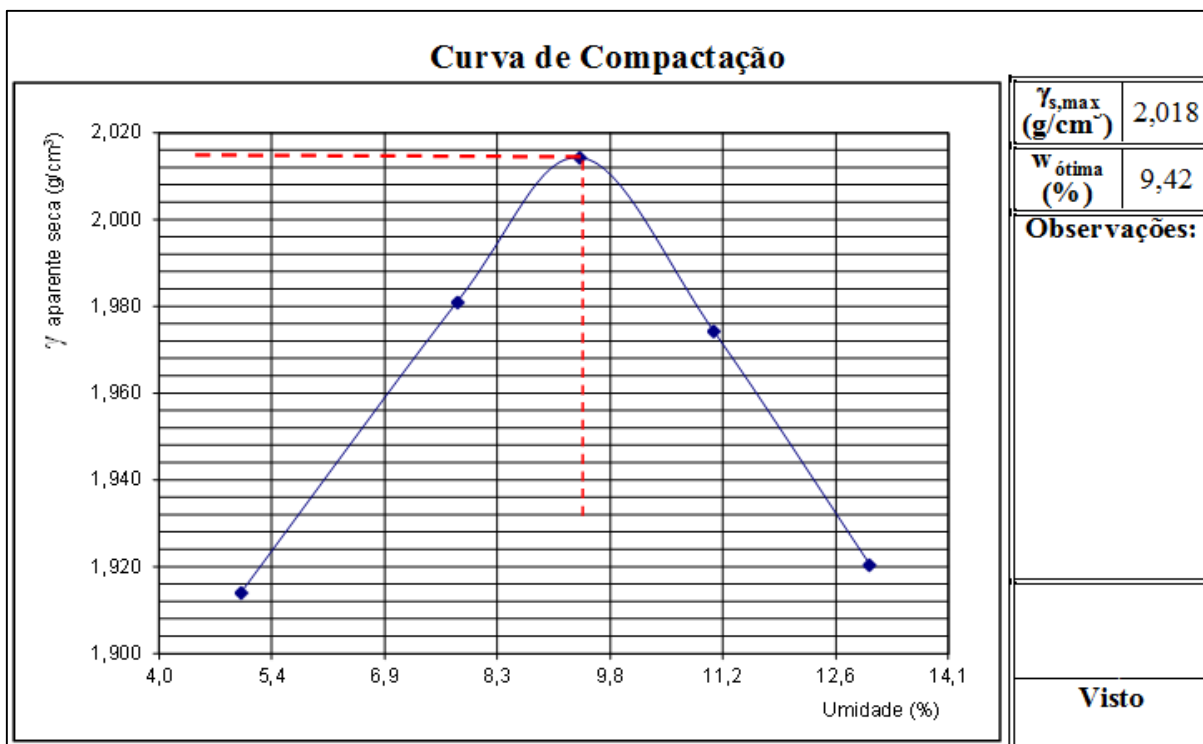


Figura 29: Curva de compactação.

Fonte: Autor

Ao analisar a curva de compactação do solo retirado da camada da base do pavimento, pode-se obter os valores de densidade aparente seca máxima do solo e umidade ótima, que corresponde ao ponto de máxima inflexão na curva, o ponto de inflexão desta mudança de comportamento representa a zona onde se pode determinar o peso específico aparente seco máximo do solo ensaiado e, conseqüentemente, a umidade ótima de compactação, sendo respectivamente 2,018 g/cm³ e 9,42%.

4.2 Índice de Suporte Califórnia (ISC)

O cálculo do valor do Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou *California Bearing Ratio* (CBR) foi determinado dividindo-se a pressão calculada pela penetração do pistão no solo dividida pela pressão padrão, para os valores de 0,1 e 0,2 polegadas, adotando-se como o valor do CBR o maior valor entre eles, de acordo com a DNER-ME 049/94 – Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.

Sendo assim, foram escolhidos 3 corpos-de-prova para imersão no período de 96 horas estando um no ramo seco um na ótima e um no ramo saturado, compactados na energia normal e na umidade ótima determinada no ensaio de compactação, para determinação do

valor do CBR do solo natural. Uma média foi determinada a partir dos valores encontrados por corpo-de-prova, resultando em um CBR de 81,25% para o solo coletado.

Quadro 05: Penetração

PENETRAÇÃO															
Tempo	Penetração	Pol.	Pressão Padrão	Molde	21			Molde	23			Molde	34		
				Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC	Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,0	0,00	0,000	-					0							
0,5	0,63	0,025	-	90	9,44			160	16,8			80	8,4		
1,0	1,27	0,050	-	185	19,40			300	31,5			150	15,7		
1,5	1,90	0,075	-	270	28,31			440	46,1			220	23,1		
2,0	2,54	0,100	70,31	350	36,70	36,7	52,2	560	58,7	58,7	83,5	270	28,3	28,3	40,3
3,0	3,81	0,150	-	440	46,13			720	75,5			330	40,4		
4,0	5,08	0,200	105,46	500	52,43	52,4	49,7	795	83,4	83,4	79,0	385	49,8	40,4	38,3
6,0	7,62	0,300	-	570	59,76			870	91,2			475	56,1		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Fonte: Autor

Após serem realizados os ensaios para a determinação do Índice de Suporte Califórnia, com os resultados obtidos foram traçadas as curvas pressão x penetração. Essas não precisaram ser corrigidas segundo a norma, pois não apresentaram, na parte inicial, uma concavidade voltada para cima. O gráfico com as curvas é apresentado na figura 30.

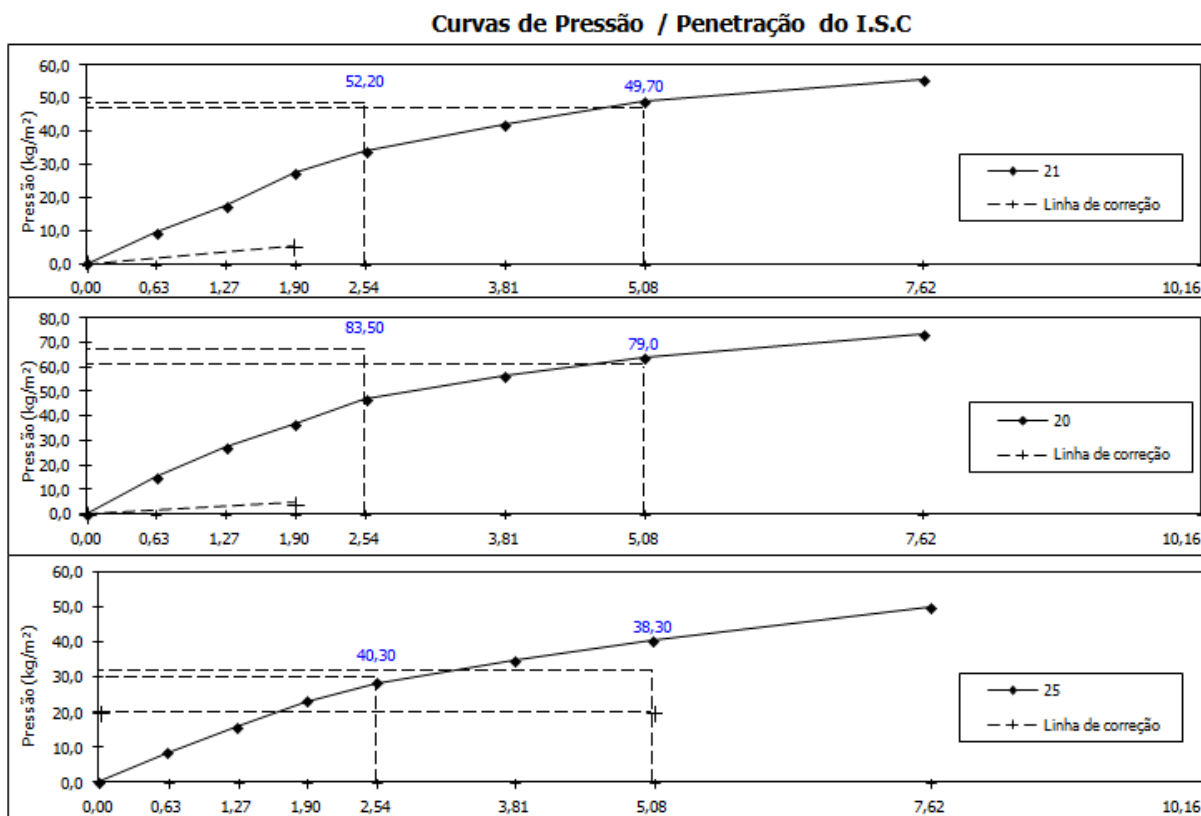


Figura 30: Curvas de Pressão/Penetração do I.S.C. Fonte: Autor

4.2 Composição granulométrica do solo

A partir dos dados obtidos no ensaio de análise granulométrica pode-se conhecer a distribuição granulométrica do agregado e representá-la através de uma curva. Possibilitando assim a determinação de suas características físicas.

Analisando os dados apresentados para o peneiramento, pode-se primeiramente realizar a classificação dos solos conforme o sistema unificado de classificação de solos do DNIT, apresentado na figura 31. O material coletado da base do pavimento foi classificado em GP (Solo Arenoso com Pedregulho), verificou-se também que o material ensaiado está de acordo com a especificação de serviço DNER-ES303-97, que estabelece critérios para aceitação do material utilizado em bases de pavimentos, na qual consta que, quando submetidos ao ensaio de análise granulométrica por peneiramento, o material deve se enquadrar em uma das faixas padrões, conforme apresentado na figura 33.

SOLOS DE GRADUAÇÃO GROSSA: mais de 50% retido na peneira nº 200	Pedregulhos: 50% ou mais da fração graúda retida na peneira nº 4	Pedregulho sem finos	GW	Pedregulhos bem graduados ou misturas de areia de ped.com pouco ou nenhum fino.
			GP	Pedregulhos mau graduados ou misturas de areia e ped.com pouco ou nenhum fino.
		Pedregulho com finos	GM	Pedregulhos siltosos ou misturas de ped.areia e silte.
			GC	Pedregulhos argilosos, ou mistura de ped.areia e argila.
	Areias: 50% ou mais da fração graúda passando na peneira nº 4	Areias sem finos	SW	Areias bem graduadas ou areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.
			SP	Areias mau graduadas ou areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.
		Areias com finos	SM	Areias siltosas - Misturas de areia e silte.
			SC	Areias argilosas - Misturas de areia e argila.
SOLOS DE GRADUAÇÃO FINA: 50% ou mais passando pela peneira nº 200	SILTES e ARGILAS com LL ≤ 50	ML	Siltos inorgânicos - Areias muito finas - Areias finas siltosas e argilosas.	
		CL	Argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade - Argilas pedregulhosas, arenosas e siltosas.	
		OL	Siltos orgânicos - Argilas siltosas orgânicas de baixa plasticidade.	
	SILTES e ARGILAS com LL > 50	MH	Siltos - Areias finas ou siltos micáceos - Siltos elásticos.	
		CH	Argilas inorgânicas de alta plasticidade.	
		OH	Argilas orgânicas de alta e média plasticidade.	
	Solos Altamente Orgânicos		PT	Turfas e outros solos altamente orgânicos.

Figura 31 - Sistema unificado de classificação de solos

Fonte: DNIT (2006)

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - NBR – 7181				
Φ peneira (mm)	massa retirada (g)	% retida em cada peneira	% retida acumulada	% que passa em cada peneira
25,4	0	0,00	0,00	100,00
9,5	69	8,98	8,98	94,58
4,8	277,3	36,07	45,04	78,58
2	165,9	21,58	66,62	55,28
1,19	27,2	3,54	70,16	43,16
0,6	22,7	2,95	73,11	37,46
0,42	30,8	4,01	77,12	33,25
0,25	63,5	8,26	85,38	23,34
0,15	83,8	10,90	96,28	15,85
0,074	28,6	3,72	100,00	9,27
Σ	768,8	100,00		

Tipos Peneiras	Para N > 5 x 10 ⁶			Para N < 5 x 10 ⁶			Tolerâncias da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
	% em peso passando						
2"	100	100	-	-	-	-	±7
1"	-	75-90	100	100	100	100	±7
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	±7
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	±5
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	±5
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	±2
Nº 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	±2

Tabela 6 – Faixas Granulométricas

Na figura 32 pode-se visualizar o comportamento da curva granulométrica do solo, observando que ambas se localizam dentro dos limites da faixa F, adequado para rodovias com $N < 5 \times 10^6$, material empregado para base com $ISC \geq 80\%$ e a faixa granulométrica F, já citada. Ressalvadas as tolerâncias de ± 7 previstas na referida especificação de serviço.

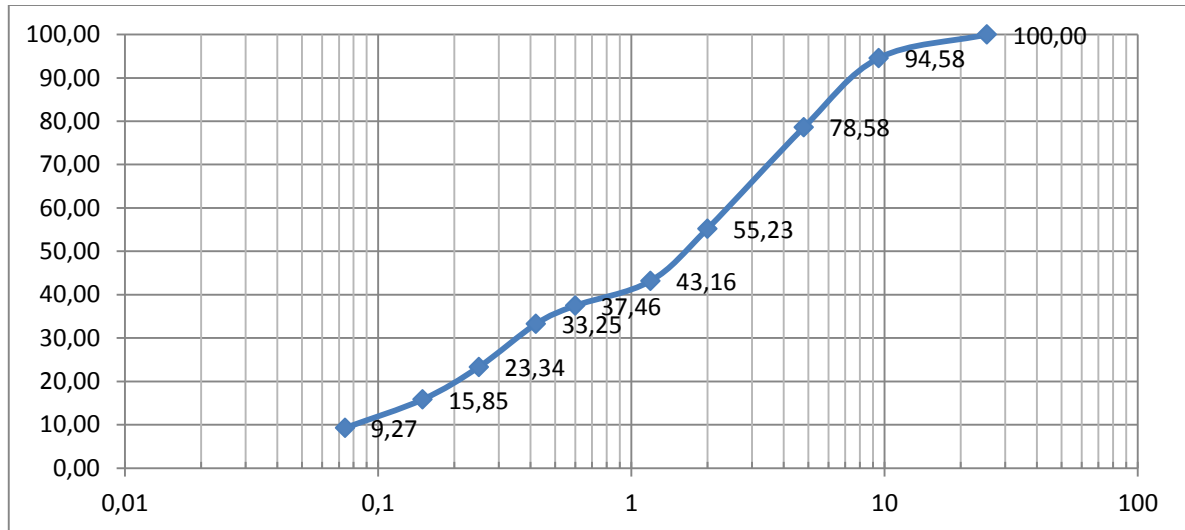


Figura 32. Curva de Granulometria do solo.

4.3 Massa Específica do solo

Quadro 07: Massa específica - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508

MASSA ESPECÍFICA - Grãos que passam na # 4,8mm - NBR-6508				Observações Gerais A massa específica do solo em questão foi obtida a partir de amostra seca em estufa a 105°C
Picnômetro Nº	#	1	2	
Teor de Umidade	(%)			
Massa Solo Úmido	(g)	76,4	76,8	
Massa Picnômetro+Solo+Água, T°C de Ensaio	(g)	661,80	664,00	
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	631,00	633,00	
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24	
Massa Solo Seco	(g)	50,00	50,00	
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm ³)	0,9981	0,9981	
Massa Específica dos Grãos	(g/cm ³)	2,60	2,63	
Massa Específica dos Grãos Média	(g/cm ³)	2,62		

Fonte: Autor

O ensaio é considerado satisfatório se a discrepância dos valores for menor que 2%. No caso do solo analisado, o resultado é considerado satisfatório, pois os resultados das duas amostras foram iguais, assim não tendo a discrepância de mais de 2%, conforme dados apresentados no quadro 07.

4.3 Levantamento Visual Contínuo

A avaliação do Pavimento através do LVC, possibilitou a identificação dos trechos mais críticos da rodovia, que como demonstra o quadro 08 a seguir, foram nos 20 quilômetros iniciais da faixa direita da rodovia sentido Porto Nacional – Brejinho de Nazaré. Os trechos considerados críticos foram aqueles que receberam conceito Péssimo (E) e Ruim (D), considerando os valores do IDS e VSA na composição do ICF e determinação do conceito, conforme orienta a instrução de projeto do DER/SP através da tabela de Classificação Funcional do Pavimento.

Quadro 08: Trechos críticos, conceito Péssimo (E) e Ruim(D) - Faixa Direita.

Segmento			VSA	IDS	ICF	Conceito
Hodômetro(Km)						
Início	Fim	Ext.(Km)				
0	1	1	1	421	8	E
1	2	1	1	424	8	E
2	3	1	1	424	8	E
3	4	1	1,5	374	8	E
4	5	1	1	424	8	E
5	6	1	1,5	364	8	E
6	7	1	2	349	8	E
7	8	1	2	349	8	E
8	9	1	1,5	399	8	E
9	10	1	2	331	8	E
10	11	1	2	346	8	E
11	12	1	2	346	8	E
12	13	1	1	446	8	E
13	14	1	1,5	396	8	E
14	15	1	2	364	8	E
15	16	1	2	364	8	E
16	17	1	2	364	8	E
17	18	1	2	364	8	E
18	19	1	3	203	4	C
19	20	1	3	363	7	D

Fonte: Autor

Tabela 07: Classificação Funcional do Pavimento.

Descrição		ICF	Código	Conceito
IDS < 65	VSA > 4,0	0	A	Ótimo
	VSA ≤ 4,0	1	B	Bom
65 ≤ IDS < 160	VSA > 3,5	2		
	VSA ≤ 3,5	3	C	Regular
160 ≤ IDS < 300	VSA > 2,5	4		
160 ≤ IDS < 300	VSA ≤ 2,5	5	D	Ruim
300 ≤ IDS < 530	VSA > 2,5	7		
	VSA ≤ 2,5	8	E	Péssimo
IDS ≥ 530	10			

Fonte: DER/SP

As planilhas, em anexo, apresentam a avaliação geral da rodovia em ambos os sentidos, com as definições dos valores do VSA, IDS e ICF, onde os valores atribuídos ao VSA - Conceitos para Valor de Serventia Atual foram determinados de acordo com os conceitos ilustrados na Tabela 08 apresentada na seqüência.

Tabela 08 – Conceitos para Valor de Serventia Atual – VSA

Conceito	Descrição	VSA
Ótimo	Necessita apenas de manutenção rotineira.	VSA > 4,0
Bom	Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas. A solução recomendada de restauração é a aplicação de lama asfáltica ou microconcreto asfáltico.	3,0 < VSA ≤ 4,0
Regular	Pavimento trincado, com painelas pouco freqüentes e com irregularidade longitudinal ou transversal. A solução recomendada de restauração é a correção de pontos localizados ou recapeamento.	2,0 < VSA ≤ 3,0
Mau	Defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas com remendos superficiais ou profundos. A solução recomendada de restauração é o recapeamento com correções prévias.	1,0 < VSA ≤ 2,0
Péssimo	Defeitos localizados com correções prévias em toda a extensão. Deterioração do revestimento e das demais camadas, infiltração de água e descompactação da base. A solução recomendada é a reconstrução.	VSA ≤ 1,0

Fonte: DER/SP

O cálculo do IDS foi realizado conforme orientação da instrução de projeto do DER/SP, na qual o cálculo do IDS - Índice de Defeito de Superfície é determinado pela somatória da ponderação das frequências e pesos dos defeitos individuais obtidos no levantamento, utilizando-se a equação apresentada a seguir.

$$IDS = \sum (F_i \times P_i) + \sum (N_j \times P_j) \quad \text{[III]}$$

Onde:

F_i: frequência individual dos seguintes defeitos: trincamento, flecha na trilha de roda, desgaste, ondulação e exsudação;

P_i: peso individual dos seguintes defeitos: trincamento, flecha na trilha de roda, desgaste, ondulação e exsudação;

N_j: número de ocorrências individual dos seguintes defeitos: panelas e remendos;

P_j: peso individual dos seguintes defeitos: panelas e remendos.

Com relação ao ICF - Índice de Condição Funcional, que varia de 0 a 10, este foi determinado a partir dos valores do IDS e do VSA, podendo assim determinar o conceito de cada trecho. O preenchimento do formulário de avaliação do pavimento, foi realizado de acordo com o fluxograma apresentado na figura 33

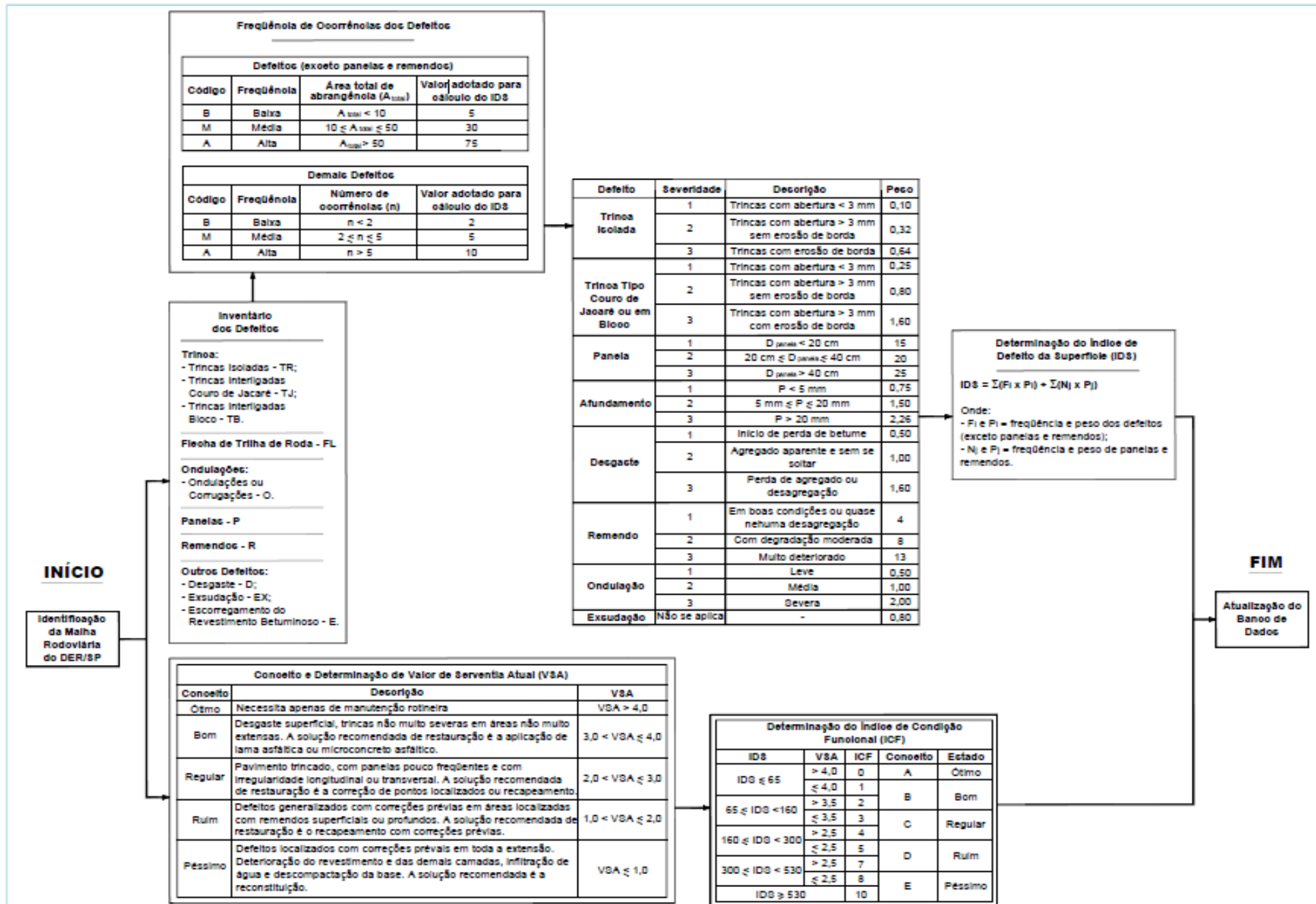


Figura 33: Fluxograma para avaliação do pavimento através do LVC.
Fonte: DER/SP

4.4 Caracterizações e Prováveis Causas das Manifestações Patológicas

Nessa etapa foi feito o levantamento de campo através de relatórios fotográficos, utilizando como base a Norma do DNIT 005/2003 - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos, a fim de identificar visualmente as manifestações patológicas encontradas no trecho estudado, caracterizá-las e desvendar as possíveis causas dos defeitos encontrados no decorrer do trecho. O relatório fotográfico foi feito nos dias 14 de Fevereiro de 2016, já no Mês de Abril foi feito um levantamento nos dias 16 e 17 de Abril. Algumas das imagens serviram como parâmetro de característica patológicas.

4.1.1. Panela/buraco

As causas do aparecimento da panela/buraco no trecho rodovia TO 070 são as mais variadas possíveis, segundo o DNIT, pode aparecer em qualquer área da superfície do revestimento. A figura 34 retrata uma caracterização da patologia conforme as especificações do DNIT.

Com base na figura 37, no trecho da rodovia, essa patologia pode ter atingido a camada de base do pavimento, provavelmente resultantes de trincamento por fadiga ou pela desintegração localizada na superfície do revestimento (consequência do desgaste).

Conforme a imagem já citada é possível perceber a existência de trincas interligadas – tipo couro de jacaré nas bordas do buraco, provavelmente as ações do tráfego ou intemperismo acarretaram o surgimento dessa patologia, uma vez que a rodovia não possui drenagem superficial.

A ação do tráfego ou fatores climáticos pode causar ou acelerar o processo evolutivo da patologia. Pois as trincas se interligam e formam placas com erosão nas bordas. As ações do tráfego causam o desprendimento dessas placas que vão, pouco a pouco, sendo arrancadas – formando buracos na superfície do revestimento.

Uma vez que o trecho não possui drenagem superficial, após a abertura do buraco, a água que antes infiltrava com dificuldade pela trinca, agora tem mais facilidade para atingir as camadas de base e subleito. Pois a água infiltra sobre pressão, carreando o material mais fino, agravando assim o problema.



Figura 34: Panela/Buraco - Rodovia TO-070.

Fonte: Autor - Dia 17 de Abril de 2016.

4.1.2. Trinca Longitudinal

As prováveis causas do aparecimento das trincas longitudinais, neste caso, curta por possuir comprimento inferior a 100 cm, podem ser causadas por contração ou movimento do subleito. Mas de acordo com a rodovia, conforme a figura 35 pode ter sido pela falha de execução, na mistura asfáltica ou envelhecimento ou endurecimento do asfalto.

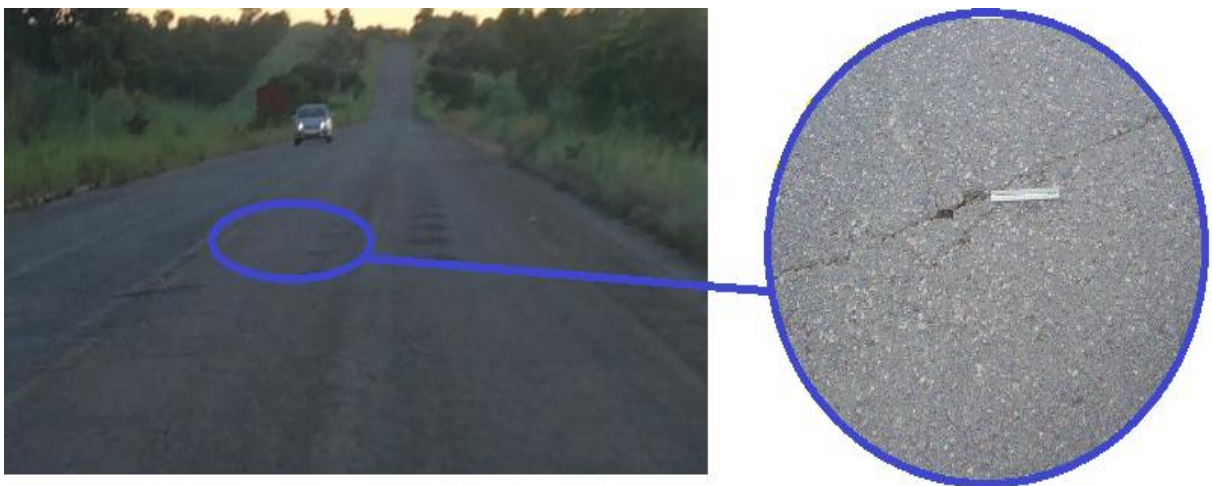


Figura 35: Trinca Longitudinal - Rodovia TO-070.

Fonte: Autor - Dia 17 de Abril de 2016.

4.1.3. Trinca Interligada - Tipo Couro de Jacaré

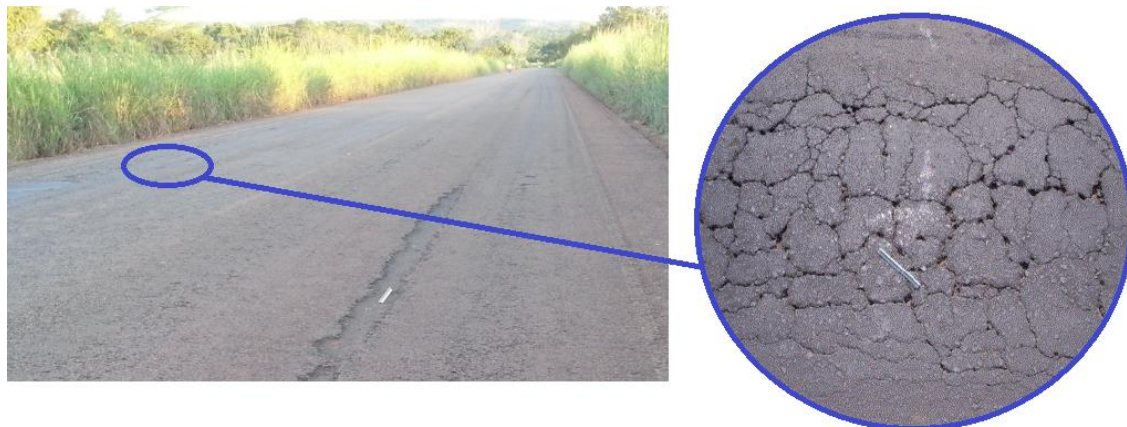


Figura 36: Trinca Interligada - Couro de Jacaré - Rodovia TO-070.

Fonte: Autor - Dia 17 de Abril de 2016.

As prováveis causas do surgimento das trincas interligadas - tipo couro de jacaré representada na figura 36 ocorre provavelmente devido à saturação na base, neste caso, o trecho da rodovia não possui drenagem, o que facilitaria a ocorrência das trincas.

Talvez esteja relacionada também a repetição das cargas do tráfego, uma vez que, estão localizadas nos trilhos de roda, local onde a foto foi tirada.

Outra possível causa das trincas interligadas tipo couro de jacaré, são a fadiga devido ao tráfego, pela ação de fatores como a variação de temperatura – na rodovia entre dois municípios possui altas temperaturas no verão –. Envelhecimento do ligante, ou seja, este trecho da rodovia possui mais de 10 anos. Espessura insuficiente, todo o trecho é revestido com Tratamento Superficial Duplo (TSD), caracterizado por espessuras de 2,5 cm. A figura 37 é caracterização da patologia de acordo com o DNIT.

4.1.4. Desgaste

A figura 38 representa o desgaste do revestimento, compreende na perda do agregado ou argamassa fina da camada de revestimento. Gera aspereza na superfície do pavimento com perda do envolvimento betuminoso, a figura 38 é uma caracterização da patologia segundo o DNIT.

As possíveis causas dessa patologia, de acordo com o manual de restauração do DNIT (2006), são:

- ✓ Redução da ligação entre o agregado e o ligante, devido à oxidação do ligante ou pela ação do tráfego e dos agentes intempéries;
- ✓ Na construção, pode ter tido a presença de poeira ou sujeira, que ocasionou na perda de coesão entre o agregado e ligante;
- ✓ Construção do pavimento sobre condições meteorológicas inadequadas (chuva);
- ✓ Presença de água no interior do revestimento, gerando pressões hidrostáticas, capazes de causar o deslocamento da película betuminosa;
- ✓ Deficiência localizada de ligante asfáltico, no caso dos tratamentos superficiais, por motivo de má regulação da barra espargidora ou entupimento dos bicos.

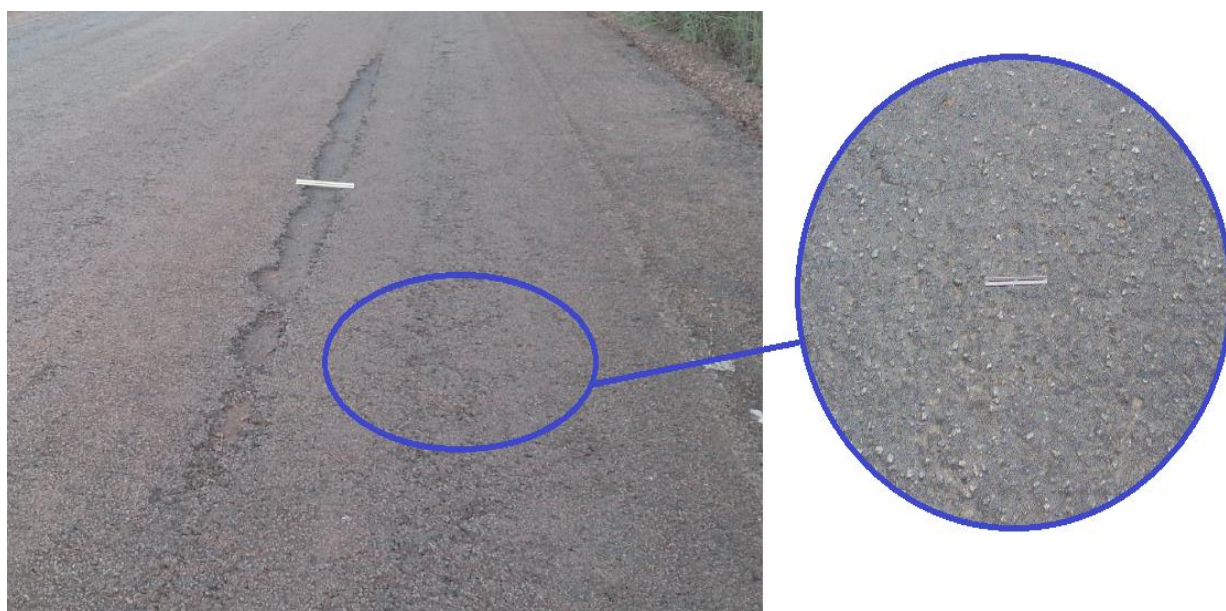


Figura 37: Desgaste do revestimento - Rodovia TO-070.

Fonte: Autor - Dia 17 de Abril de 2016.

Os remendos encontrados no trecho da rodovia estudada apresentam sinais de desgaste nas bordas, que somadas ao intemperismo e ações do tráfego podem resultar em fissuras, que com um tempo surgem novos buracos.

De acordo com a figura 38, é possível ver o tipo de remendo executado da operação “tapa-buraco” através da forma, uma vez que, a literatura exige que seja feito um corte retangular ao redor da panela/buraco, que neste caso, percebe-se que foi seguido o procedimento, devido à massa asfáltica apresentar formato retangular, conforme as setas indicadas na figura 38.



Figura 38: Remendos - Rodovia TO-070.

Fonte: Autor - Dia 17 de Abril de 2016.

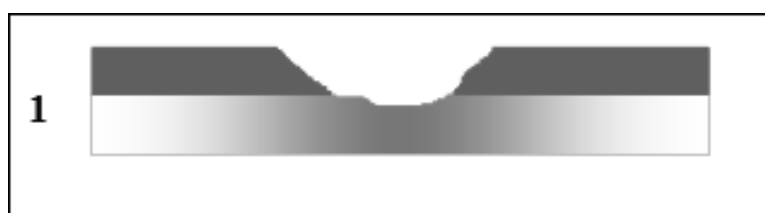
4.5 Possíveis Soluções

A melhor maneira de se conservar uma via, ou evitar o surgimento de patologias e agravamento delas é através da manutenção preventiva, hábito este não muito comum na Rodovia TO-070, entre Porto Nacional e Brejinho de Nazaré. Porém, quando necessário, é indicado realizar algumas operações para corrigir as patologias.

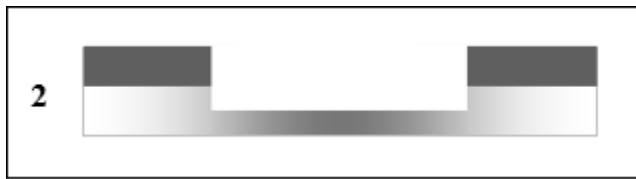
4.5.1 Remendos – Panela/buraco

É o conjunto de operações destinado a corrigir manifestações de ruína, podendo ocorrer tanto em nível de revestimento betuminoso, quanto, em casos extremos, na camada de base do pavimento. O procedimento correto para solução dessa patologia é conhecido como Remendo, e é executado da seguinte forma:

1. Corta-se o buraco em forma retangular, tornando as faces verticais;



2. Retira-se o material de base;



3. Pulveriza-se a cavidade com asfalto diluído;



4. Preencha-o com massa asfáltica (pré-misturada);



5. Compacta-se com rolo ou soquete até certa altura, de forma que a compactação adicional seja feita pelo tráfego;



6. Por último, sele 0,4 a 1,1 litros de asfalto. 5,5 a 13,5 quilos de agregado metro.

4.5.2 Contenção Lateral - Falhas no acostamento

Consiste na execução de contenção lateral, com intuito de evitar a deterioração do revestimento nas bordas, uma vez que, o trecho sem drenagem, meio fio e sarjeta, podem ser responsáveis pelo surgimento de novas, ou agravamento das patologias existentes.

4.5.3 Selagem de Trincas - Trinca Longitudinal e Transversal

Este procedimento consiste no enchimento manual de trincas e fissuras com material betuminoso, a fim de impedir a penetração da água para as camadas subjacentes. Após o preenchimento das fendas, é feito o recobrimento da superfície com capa selante.

Como essas deficiências são decorrentes da insuficiência de suporte, no caso do trecho, deve implantar um sistema de drenagem urgente.

4.2.4 Trinca Interligada – Tipo Couro de Jacaré

Para correção das trincas interligadas tipo couro de jacaré é usado um procedimento simples, de acordo com as possíveis causas da manifestação patológica, da seguinte forma:

- Verificar e corrigir falhas de drenagem;
- Aplica-se uma camada fina de asfalto líquido com cobertura;
- Dependendo da amplitude é necessário executar o remendo.

4.2.5 Recuperação Superficial – Desgaste

É o conjunto de operações destinadas a corrigir patologias superficiais, como fissuração e desagregação, rugosidade, desgaste, exsudação e eventualmente, pequenas deformações nos trilhos de roda. Nada mais é do que o recapeamento do trecho, usando espessuras finas de até 2,5 cm, normalmente usa-se lama asfáltica, conforme a figura 40.

Esse tipo de correção não vale para corrigir defeitos estruturais, somente superficiais. Destina-se a impermeabilização do revestimento, reduzir a perda de agregados, recuperar a rugosidade do revestimento desgastado pelas ações abrasivas do tráfego.



Figura 39: Execução de Recuperação Superficial – Recapeamento usando Lama asfáltica.

Fonte: <http://www.tribunamt.com.br/2011/08/topicos-731/> - Dia 18/03/2016, às 12h35min.

4.5.6 Reforço Estrutural

É o conjunto de operações destinadas a melhorar a capacidade estrutural do pavimento, são realizadas quando as operações corretivas mais simples não forem suficientes para conter o processo evolutivo de degradação do pavimento. Ou seja, quando o pavimento completa sua vida útil de projeto, o processo de degradação acontece de forma mais acelerada que o normal, fadigas e deformações não são facilmente corrigidos, gerando custo maior, se caso decidir usar correções de pequeno porte.

5. CONCLUSÃO

A realização deste trabalho possibilitou a determinação de um cenário claro e objetivo a respeito das manifestações patológicas presentes na rodovia TO-070.

A rodovia TO-070 que liga o município de Porto Nacional ao município Brejinho de Nazaré no Estado do Tocantins apresenta trechos em estado precário de conservação, com inúmeras patologias que precisam ser sanados, o reparo imediato se faz necessário em virtude da importância da rodovia na circulação de mercadorias e passageiros como rota alternativa no trajeto Palmas a Gurupi e vice-versa.

Conforme previsto no projeto executivo, a via é composta por pista simples, com apenas 2 faixas, uma em cada direção, em cada faixa de rolamento possui 3,50 m de largura e acostamento de 1,40 m que em virtude do estado precário em alguns pontos não é possível identificar o acostamento.

Com o registro fotográfico e o levantamento visual contínuo pode-se constatar que os trechos mais críticos da rodovia estão localizados nos 20 km iniciais da rodovia no sentido Porto Nacional a Brejinho de Nazaré, nos quais foram identificados grande quantidade de remendos, painelas e buracos. Foram identificados ainda as seguintes patologias: trincas, ondulações e desgaste do pavimento.

As causas apontadas para o surgimento das patologias mencionadas são resultantes de um trincamento por fadiga ou pela desintegração localizada na superfície do revestimento onde a ação do tráfego ou fatores climáticos pode causar ou acelerar o processo evolutivo das patologias, pois a água que antes infiltrava com dificuldade pela trinca, agora tem maior facilidade para atingir as camadas de base e subleito, carreando o material mais fino, e agravando assim o problema. Outro fator contributivo para o estado precário da rodovia está relacionado à vida útil de projeto estimada para 10 anos. Atualmente a rodovia possui 14 anos, sem que tenha recebido uma manutenção contínua, apenas manutenção corretiva após deterioração do pavimento, como demonstra as dimensões dos remendos identificados no trecho.

Com base na análise do pavimento e recomendações da norma 005/2003 do DNIT, pode-se adotar como soluções possíveis a reconstrução do pavimento nos trechos iniciais, os quais apresentam maior número de painelas, buracos e remendos. O reperfilamento dos trechos com maior intensidade de trincas e a manutenção preventiva contínua da rodovia.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros sugere-se que sejam realizados estudos de viabilidade econômica com os tipos de revestimentos indicados para pavimentos rodoviários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

BALBO, José Tadeu. **Estudo das Propriedades Mecânicas das Misturas de brita e Cimento e Sua Aplicação aos Pavimentos Semirrígidos**. 1993. 181 f. Tese de Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo: Plêiade, 1997. 103p.

BALBO , José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2007.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Manual de Pavimentação**, Brasília, DF, 2006. Disponível em:<http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf>.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação para engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008. 504p.

CNF – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias**. 2012. Disponível em: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Documents/Arquivos%202012/resumo_pd_2410.pdf>.

DER – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Avaliação de pavimentos flexíveis e semi-rígidos por meio de levantamento visual contínuo de defeitos de superfície**. São Paulo, 2006. 28p. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-P00-004_A.pdf>.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Pavimentação: sub-base estabilizada granulometricamente.** Rio de Janeiro, 1997. 7p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/ dner-es301-97.pdf>.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos:** procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 10p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT006_2003_PRO.pdf>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 – TER – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2003. 12 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (2003) **PRO 008 - Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirígidos.**

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Pavimentos flexíveis: reforço do subleito.** Rio de Janeiro, 2009. 7p. Disponível em: . Acesso em: 12 abr. 2013.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos.** LOCAL: Oficina de Textos, 2000. 247p.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis.** 2. ed. Rio de Janeiro: Copiarte, 2002. 259p.

PREGO, A. S. S. **A memória da pavimentação no Brasil.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação.** 1. ed. São Paulo: Pini, 2001. 671p. v. 2.

SENÇO, W. (2007). **Manual de Técnicas de Pavimentação** Vol. 1 – 2. ed. ampl - PINI -SP.

ANEXOS

Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos por meio do Levantamento Visual Contínuo de Defeitos da Superfície - Planilha de Avaliação do Pavimento

Rodovia: TO-070

Km inicial: 0,0

Pista (Simples ou Dupla): Simples

Velocidade Permitida: 40 km/h

Avaliador: Jailson Ferreira Carneiro

Sentido: P. Nacional - Brejinho de Nazaré

Km final: 34,6

Faixa (Direita ou Esquerda): DIREITA

Situação do Trecho:

Data: 17/04/2016

Segmento			Frequência de Defeitos										VSA	IDS	ICF	Conceito	Característica do Trecho						Acostamento			Observação				
Hodômetro (Km)			Trincas (A,M,B/1,2,3)			Outros Defeitos (A,M,B/1,2,3)				EX	E	Revest.					Relevo				Sinuosidade		Degrau				Largura (m)	Material	Conceito	
Início	Fim	Ext.	TR	TJ	TB	FL	O	P	R								D	P	O	M	S	B	A	-	B				A	R
0	1	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	B-2	-	-	1	421	8	E	TSD	X			X			X		1,4	TS		X	-
1	2	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	A3	-	-	1	424	8	E	TSD	X			X			X			MI	X		Sem Acost.
2	3	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	A3	-	-	1	424	8	E	TSD	X			X			X			MI	X		Sem Acost.
3	4	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A3	A3	-	-	1,5	374	8	E	TSD	X			X			X			MI	X		Sem Acost.
4	5	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	A3	-	-	1	424	8	E	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
5	6	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A2	MB	-	-	1,5	364	8	E	TSD			X			X			MI	X		Sem Acost.	
6	7	1	B2	B2	-	-	M1	A2	A2	MB	-	-	2	349	8	E	TSD			X			X		1,4	MI		X		-
7	8	1	B2	B2	-	-	M1	A2	A2	MB	-	-	2	349	8	E	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
8	9	1	B2	B2	-	-	M1	A2	A3	MB	-	-	1,5	399	8	E	TSD			X			X		1,4	TS	X			-
9	10	1	B2	B2	-	-	M1	A2	A2	M2	-	-	2	331	8	E	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
10	11	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A2	M2	-	-	2	346	8	E	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
11	12	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A2	M2	-	-	2	346	8	E	TSD	X					X			MI	X			-
12	13	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	M2	-	-	1	446	8	E	TSD			X			X		1,4	TS	X			-
13	14	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A3	M2	-	-	1,5	396	8	E	TSD	X					X		1,4	TS	X			-
14	15	1	B2	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	2	364	8	E	TSD	X					X		1,4	TS		X		-
15	16	1	B2	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	2	364	8	E	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
16	17	1	B2	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	2	364	8	E	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
17	18	1	B2	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	2	364	8	E	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
18	19	1	B1	-	-	-	B1	B2	A3	M2	-	-	3	203	4	C	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
19	20	1	B1	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	3	363	7	D	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
20	21	1	B2	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14,6	1	B	TSD	X					X		1,4	TS		X		-
21	22	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD	X					X		1,4	TS		X		-
22	23	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD	X					X		1,4	TS		X		-
23	24	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
24	25	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
25	26	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD	X					X		1,4	TS		X		-
26	27	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD	X					X		1,4	TS		X		-
27	28	1	B2	-	-	-	M2	B1	B1	B1	-	-	3,5	72,1	1	B	TSD	X					X		1,4	TS	X			-
28	29	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
29	30	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
30	31	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
31	32	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
32	33	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	13,5	1	B	TSD			X			X		1,4	TS		X		-
33	34,6	1	B2	-	-	-	M2	B1	B1	B1	-	-	3,5	72,1	3	C	TSD			X			X		1,4	TS		X		-

Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos por meio do Levantamento Visual Contínuo de Defeitos da Superfície - Planilha de Avaliação do Pavimento

Rodovia: TO-070

Km inicial: 0,0

Pista (Simples ou Dupla): Simples

Velocidade Permitida: 40 km/h

Avaliador: Jailson Ferreira Carneiro

Sentido: Brejinho de

Km final: 34,6

Faixa (Direita ou Esquerda): ESQUERDA

Situação do Trecho:

Data: 17/04/2016

Nazaré - P. Nacional

Segmento			Frequência de Defeitos											VSA	IDS	ICF	Conceito	Característica do Trecho					Acostamento				Observação		
Hodômetro(Km)			Trincas (A,M,B/1,2,3)			Outros Defeitos (A,M,B/1,2,3)					Revest.	Relevo						Sinuosidade		Degrau		Largura (m)	Material	Conceito					
Início	Fim	Ext.	TR	TJ	TB	FL	O	P	R	D		EX	E					P	O	M	S			B	A	-		B	A
0	1	1	B2	-	-	-	M2	B1	B1	B1	-	-	4	72	3	C	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
1	2	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14	1	B	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
2	3	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14	1	B	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
3	4	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14	1	B	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
4	5	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14	1	B	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
5	6	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14	1	B	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
6	7	1	B2	-	-	-	M2	B1	B1	B1	-	-	4	72	1	B	TSD	X			X		X		1,4	TS	X	-	
7	8	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14	1	B	TSD	X			X		X		1,4	TS		X	-
8	9	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14	1	B	TSD	X			X		X		1,4	TS		X	-
9	10	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14	1	B	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
10	11	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	4	14	1	B	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
11	12	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	3,5	14	1	B	TSD	X			X		X		1,4	TS		X	-
12	13	1	B1	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	3,5	14	1	B	TSD	X			X		X		1,4	TS		X	-
13	14	1	B2	-	-	-	B1	-	B1	B1	-	-	3,5	15	1	B	TSD	X			X		X		1,4	TS		X	-
14	15	1	B1	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	3	363	7	D	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
15	16	1	B1	-	-	-	B1	B2	A3	M2	-	-	3	203	4	C	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
16	17	1	B2	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	3	364	8	E	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
17	18	1	B2	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	3	364	8	E	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
18	19	1	B2	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	3	364	8	E	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
19	20	1	B2	-	-	-	B1	A2	A3	M2	-	-	3	364	8	E	TSD	X			X		X		1,4	TS		X	-
20	21	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A3	M2	-	-	2	396	8	E	TSD	X			X		X		1,4	TS	X		-
21	22	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	M2	-	-	2,5	446	8	E	TSD		X	X		X		1,4	TS	X		-	
22	23	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A2	M2	-	-	3	346	8	E	TSD	X			X		X			MI	X		-
23	24	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A2	M2	-	-	2,5	346	8	E	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
24	25	1	B2	B2	-	-	M1	A2	A2	M2	-	-	3,5	331	8	E	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
25	26	1	B2	B2	-	-	M1	A2	A3	M3	-	-	2,5	399	8	E	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
26	27	1	B2	B2	-	-	M1	A2	A2	M3	-	-	3	349	8	E	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
27	28	1	B2	B2	-	-	M1	A2	A2	M3	-	-	3	349	8	E	TSD		X	X		X		1,4	MI		X	-	
28	29	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A2	M3	-	-	2,5	364	8	E	TSD		X	X		X			MI	X		Sem Acost.	
29	30	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	A3	-	-	3	424	8	E	TSD		X	X		X		1,4	TS		X	-	
30	31	1	B2	B2	-	-	M2	A2	A3	A3	-	-	2,5	374	8	E	TSD	X			X		X			MI	X		Sem Acost.
31	32	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	A3	-	-	2,5	424	8	E	TSD	X			X		X			MI	X		Sem Acost.
32	33	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	A3	-	-	2,5	424	8	E	TSD	X			X		X			MI	X		Sem Acost.
33	34,6	1	B2	B2	-	-	M2	A3	A3	B-2	-	-	2,5	424	8	E	TSD	X			X		X		1,4	TS		X	-

Planilha 02: LVC faixa esquerda.