

UNIVERSIDADE TIRADENTES

ADRIELLY AMARAL DOS SANTOS

BRÁULIO WENDEL DOS SANTOS

AVALIAÇÃO FUNCIONAL OBJETIVA DE
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NA CIDADE ARACAJU

ARACAJU

2018

ADRIELLY AMARAL DOS SANTOS

BRÁULIO WENDEL DOS SANTOS

AVALIAÇÃO FUNCIONAL OBJETIVA DE
PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NA CIDADE ARACAJU

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Tiradentes – UNIT, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

ROBSON RABELO DE SANTANA

ARACAJU

2018

ADRIELLY AMARAL DOS SANTOS

BRÁULIO WENDEL DOS SANTOS

AVALIAÇÃO FUNCIONAL OBJETIVA DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NA
CIDADE ARACAJU

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao curso de Engenharia
Civil da Universidade Tiradentes – UNIT,
como requisito parcial para obtenção do
grau de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovados em ____/____/____

Banca Examinadora

M.a Juliane Apolinário da Silva

M.e Robson Rabelo De Santana

M.e Vitor Manuel de Queiroz Lourenço

Dedicamos essa vitória a Antônio Sérgio Amaral dos Santos
pelo seu apoio incondicional e incompreensível,
sua bondade nos é permitida sentir nos mínimos detalhes
e à Maria das Dores dos Santos pela sua força imensurável,
vencendo cada obstáculo de forma magistral
e certamente vencerá mais este.

*“O sucesso não consiste em não errar,
mas em não cometer os mesmos equívocos mais de uma vez.”*

George Bernard Shaw

RESUMO

O pavimento asfáltico é uma estrutura de sobreposição de camadas, podendo ser camadas somente granulares ou com misturas cimentícias. Por conter essa configuração dependente do pleno desempenho do conjunto, que se torna necessária uma boa qualidade dos materiais a ser utilizados e uma execução adequada, para não haver defeitos, assim deteriorando o pavimento e sendo preciso avaliar suas características e prováveis causas. Com o objetivo de identificar visualmente os defeitos existentes nos pavimentos flexíveis das principais vias do município de Aracaju, capital do estado de Sergipe, foi realizada uma coleta de dados em 10 avenidas, dispostas por todas as zonas da cidade, totalizando 5,2km de extensão em trechos, visando a sua importância para a mobilidade urbana, seu acionamento por veículos pesados e intenso tráfego nos horários de pico. Após visitas e constatações dos defeitos das vias, foi preenchido o Inventário do Estado da Superfície do Pavimento, onde se contabilizam os defeitos de acordo com a sua importância através de um fator de ponderação, formando um Índice de Gravidade que proporciona um padrão para a comparação com qualquer outra via em todo território nacional. Por fim, foram obtidos resultados preocupantes, com 50% do conceito péssimo, 40% ruim e 10% regular, não obtendo nenhum resultado positivo nas vias avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: defeito; pavimento asfáltico; Aracaju.

ABSTRACT

The asphalt pavement is a structure of layer overlays, which can be only granular layers or with cementitious mixtures. Because this configuration depends on the full performance of the assembly, it becomes necessary a good quality of the materials to be used and an adequate execution, to avoid defects, thus deteriorating the pavement and being necessary to evaluate its characteristics and probable causes. With the objective of visually identifying the defects in the flexible pavements of the main roads of the city of Aracaju, capital of the state of Sergipe, a data collection was carried out in 10 avenues, arranged by all zones of the city, totaling 5.2 km in length in sections, aiming at its importance for urban mobility, its activation by heavy vehicles and intense traffic at peak times. After visits and discoveries of the defects of the roads, the Inventory of the State of the Surface of the Pavement was completed, where the defects are accounted for according to their importance by means of a weighting factor, forming a Severity Index that provides a standard for the comparison with any other route throughout the national territory. Finally, there were worrying results, with 50% of the concept being poor, 40% bad and 10% regular, and did not obtain any positive results in the evaluated routes.

KEYWORDS: defect; asphalt pavement; Aracaju.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVO GERAL	13
1.1.1. Objetivos Específicos	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÃO DOS MODAIS DE TRANSPORTES	15
2.2. PAVIMENTO	18
2.2.1. Tipos De Pavimentos	20
2.3. DEFEITOS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMIRRÍGIDOS	28
2.3.1. Fenda	30
2.3.1. Afundamento	33
2.3.3. Ondulação ou Corrugação	34
2.3.4. Escorregamento	35
2.3.5. Exsudação	35
2.3.6. Desgaste	36
2.3.7. Panela ou buraco	36
2.3.8. Remendo	37
2.4. COMO OS DEFEITOS ACELERAM A DEGRADAÇÃO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO	37

2.5. TIPOS DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS	39
2.6.1. Avaliação Funcional	39
2.6.1.1. Avaliação Funcional De Pavimentos Flexíveis E Semirrígidos	40
2.6.1.2. Avaliação Funcional De Pavimentos Rígidos	42
2.6.2. Avaliação Estrutural	44
2.6.2.1. Avaliação Estrutural De Pavimentos Flexíveis E Semirrígidos	45
2.7. AVALIAÇÃO FUNCIONAL OBJETIVA EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL	47
3. MATERIAIS E MÉTODOS	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
5. CONCLUSÃO	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

1. INTRODUÇÃO

O abastecimento de grande parte dos segmentos mercantes e industriais no Brasil é feito através do modal rodoviário, modo esse que sobrevive com imensas dificuldades de conservação, encarecendo e retardando toda a operação, tornando-se assim o mais utilizado, porém o mais ineficaz dentre todos os modais viários. Mesmo com o seu valor nítido, o modal rodoviário está em condições insatisfatórias, tendo em sua maioria, classificações de ruim a péssimo, incompatíveis se comparado ao seu nível de importância.

Diante de tal importância desse modal torna-se necessário um sistema de acompanhamento da vida útil dos pavimentos asfálticos, de modo que se tenha uma serventia adequada durante o tempo estipulado em projeto. Dentre os fatores que influenciam na vida útil destacam-se a construção e manutenção de acordo com fatores estipulados em projeto, bem como o controle dos carregamentos que as vias estarão submetidas.

As manutenções e correções que visam prolongar a vida de projeto são executadas quando da observação que os pavimentos estão apresentando alguns tipos de defeitos, considerando que tal avaliação seria imprecisa apenas por parâmetros visuais qualitativos, é que se desenvolveram métodos de avaliação dos pavimentos. De forma geral, podem-se agrupar tais avaliações em funcional onde é avaliada a sua condição de conforto e camada superficial do pavimento asfáltico e a Avaliação Estrutural, onde se podem retirar amostras para melhores análises de todas as camadas constituintes, visando sua qualidade de material pré-existente, seu estado de conservação e suas patologias.

Dependendo de variáveis como carregamento, volume, disposição de material, tipo de subleito, entre outros, poderá se optar por rígidas, semirrígidas e flexíveis. Sendo cada tipo de pavimento em função dos tipos de camadas e revestimento empregados.

A execução de um pavimento flexível está sujeita a diversas variáveis, que necessitam de conhecimento técnico especializado como: compactação correta das camadas granulares; dosagem adequada do ligante, controle de temperatura de usinagem e compactação, podendo apresentar inúmeros problemas na superfície e nas camadas abaixo.

Pavimentos flexíveis são conhecidamente os mais empregados no Brasil, principalmente em vias de baixo volume de tráfego, Aracaju segue o mesmo panorama nacional, motivo pelo qual necessita de estudos aprofundados na área.

1.1. OBJETIVO GERAL

Apontar os defeitos ocorridos nos principais pavimentos flexíveis da cidade de Aracaju, bem como determinar os Índices de Gravidade Globais de trecho dessas vias.

1.1.1. Objetivos Específicos

- i. Identificar os principais defeitos de superfície presentes nos pavimentos asfálticos;
- ii. Estabelecer as possíveis causas dos defeitos notados;
- iii. Determinar através do IGG, de forma objetiva a situação das principais vias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico contém os fundamentos base para a construção deste TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), fazendo o uso das fontes bibliográficas para o embasamento teórico do trabalho.

2.1. CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÃO DOS MODAIS DE TRANSPORTES

O Brasil está em décima colocação quando se trata de Produto Interno Bruto (PIB) e um dos 20 maiores exportadores de todo o mundo, mas o seu papel no mercado internacional poderia ser mais grandioso que os números mostram, pelo seu enorme potencial, reconhecido por todos os países, mas não consegue expressar pelas problemáticas internas, fazendo o sistema desacelerar (ERHART; PALMEIRA, 2006).

Dentre os principais motivos estão: a excessiva burocracia brasileira, a falta de investimentos em tecnologia, a deficiência na educação e a infraestrutura inadequada e insuficiente, fator esse que aumenta ainda mais a sua distância entre os demais países na corrida comercial.

Segundo Erhart e Palmeira (2006), a infraestrutura como já foi citada, retarda muito a economia brasileira, e não há um atenção e suporte especial para esse modal, mas por ser o modal mais barato entre os demais por conterem a

menores taxas de frete, acaba causando transbordo na procura do transporte terrestre.

Estima-se de acordo com a Embrapa, que somente em grão de soja, o Brasil produza 116,996 milhões de toneladas por ano, colocando-se em segundo lugar no ranking mundial de produtores de soja, que são transportadas pelas rodovias para exportação ou consumo interno. Mas as perdas somam em média 1,736% nas vias todos os anos no Brasil, totalizando 2,03 milhões de toneladas perdidas, números mais alarmantes e reforçando o quanto a concepção de olhares mais técnicos se torna imperativa (PÉRA, 2017).

São cinco os modais de transportes existentes, conforme mostrado no Gráfico 1, com 61,1% de toda a movimentação do país pelas vias terrestres que se trata do modal rodoviário, responsável pelo transporte de baixo custo dentre todos e o que menos precisa de investimento para conseguir transportar, sendo limitado no quesito capacidade de carga pelo estado de conservação das estradas, no quesito tempo nos casos de cargas perecíveis e vivas.

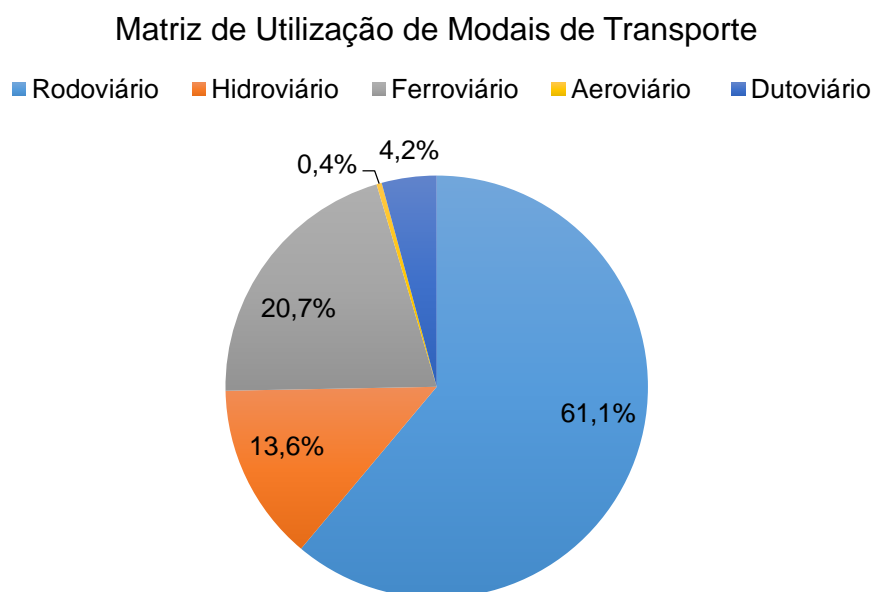


Gráfico 1: Matriz de Utilização de Modais de Transporte

Fonte: Adaptado de CNT, 2014

Atualmente conta com 1,72 milhões de quilômetros de vias e rodovias do país, colocando o Brasil em quarta colocação no quesito extensão rodoviária, apenas 12,4% de todo o total é pavimentada, segundo o mais recente estudo feito pela Confederação Nacional de Transportes, o colocando na colocação 111^a, de um levantamento realizado pelo Fórum Econômico Mundial com 138 países visando a competitividade global em termos de qualidade da infraestrutura rodoviária (CNT, 2016).

Já o modal ferroviário com 20,7% é o segundo mais utilizado no Brasil, principalmente para transportar altas cargas por grandes distâncias, o transporte de passageiros também é alta nos estados onde os metrô, trens e Veículo Leve sob Trilhos, denominado VLT, assim desafogando as linhas de ônibus urbanos.

Com 30 mil quilômetros de extensão total, enfrenta problemas na manutenção dos seus trilhos, que são preparações para os trilhos não deformarem com a tamanha carga que transporta, falta de investimentos na expansão da malha férrea e necessidade de outros modais por seu destino ser fixo, para que sua carga chegue até o determinado destino (RIBEIRO; FERREIRA, 2002).

Diferentemente do modal hidroviário que conta com 13,6% de toda a movimentação de pessoas e cargas, sendo a principal responsável pela grande parte das importações recebidas pelo Brasil, sendo amplamente utilizada por outros países pela diversidade de carregamento que se pode utilizar e pela alta capacidade de carga suportada. Não sofre com congestionamento, mas não tem uma boa velocidade de transporte, sendo indicado para cargas perecíveis e com baixo valor agregado, porém utilizado para cargas importadas de alto valor (FEARP, 2015).

A maior problemática deste modal é a burocracia massiva nos portos, pela falta de investimento no contingente e automação dessa recepção das mercadorias, atrasando todo o cronograma e muitas vezes ficando retida até a normalização da carga, que segundo estudos faz as grandes multinacionais ponderar a exportação para o Brasil (FEARP, 2015).

A inexistência de trânsito faz os modais aeroviário e dutoviário atraentes, assim agilizando todo o processo, em contrapartida a inflexibilidade de percurso e a necessidade de outros modais para chegar ao destino final os tornam custosos, no caso do aeroviário o fator se agrava por ter uma limitação de carregamento muito maior que os demais (CNT, 2016).

2.2. PAVIMENTO

Pavimento é a superestrutura constituída por camadas finitas, apoiado sob o terreno de fundação ou infraestrutura, denominada subleito. Estrutura de múltiplas camadas destinada a resistir aos esforços provindos do tráfego e do clima, e melhorar o desempenho nas condições de rolamento, economia, conforto e segurança (DNIT, 2006).

Os pavimentos asfálticos são aqueles que são compostos por agregados e ligantes asfálticos. Tem em sua constituição camadas de base, sub-base, reforço do subleito e a camada asfáltica que se encontra sob todas estas, formando a estrutura de pavimentos flexíveis – Figura 1. A camada asfáltica pode ser composta por camada

de rolamento estando em contato direto com as rodas dos veículos ou binder, que é a camada de ligação ou intermediária (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Bernucci *et al.* (2008) comenta sobre a ausência de algumas das camadas nas estruturas de pavimentos, relacionando ao tráfego e a falta de materiais disponíveis. E o DNIT (2004) afirma a intercalação de uma sub-base entre a placa de concreto e o subleito, através dessa ausência, com o intuito de combater aos esforços oriundos do tráfego, formando assim estrutura de pavimentos rígidos, como mostrado na Figura 1.2.

A gerência de pavimentos serve de modo a melhorar a condição de desempenho do mesmo em um nível adequado de serviço. Além da gerência, tem-se a reabilitação de pavimentos que tem como objetivo manter o nível adequado de funcionamento, onde pode ser direcionado com a avaliação estrutural e funcional do pavimento (COELHO, 2009)

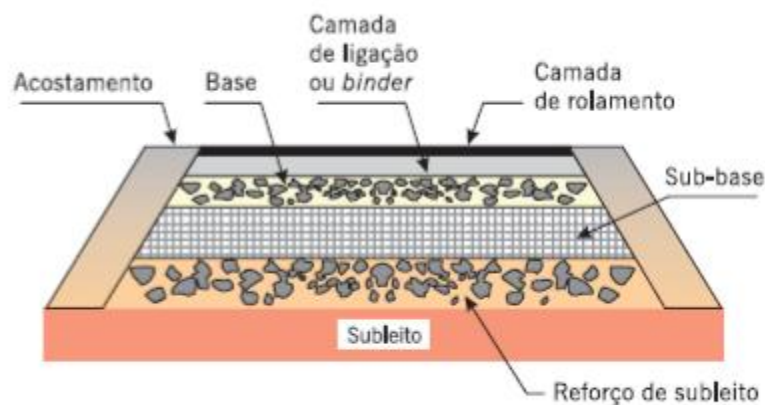


Figura 1: Pavimento Flexível – corte transversal

Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008

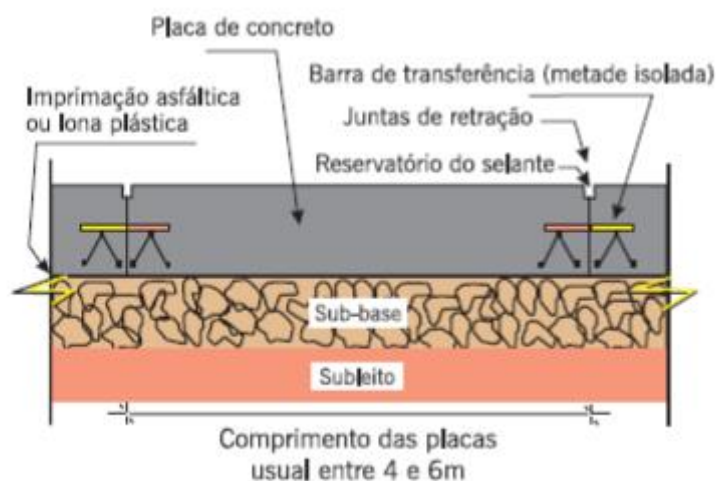


Figura 1.2: Pavimento Rígido – corte longitudinal

Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008

2.2.1. Tipos De Pavimentos

O pavimento flexível através do carregamento aplicado se deforma elasticamente, distribuindo as cargas em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Caracterizado de uma base cimentada com algum tipo de aglutinante com propriedades cimentíficas, os semirrígidos são constituídos com uma camada cimentada revestida por uma camada asfáltica. No entanto, os pavimentos rígidos agem com mais eficiência, absorvendo praticamente todas as tensões aplicadas em sua superfície, por conter um revestimento de alta rigidez relacionado as camadas inferiores (DNIT, 2006).

2.2.1.1. Pavimentos Flexíveis, Semirrígidos e Rígidos

Segundo Medina (1997) citado por Bernucci *et al.* (2008), o objetivo da mecânica de pavimentos tem por meio à combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes de modo a limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento e assim obter um bom desempenho nas funções das camadas de base, sub-base e reforço do subleito.

Os pavimentos flexíveis associados aos pavimentos asfálticos, são constituídos de uma camada superficial asfáltica que é o revestimento, sobreposta uma camada de base, sub-base, e reforço de subleito constituídas por materiais granulares, sem nenhum agente cimentante. Os semirrígidos tem a característica de uma base cimentada com algum tipo aglomerante (aditivo), material de construção civil, para ligar as partículas entre si e ainda assim são revestidos por uma camadas asfáltica como mencionado no item 2.2.1 (BERNUCCI, 2008; DNIT, 2006).

De acordo com o DNIT (2006), o pavimento rígido além de conter uma estrutura que o diferencia dos flexíveis e semirrígidos, tem uma camada que funciona tanto como revestimento, como também funciona como camada estrutural do pavimento. Sendo esta camada contida com uma mistura relativamente rica de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água, onde está distribuída numa camada devidamente adensada.

Subleito é terreno de fundação preparado para receber o pavimento industrial e a sub-base são elementos estruturais entre o piso de concreto e o subleito, responsáveis pela transferência de cargas oriundas do piso para o terreno de fundação (LEVY, 2010).

De acordo com o Manual de Pavimentação – DNIT (2006), as bases e sub-base podem ser divididas em dois grandes grupos: granulares e estabilizadas com aditivos:

- a) granulares – são sempre flexíveis e estabilizadas granulometricamente por compactação de uma material ou uma mistura de materiais que apresentem as especificações adequadas como a granulometria apropriada e com específicos índices geotécnicos. Os macadame hidráulico é uma brita aberta de tipo especial, que após a sua compressão tem seus vazios preenchidos por uma matéria constituído de finos de britagem e até mesmo solo que de granulometria e de plasticidade adequada.
- b) estabilizadas com aditivos – quase todas as camadas têm processos tecnológicos e construtivos parecidos com os das camadas granulares, diferentes apenas em alguns detalhes como por exemplo a adição de aditivos visando atender requisitos para obtenção de novas propriedades.

Reforço do Subleito – executada sobre o subleito após compactado e regularizado, de modo a diminuir camadas muito grossas de base e sub-base para suprir a baixa capacidade de carga do subleito (DNIT, 2010).

Camada de ligação ou binder – camada inferior destinada a conduzir as águas que penetram o pavimento para fora do mesmo até a borda do acostamento ou até mesmo para drenos profundos, pode ser projetada com um índice de vazios maior, barateando o custo da massa asfáltica e diminuindo o teor de ligante (DNIT, 2006; BERNUCCI *et al.*, 2008).

Camada de rolamento – é a camada superior tem como resistir diretamente as cargas resultantes do tráfego e transmiti-las as camadas inferiores. Além de

melhorar a condição de conforto e segurança, essa camada irá impermeabilizar o pavimento (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Para os pavimentos rígidos são composto de uma camada superficial de concreto de cimento Portland, no geral, placas de concreto sendo elas armadas ou não, sobre uma camada granular ou estabilizada com cimento, sendo esta a sub-base, apoiada numa camada denominada reforço de subleito caso seja necessário, caso contrário, é assentada sob o subleito (BERNUCCI *et al.*, 2008).

a) placa de concreto – nos pavimentos de concreto-cimento o revestimento é feito com o próprio concreto de cimento Portland, onde a espessura da placa é fixada em função da flexão da placa e da resistência das camadas subjacentes (BERNUCCI *et al.*, 2008).

b) sub-base – uma camada delgada com o objetivo de uniformizar e tornar uma razoável constante no suporte de cargas ao longo da faixa do pavimento, evitar mudanças excessivas no volume do subleito e eliminar a ocorrência do fenômeno de finos plásticos que por coincidência esteja presente no solo de fundação, quando se tem a presença de água e cargas pesadas (DNIT, 2004).

c) subleito – terreno de fundação.

Sendo essa placa de concreto usada para absorver praticamente todas as tensões exercida sobre ela, segundo o item 2.2.1.

Segundo o manual de pavimentação do DNIT (2006), os revestimentos podem ser classificados de acordo com a Figura 2, como mostrado abaixo:

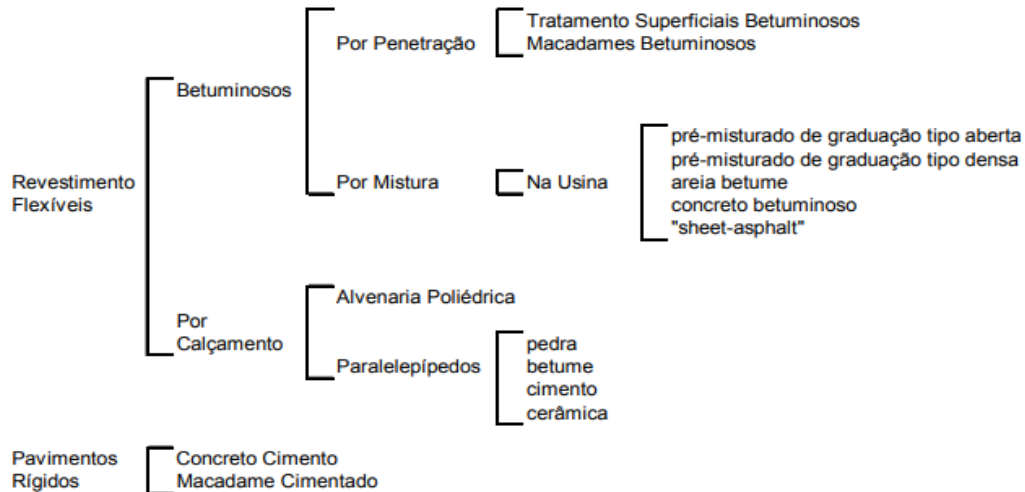


Figura 2: Classificação dos Revestimentos

Fonte: DNIT, 2006

O Revestimento Flexível teve sua utilização inicial para conter vazamentos de água em reservatórios, por ser pastoso e firme, origem do significado do seu nome trazido do idioma Acádico “asphaltic” que se traduz “Firme, estável”. Retirado de lagos naturais, provindo das camadas inferiores da terra, onde a temperatura elevada condensa os hidrocarbonetos, originando materiais diferentes e empiricamente utilizados no cotidiano (NAPA, 2002).

Os primeiros relatos de sua utilização em estradas se dão somente no século VII a.c, na região da extinta Babilônia no Império de Nabopolassar, só sendo relatado com maior força entre os séculos I e IV pelos romanos, na construção da região atualmente conhecida como a Inglaterra, sendo reconhecida até hoje e mantida como exemplo de tecnologia construtiva (NAPA, 2002).

Somente no século XX, o asfalto provindo da destilação do petróleo foi utilizado, por ser mais leve e ter uma pureza mais elevada em comparação com o natural. No Brasil o seu emprego só se deu em 1952, em um trecho de estrada entre

a cidade de Cordeirópolis e São Carlos, ambas no estado de São Paulo, berço da evolução tecnológica do Brasil (RIVERO, 2013).

Segundo a CNT (Confederação Nacional de Transportes), em uma pesquisa feita em 2016, apontou que dos 1,73 milhões de Km de rodovia no Brasil, apenas 12,3% é pavimentada. E desses 12,3%, referente a 213 mil Km, somente 41,8% estão em plenas condições de funcionamento, assim demonstrando a péssima gestão da infraestrutura de transportes e suas políticas de conservação

Alguns livros fazem referência a termos como rígidos e flexíveis. Sendo o termo rígido relacionado à camada superior feita de concreto cimento e o flexível relacionado a pavimentos de revestimentos de material betuminoso. Analisando o conceito de rígido, onde tende a causar um menor impacto de cargas nas camadas inferiores, já os flexíveis tem uma resposta de carga na área mais carregada (SOLANKI, ZAMAN, 2017).

Contudo, ao adicionar uma camada interna solidificada com cimento na estrutura de um pavimento flexível a pressão aplicada se propaga melhor em relação ao pavimento flexível convencional. Apresentando assim uma nova categoria chamada flexível do tipo semirrígido, um pavimento com uma camada interna estabilizada quimicamente, abaixo da camada asfáltica (SOLANKI, ZAMAN, 2017).

O material betuminoso é resultante de uma mistura de hidrocarbonetos sendo de consistência sólida, líquida e gasosa, solúvel em bissulfato de carbono e de origem natural ou pirogênica, reação apresentada quando o organismo é invadido por endotoxinas (AMARAL, 2006).

Penetração direta é realizada através do espalhamento e da compactação da camada de agregado de granulometria adequada para o revestimento projetado, sendo cada camada comprimida após o processo de compactação, é submetida a

aplicação de material betuminoso e por último é adicionada uma camada de agregado miúdo. No caso da invertida o revestimento é executado através de uma ou mais aplicações de ligante, sendo iguais a quantidade de aplicações as operações de espalhamento e compressão (CHIOVETO, 2016; DNIT, 2006).

Macadame betuminoso é a camada de pavimento que é nivelada e comprimida por penetração constituída por duas camadas alternadas de ligantes betuminosos sobre agregados de tamanhos específicos (DNER, 1997d).

“Os tratamentos superficiais são revestimentos obtidos por aplicação separada e sequencial de ligante betuminoso e agregado mineral de granulometria especificada.”. Onde existem 3 tipos de tratamentos, o simples onde é aplicada apenas uma camada de ligante, duplo quando são duas sucessivas de ligante e triplo quando são três (DNER, 1997a; 1997b; 1997c).

Segundo Chioveto (2016), a mistura sendo ela a frio onde trabalha-se com a temperatura ambiente e a quente quando se é misturados ainda quentes, ocorre com o envolvimento do agregado ao ligante betuminoso antes da compressão, chamados de “pré-misturados propriamente ditos” quando pré-envolvidos em usinas fixas e “pré-misturados na pista” quando é feita a mistura na própria pista.

Graduação densa ou bem graduada é quando se tem uma granulometria contínua, próxima a densidade máxima, no caso da aberta existe um déficit de material fino, menor que 0,075mm, cujo o intuito seria diminuir o volume de vazios (BERNUCCI *et al.*, 2008)

Areia betume é a mistura a quente feita com a areia de dimensão adequada e o betume asfáltico.

Caracterizado como uma mistura usinada a quente, o concreto betuminoso é composto de mineral graduado, material de enchimento conhecido como filler e ligante betuminoso, previamente aquecido antes de serem misturados (DNIT, 2004b).

Constituídos de um colchão de areia ou também chamado de pó-de-pedra, coberto por uma camada de pedra, os revestimentos de paralelepípedo e alvenaria poliédrica são bastante parecidos em sua construção e em seu tipo de conservação, sendo seus formatos regulares como o paralelepípedo ou não, sendo este a poliédrica, são considerados revestimentos por calçamento (MINEROPAR, 1983).

Os pavimentos rígidos, mais conhecidos como pavimento de concreto-cimento são revestidos com uma placa de concreto feita de cimento Portland cujo o intuito é absorver as cargas oriundas do tráfego, onde a espessura está relacionada a resistência a flexão das placas e das camadas inferiores (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Com o intuito de controlar as fissuras de retração do concreto, as juntas transversais também têm uma função suplementar, proporcionando uma certa transferência de carga de uma placa para a outra. A decisão em adotar ou não uma junta de transversal de retração com barras de transferências irá depender do tráfego de projeto, magnitude de cargas e o tipo de fundação no qual aquela pavimento foi feito (DNIT, 2004).

A diminuição dessas cargas se dá com a aplicação de barras de liga de aço paralelas ao eixo longitudinal da pista e também a superfície da placa de concreto. Tendo como função a transferência para as placas adjacentes de uma certa porcentagem das cargas atuantes em um dos lados da junta transversal aplicadas, com isso, as barras acabam diminuindo ou até mesmo evitando o deslocamento vertical de uma das placas ou até mesmo das duas placas de concreto (DNIT, 2004).

Macadame cimentado é um revestimento com camada de brita de graduação aberta, comprimidas e cujos vazios são preenchidos com argamassa de cimento e areia que penetra nos vazios (MARQUES, 2006).

2.3. DEFEITOS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMIRRÍGIDOS

Segundo a Norma DNIT 005/2003, que visa construir um documento-base padronizando os defeitos técnicos que os pavimentos flexíveis e semirrígidos são acometidos, sendo por má execução, esforço repetitivo, acomodação das camadas inferiores ou patologias referentes à variação térmica.

Procurando abranger todos os defeitos existentes nos pavimentos asfálticos, foi dividido em oito grupos de defeitos, com subgrupos específicos para a constatação ser imediata, mostrados no Quadro 1.

DEFEITOS				CODIFICAÇÃO	
FENDAS	FISSURAS			FI	
	TRINCAS	Isoladas	Transversais	Curtas	TTC
				Longas	TTL
			Longitudinais	Curtas	TLC
				longas	TLL
		retração térmica			TRR
		Interligadas	couro de jacaré	sem erosão	J
				com erosão	JE
			tipo bloco	sem erosão	TB
	com erosão			TBE	
AFUNDAMENTO	Plástico	Local	ALP		
		Trilha de Roda	ATP		
	Consolidação	Local	ALC		
		Trilha de Roda	ATC		
ONDULAÇÃO/CORRUGAÇÃO				O	
ESCORREGAMENTO				E	
EXSUDAÇÃO				EX	
DESGASTE				D	
PANELA				P	
REMENDO				R	

Quadro 1: Resumo dos Defeitos: Codificação

Fonte: DNIT, 2003a

2.3.1. Fenda

Ruptura ou descontinuidade que ocorre na superfície do pavimento, que ocasiona em aberturas de variadas dimensões, orientações e formatos, com subclassificações que auxiliam na identificação.

2.3.1.1. Fissura

A fissura é uma abertura com largura capilar que ocorre na camada do revestimento no pavimento asfáltico, se posicionando em qualquer das direções em relação ao eixo da via, sendo somente percebida de uma distância menor que 1,50 metros e a olho nu.

Suas principais causas são: Cálculo errôneo na dosagem dos componentes do asfalto, graduação elevada de fino na camada do revestimento e uma compactação além do necessário ou em temperatura fora do indicado (CNT, 2018).

2.3.1.2. *Trinca*

Abertura com largura maior que a fissura, sendo percebida facilmente a uma distância considerável, pode-se aparecer na forma isolada ou interligada, quando várias trincas se juntam.

Quando se apresenta sozinha, sem interligar-se à outra trinca ou defeito existente, denomina-se trinca isolada.

A trinca isolada que assume sua trajetória no sentido cortante em relação ao tráfego da via é denominada Trinca Transversal. Caso sua extensão seja menor que 1 m, chama-se Trinca Transversal Curta, se maior que 1 m, então é denominada de Trinca Transversal Longa.

Suas principais causas são: A aplicação do asfalto em temperatura mais baixa que a indicada para a melhor fixação, causando um endurecimento precoce do revestimento e movimentos nas camadas inferiores do revestimento, assim refletindo nas camadas acima (CNT, 2018).

Trinca isolada que acompanha o tráfego da via, mais conhecida como Trinca Longitudinal. Sendo diferenciada igualmente à trinca Transversal quanto à sua extensão, menor que 1 m, Trinca Longitudinal Curta, se maior que 1 m, Trinca Longitudinal Longa.

Suas principais causas são: Má execução da junta de separação longitudinal das faixas de tráfego, causando diferença de temperatura e assim um endurecimento do asfalto novo; diferença de cota entre as faixas de tráfego; A aplicação do asfalto em temperatura mais baixa que a indicada para a melhor fixação,

causando um endurecimento precoce do revestimento e movimentos nas camadas inferiores do revestimento, assim refletindo nas camadas acima (CNT, 2018).

Diferente da Trinca Isolada, a Trinca Interligada são falhas existente no pavimento asfáltico que se interligam, gerando formas definidas ou um aspecto frágil e quebradiço ao revestimento.

Aglomerado de trincas interligadas, a Trinca tipo “Couro de Jacaré” não tem orientação definida e assemelha-se à couraça de um jacaré, por isso a nomeação. Podendo apresentar erosão ou não, podendo agravar-se se estiver localizado no caminho dos pneus dos automóveis.

Suas principais causas são: Ações de fadiga causadas naturalmente pelo tráfego; erro no dimensionamento nas camadas do pavimento, assim também como uma má qualidade das camadas abaixo do revestimento; ruptura das camadas de base, assim tirando o suporte e deixando o revestimento frágil; Fim da vida do pavimento, quando há a necessidade da renovação daquela estrutura, pois chegou ao seu limite.

A Trinca tipo “Bloco” é um aglomerado de trincas interligadas, assim como no couro de jacaré, mas assumindo uma configuração mais definida, assemelhando blocos, podendo conter erosão ou não.

Suas principais causas são: Devida às alternâncias térmicas das áreas tropicais, assim resultando em uma retração danosa do revestimento e mistura asfáltica com baixa resistência à tração, esfarelado-se em pedaços maiores (AZAMBUJA, 2009).

A Trinca de Retração é uma Trinca isolada relacionada com a movimentação imposta pelo fator térmico, fazendo com que se expanda durante o dia

e se reprima pela noite, movimento não admitido em materiais sólidos e coesos (CNT, 2018).

2.3.1. Afundamento

Deformidade de cunho permanente caracterizada pela depressão na superfície do pavimento asfáltico, contendo ou não, solevamento (compensação volumétrica de borda), fato que se torna um perigo ao tráfego dos automóveis.

2.3.2.1. Afundamento plástico

Depressão causada pela fluência plástica das camadas anteriores do pavimento asfáltico ou ruptura do subleito, contendo obrigatoriamente solevamento, quando sua extensão limita-se até 6 m é chamada de Afundamento Plástico Local, se for mais extensão que esse limite denomina-se Afundamento Plástico da Trilha de Roda.

Suas principais causas são: Existência de fluência plástica das camadas inferiores do pavimento; alto teor de ligante asfáltico na dosagem da mistura aplicada e falha na escolha do tipo de revestimento para tal carga solicitante referente ao tráfego e suas possíveis sobrecargas (AZAMBUJA, 2009).

2.3.2.2. Afundamento de consolidação

Depressão causada pela consolidação das camadas inferiores, diferentemente da plástica, onde há uma fluência. Na consolidação, quando se consolidam as camadas, o afundamento cessa por ter encontrado seu equilíbrio. Também respeitando os limites do afundamento plástico da extensão de 6 m, se existir menor, chama-se de Afundamento de Consolidação Local, se maior, é chamado de Afundamento de Consolidação da Trilha de Roda.

Suas principais causas são: Acomodação das camadas de sustentação inferiores após sofrerem compactação por fadiga do tráfego; ruptura por cisalhamento das camadas inferiores ao revestimento; problemas no sistema de drenagem existentes na localidade e falha na compactação (AZAMBUJA, 2009).

2.3.3. Ondulação ou Corrugação

Movimentação plástica do revestimento do pavimento asfáltico, caracterizada na orientação transversal ao sentido do tráfego na via e pelo aspecto enrugado que se toma pelo revestimento.

Suas principais causas são: Inexistência de estabilidade da mistura asfáltica aplicada no solo; umidade além do informado na camada do subleito;

contaminação na mistura asfáltica e má dosagem na aeração das misturas líquidas do asfalto (DNIT 2003a).

2.3.4. Escorregamento

Deslocamento da camada de revestimento sobre a camada de ligação, havendo sua existência, ou camada de base, procurando sempre as bordas da via.

Suas principais causas são: Falhas na aplicação do revestimento asfáltico e má aplicação da pintura de ligação, causando esse deslocamento das bordas da via (DNIT, 2003a).

2.3.5. Exsudação

Fuga do ligante betuminoso para a superfície, criando uma película escorregadia e de brilho vítreo, característico do ligante petrificado.

Suas principais causas são: Quantidade exorbitante de ligantes, causando o bombeamento para fora dos fluídos quando aberto ao trânsito de automóveis e baixo conteúdo de vazios, fazendo expelir para a superfície por não haver obstáculos (AZAMBUJA, 2009).

2.3.6. Desgaste

Desprendimento progressivo dos agregados da superfície do pavimento, causando um aspecto áspero ao revestimento e abrindo caminho para defeitos maiores aparecerem.

Suas principais causas são: Falhas de fixação da mistura do ligante com o agregado; presença de água nos vazios no revestimento asfáltico, deixando brecha para o deslocamento do ligante e exposição dos agregados graúdos; baixo teor de ligante na mistura e erros de execução da aplicação da camada de revestimento no solo (CNT, 2018).

2.3.7. Panela ou buraco

Resultado inevitável dos demais defeitos causados ao pavimento asfáltico, cavidade formada inicialmente na camada do revestimento e depois se alastrando por todas as camadas até se tornarem crateras, que admitem um perigo bem maior, por ser profundo e de diâmetro bastante elevado.

Suas principais causas são: escarificação dos defeitos existentes, aumento de dimensão e afetando as camadas inferiores; acúmulo superficial de água ou esgoto, seja intermitente ou permanente; má execução do processo de compactação; Umidade existente nas camadas inferiores do solo (CNT, 2018).

2.3.8. Remendo

Reparo localizado somente onde o defeito atingiu, de modo a sanar a deformidade de forma emergencial, enquanto uma camada de revestimento é novamente aplicada à via, para retornar ao seu estado inicial. Dependendo da sua profundidade, é nomeado diferentemente.

Quando há necessidade de reposição de camadas inferiores e também do revestimento do pavimento, denomina-se Remendo Profundo, quando o reparo se concentra na superfície, denomina-se Remendo Superficial, ambos tomando a forma retangular.

Suas principais causas são: Falta de planejamento para a via, preferindo aplicar uma camada de revestimento localizado e não em toda a via, onde não existiria diferença de cota e de durabilidade e emprego de material de má qualidade, resultando em panelas e outros defeitos, necessitando de uma medida paliativa de caráter emergencial (AZAMBUJA, 2009)

2.4. COMO OS DEFEITOS ACELERAM A DEGRADAÇÃO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO

Os pavimentos são compostos por camadas sobrepostas que depende diretamente do funcionamento satisfatório das camadas posteriores, pois muitos são

os defeitos que podem apresentar, por diversos motivos, ocasionando bombeamento dos finos e esgarçamento de pequenos defeitos existentes.

A depender da camada defeituosa, o dano ao pavimento asfáltico torna-se característico, facilitando a identificação já na observação. Os defeitos são variados e depois de identificados, devem ser prontamente retificados, para que não aumente de proporção rapidamente, ocasionando desconforto e acidentes (GEWEHR, 2015).

Com qualquer fissura ou trinca, que são os problemas mais simples encontrados, o pavimento asfáltico pode começar a sua deterioração, por permitir a entrada de água, provinda da chuva, bombeando para fora os finos, abrindo passagem para a água tomar o seu lugar como sustentação, fato que some após o término da chuva, assim formando vazios onde é estritamente proibido haver, tornando-se futuro afundamentos, panelas ou até mesmo crateras, onde o perigo fica evidente.

Outro elemento que acelera o processo de degradação do pavimento asfáltico é a variação térmica, já que o pavimento asfáltico estudado é de natureza flexível, logo não contém juntas térmicas, assim sofrendo com trincas e fissuras decorrentes da variação térmica e também por o pavimento asfáltico ter a cor escura, assim absorvendo cerca de 99% da radiação solar que atinge a superfície. Para se ter uma noção, estudos apontam que o pavimento asfáltico é um dos agentes para a ocorrência do fenômeno natural chamado “Ilha de calor”, que consiste na elevação da temperatura numa determinada área urbana, em comparação com uma área rural da mesma região (CNT, 2018).

A má utilização também acelera o processo destrutivo do pavimento, apontando basicamente para o tráfego de veículos pesados onde não é permitido ou por onde não foi projetado para tal. A Fadiga é um esforço repetitivo de intensidade

moderada, fazendo com que a degradação não ocorra imediatamente e sim com o passar do tempo, abrindo fissuras e trincas, posteriormente panelas, crateras e afundamentos (CNT, 2018).

2.5. TIPOS DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS

O desempenho ideal do pavimento, o conjunto de camadas no qual foi projetado sobre o subleito, está relacionado diretamente com a capacidade de suporte, durabilidade e conforto ao rolamento e segurança para os usuários, o desafio de projetar um pavimento consiste no fato de manter e alcançar os objetivos funcionais e estruturais do pavimento (BERNUCCI *et al.*, 2008). Algumas avaliações são feitas para diagnosticar o grau de severidade em que o pavimento se encontra.

2.6.1. Avaliação Funcional

Avaliação cujo objetivo é determinar a capacidade de desempenho quanto a sua funcionalidade momentânea, o conforto proporcionado pelo pavimento em termos de qualidade de rolamento, sendo este um fator relevante para a obtenção da serventia adequada, definida como a condição funcional do pavimento no período do seu ciclo de vida, condição essa, de determinar seu desempenho (DER, 2006). A avaliação funcional pode ser realizada através do método do IGG (Índice de

Gravidade) e PCI (Pavement Condition Index ou também conhecido como ICP – Índice de Condição do Pavimento).

2.6.1.1. Avaliação Funcional De Pavimentos Flexíveis E Semirrígidos

De acordo com a norma DNIT 006/2006, a avaliação funcional objetiva de pavimentos flexíveis e semirrígidos está relacionada a contagem e classificação de defeitos aparente e da medida das deformações das trilhas roda.

A norma que rege IGG é a DNIT 006/2003, onde são utilizadas planilhas para anotação dos defeitos, trena para medir os afundamentos dos trilhos de roda interno e externo. Os trechos são demarcados nas vias utilizando material adequado e trena para medição da metragem realizada de 20 em 20 metros, sendo analisado 6 metros, 3 antes e 3 metros depois da estaca, assinalando se existente ou não um determinado tipo de defeito (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Sendo que IGG é o mais utilizado no Brasil tem a vantagem de ser uma avaliação mais rápida e por isso tem a desvantagem de ser um levantamento que caracteriza apenas o grau de degradação superficial, sem se importar com a quantidade e severidade das ocorrências apresentadas nas vias (VIEIRA *et al.*, 2016).

A norma estabelece um fator de ponderação, onde já se encontra prefixado de acordo com os defeitos, confere a gravidade daquele defeito sobre os demais citados (BERNUCCI *et al.*, 2008). Na Tabela 1 apresenta esses fatores:

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

Tabela 1: Fator de Ponderação

Fonte: DNIT, 2003a

Índice de Gravidade Global (IGG)

Somatório dos índices de gravidade individual (IGI) calculados, sendo este calculado para cada trecho homogêneo, com o intuito de conferir o nível de degradação do pavimento, de acordo com a Tabela 2.

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

Tabela 2: Conceito de Degradação do pavimento em função do IGG

Fonte: DNIT, 2003a

2.6.1.2. Avaliação Funcional De Pavimentos Rígidos

O PCI – Pavement Condition Index ou também conhecido como ICP – Índice de Condição do Pavimento, índice este, capaz de determinar informações para as verificações de rodovia e adoção de políticas de manutenção, prevenção e recuperação (SILVEIRA; WANG, 2012).

Validado somente para vias de baixa velocidade e criado para pavimentos asfálticos e concreto de cimento Portland sendo este armado ou simples (APS; BALBO; SEVERI, 1998).

Algumas vantagens do PCI é a determinação do estado atual do pavimento, quanto a sua integridade estrutural e de serviço, mensurando quantidades e grau de severidade dos defeitos analisados. Além disso, algumas desvantagens são notadas em relação ao método IGG, como na avaliação não ser apresentados defeitos de grande importância devido a aleatoriedade da escolha de amostras no método PCI (VIEIRA *et al.*, 2016).

A principal desvantagem é a necessidade do desenvolvimento de matrizes de probabilidade de transição para cada combinação de fatores que afetam a desenvoltura do pavimento (BERTOLLO, 1997).

Segundo Aps, Balbo e Severo (1998), faz-se a inspeção detalhadamente de uma área de aproximadamente 225m², com o intuito de preencher uma planilha adequada, com quais são os defeitos, quantidade e a severidade de cada um, como mostrado na Tabela 3.

Via: Bartolomeu de Gusmão	Seção: 01
Data:	Amostra n ^o : 01
Avaliador: Marcia	Área da amostra: 225 m ²

Tipos de Defeitos			
1 Couro de Jacaré	área	11 Remendos	área
2 Exsudação	área	12 Agregado polido	área
3 Fissuras em blocos	área	13 Painelas	unidade
4 Elevações recalques	metro linear	14 Cruzamento ferroviário	área
5 Corrugação	área	15 Afundamento de trilha de roda	área
6 Afundamento Localizado	área	16 Escorregamento de massa	área
7 Fissuras de borda	metro linear	17 Fissuras devido ao escorregamento de massa	área
8 Fissuras por reflexão de juntas	metro linear	18 Inchamento	área
9 Desnível de pavimento/Acostamento	metro linear	19 Desgaste	área
10 Fissuras longitudinal e transversal	metro linear		

Tabela 3: Inspeção de Campo pelo método PCI

Fonte: BALBO e SEVERI, 2012

Quanto ao seu resultado, se obtém por meio de uma escala graduada de 0 – 100, o Limite de PCI (Tabela 4), onde 0 é péssimo 100 se caracteriza como excelente.

PCI	Conceito
100 - 86	Excelente
85 - 71	Muito Bom
70 - 56	Bom
55 - 41	Regular
40 - 26	Muito Ruim
25 - 11	Ruim
10 - 0	Péssimo

Tabela 4: Limite de PCI

Fonte: BALBO e SEVERI, 2012

Outros fatores contribuem para a segurança e conforto do usuário que são analisados de forma separada, ou não incluídos nos métodos de PCI ou IGG, como por exemplo:

- a) designado IRI, o International Roughness Index (Índice de Irregularidade Internacional) medido em m/km de modo a determinar a irregularidade longitudinal, onde é obtida através do somatório dos desvios da superfície em relação ao plano de referência ideal que de projeto geométrico, onde implicará no efeitos das cargas, dinâmica do veículo, a qualidade de rolamento e também a drenagem superficial (BERNUCCI *et al.*, 2008).
- b) Além da geometria e da irregularidade longitudinal, é importante avaliar a aderência pneu-pavimento. Dois fatores são essenciais colaboram para a aderência:
- textura superficial da pista, onde se predomina a microtextura podendo ser avaliada por um equipamento como o pêndulo britânico (ASTM E 303) que tem por finalidade determinar o valor de resistência à derrapagem (VRD) e a macrotextura pode ser determinada de várias formas, sendo a mais comum o ensaio da mancha de areia (ASTM E 965) (BERNUCCI *et al.*, 2008).
 - características dos pneus como ranhuras, dimensões, pressão de inflação e tipo de pneu (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.6.2. Avaliação Estrutural

Avalia a capacidade de desempenho das camadas estruturais submetidas a cargas provenientes do tráfego. A parcela estrutural está relacionada aos danos ligados a capacidade de carga do pavimento, seja ele flexíveis, semirrígidos ou

rígidos. Os defeitos estruturais são resultados em especial, das repetições de cargas estando vinculados as deformações elásticas e plásticas, ou melhor dizendo, recuperáveis e permanentes, respectivamente (SILVEIRA; WANG, 2012; BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.6.2.1. Avaliação Estrutural De Pavimentos Flexíveis E Semirrígidos

A avaliação estrutural tem por finalidade analisar as camadas abaixo do revestimento.

Os ensaios destrutivos são realizados a partir da coleta de material e a verificação dos materiais que compõem a estrutura das camadas, através da escavação de trincheiras e janelas de inspeção. Já os não destrutivos são realizados através da coleta de dados por meio de alguns equipamentos como o FWD (Falling Weight Deflectometer), GPR (Ground Penetrating Radar) e a Viga Benkelman (SILVEIRA; WANG, 2012).

A avaliação estrutural por meio da viga Benkelman, caracteriza-se como um ensaio não destrutivo, segundo a norma DNER – ME 024/94, trata-se de uma determinação de deflexões em pavimentos rodoviários flexíveis com a aplicação da viga, que segundo Pereira (2017) é um aparelho que possibilita realizar medições deflectométricas de um pavimento, como analisado nas Figuras 3.1 e 3.2.

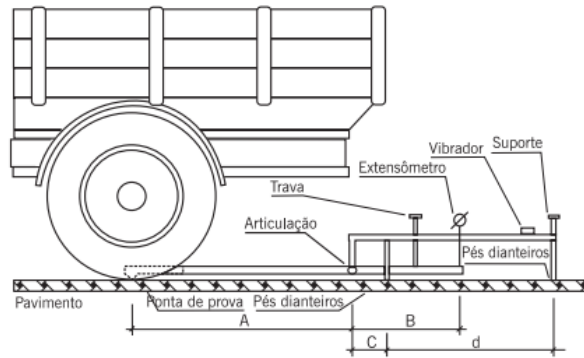


Figura 3.1: Esquema da Viga Benkelman

Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008



Figura 3.2: Medição com Viga Benkelman em campo

Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008

Realizam-se determinações de deslocamentos recuperáveis na superfície do pavimento sob um ponto onde é aplicada carga, com uma distância de 0,25m em relação ao ponto de aplicação da carga, obtendo resultados para o cálculo da curvatura (DNER, 2006).

2.7. AVALIAÇÃO FUNCIONAL OBJETIVA EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL

De acordo com Coelho (2009) e Machado (2013) a planilha da norma DNIT 006/2003 apresentou dificuldade na interpretação dos defeitos, mesmo fazendo o uso da DNIT 005/003, levando de forma literal a definição das ocorrências estudadas, faltará ainda assim uma definição mais adequada para defeitos que não se encaixe nas características denotadas.

É de suma importância a diferenciação da avaliação e classificação dos defeitos estruturais e dos não estruturais para evitar gastos desnecessários, estimulando e amadurecendo ainda mais a gerência de pavimentos no Brasil (MACHADO, 2013).

Marquesini (2012) afirma que no num trecho avaliados da Rua Minas Gerais do município de Tuneiras do estado do Paraná, as fissuras, trincas transversais curtas e longas apresentaram uma frequência absoluta de 39, com 91% de frequência relativa, ocupando a maior frequência obtida na análise dos defeitos, gerando juntos com os demais defeitos um IGG de 123,37, classificando-se como RUIM.

Bem como Coelho (2014) afirma que pouco mais de 50% da Rodovia BA 160, no sub trecho Ibotirama interior de Feira de Santana, recebeu de acordo com o IGG o conceito de RUIM.

Percebe-se que na maioria dos casos estudados o estado de serventia do pavimento se encontra entre Ruim e Péssimo de acordo com o IGG (Índice de Gravidade Global).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O termo avaliar consiste na identificação da situação existente e tornar comparativo com a situação idealizada, procurando produzir um parecer de acordo com as normas vigentes na área estudada.

Para o embasamento do corrente trabalho, foi utilizada a norma confeccionada pelo DNIT no ano de 2003 a DNIT 006/2003-PRO, em revisão da norma antiga DNER-PRO 008/94. Que fixa as condições exigíveis na avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos para levantamento e classificação dos resultados, através do Índice de Gravidade Global (IGG), índice esse que classifica a qualidade da via, de acordo com os seus parâmetros.

Para tal classificação, necessita-se que o responsável técnico tenha uma breve experiência com os defeitos a serem analisados, pois um erro de classificação poderia rebaixar a sua qualidade perante a norma.

As avaliações foram realizadas na superfície das vias mais carregadas, de modo a analisar a faixa que recebe mais carregamento, quase sempre a da extrema direita, por alocar os veículos mais pesados e lentos do fluxo do tráfego, de modo não-destrutivo, preservando suas características e integridade. Alternando-se de 20 em 20m da via escolhida, observando uma extensão de 6m x 3,5m que é a largura média padrão da faixa, Figura 4, contabilizando assim 21m² por ponto de verificação (DNIT, 1973).



Figura 4: Ação das Análises dos Pavimentos

Fonte: Acervo pessoal

Ao definir os 6 metros a ser avaliado, olha-se no Formulário de Inventário do Estado da Superfície do pavimento, Tabela 5, quais os defeitos existentes e assinalando nos seus devidos campos, encontrado no Anexo b da norma em questão.

Treliça graduada, Figura 6.



Figura 6: Detalhamento da treliça de PVC

Fonte: Acervo pessoal

A treliça utilizada foi confeccionada (Figura 6), por não haver a possibilidade de utilização da normatizada pelo DNIT, material esse inexistente no inventário da instituição de ensino e nos centros comerciais.

Feita de tubulação de PVC, fita métrica adesiva e CD nas suas bases para aumentar a sua estabilização em um possível solo acidentado, tem o mecanismo de aferir as trilhas de rodas, que são os sulcos formados pelas rodas dos automóveis, deslizando um tubo de 20mm por dentro da estrutura feita de tubulação de 25mm, sendo graduadas de acordo com a sua profundidade, como mostrado na Figura 7. Diferentemente da treliça indicada na norma que é feita com metal e plástico, mas seguindo a mesma ideologia técnica.



Figura 7: Utilização da treliça de PVC

Fonte: Acervo pessoal

As vias da Cidade de Aracaju-SE foram escolhidas de acordo com a sua importância para a mobilidade urbana, visando assim à necessidade do pleno vigor do pavimento asfáltico para o trânsito. Outro fator decisivo para as escolhas foram as suas grandes extensões, obtendo assim resultados inarmônicos, mostrando a heterogeneidade com que as vias estão sujeitas em termos de utilização e conservação.

Foram designadas para o referente trabalho as seguintes seções das verificações, sendo 10 estacas por seção:

Seção 1



Figura 8: Seção 1 – Av. Ivo do Prado (Grande Beira Mar) a partir da Av. Barão de Maruim, sentido Mercado Municipal de Aracaju

Fonte: Google Earth

Seção 2



Figura 8.1: Seção 2 – Av. Beira Mar a partir da ponte do Parque dos Cajueiros, sentido Mercado Municipal de Aracaju

Fonte: Google Earth

Seção 3



Figura 8.2: Seção 3 – Av. Rotary (Grande Beira Mar) a partir dos Arcos da Orla

Fonte: Google Earth

Seção 4



Figura 8.3: Seção 4 – Av. Murilo Dantas a partir da Av. Beira Mar, sentido Universidade Tiradentes

Fonte: Google Earth

Seção 5



Figura 8.4: Seção 5 – Av. Murilo Dantas a partir da entrada da Universidade Tiradentes, sentido Beira Mar

Fonte: Google Earth

Seção 6



Figura 8.5: Seção 6 – Av. Dr. José Thomaz D'ávila Nabuco a partir da Rua H quatro, sentido Av. Herácliton rolleberg

Fonte: Google Earth

Seção 7



Figura 8.6: Seção 7 – Av. Dr. José Thomaz D'ávila Nabuco a partir da Rua H quatro, sentido Universidade Tiradentes

Fonte: Google Earth

Seção 8



Figura 8.7: Seção 8 – Av. Hermes Fontes a partir da Av. Barão de Maruim, sentido Terminal DIA

Fonte: Google Earth

Seção 9



Figura 8.8: Seção 9 – Av. Hermes Fontes a partir da Av. Edésio Vieira de Melo, sentido Terminal DIA

Fonte: Google Earth

Seção 10



Figura 8.9: Seção 10 – Av. Hermes Fontes a partir da Rua Promotor Arquibaldo Mendonça, sentido Terminal DIA

Fonte: Google Earth

Seção 11



Figura 8.10: Seção 11 – Av. Barão de Maruim a partir da Av. Ivo do Prado, sentido Av. Desembargador Maynard

Fonte: Google Earth

Seção 12



Figura 8.11: Seção 12 – Av. Barão de Maruim a partir da Rua Lagarto, sentido Beira Mar

Fonte: Google Earth

Seção 13

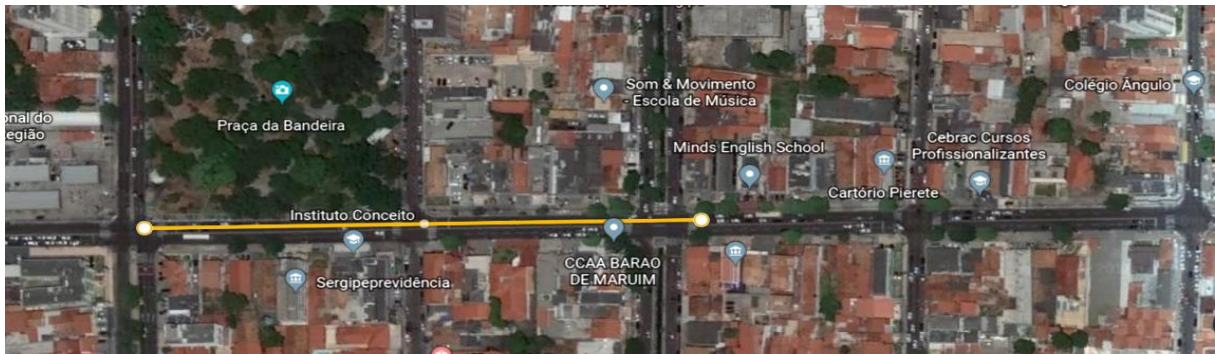


Figura 8.12: Seção 13 – Av. Barão de Maruim a partir da Av. Desembargador Maynard, sentido Beira Mar

Fonte: Google Earth

Seção 14



Figura 8.13: Seção 14 – Av. Herácliton Guimarães Rollemberg, a partir da av. Beira Mar, sentido bairro Farolândia

Fonte: Google Earth

Seção 15



Figura 8.14: Seção 15 – Av. Herácliton Guimarães Rollemberg a partir do posto de gasolina 14 BIS, sentido bairro Farolândia

Fonte: Google Earth

Seção 16



Figura 8.15: Seção 16 – Av. Presidente Tancredo Neves a partir do Hospital de Urgência de Sergipe (HUSE), sentido DETRAN-SE

Fonte: Google Earth

Seção 17



Figura 8.16: Seção 17 – Av. Presidente Tancredo Neves a partir da Rua João Ouro, sentido DETRAN-SE

Fonte: Google Earth

Seção 18



Figura 8.17: Seção 18 – Av. Presidente Tancredo Neves a partir da Av. Beira Mar, sentido DETRAN-SE

Fonte: Google Earth

Seção 19

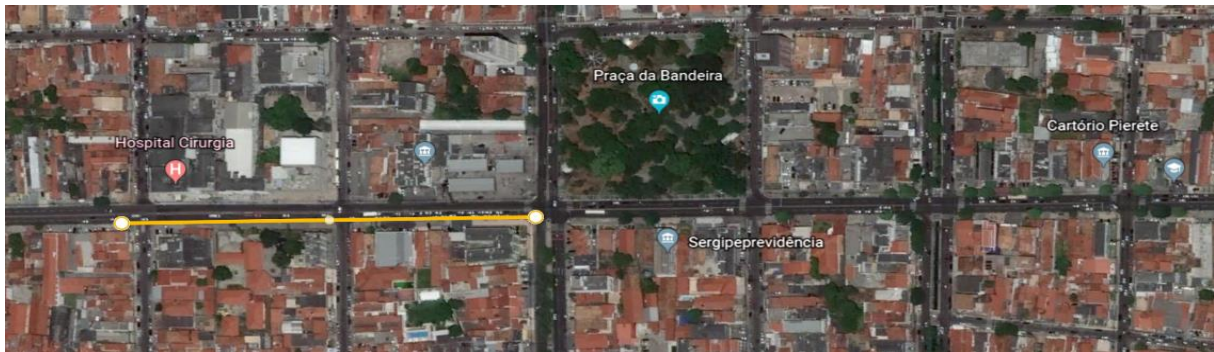


Figura 8.18: Seção 19 – Av. Desembargador Maynard a partir da Av. Barão de Maruim, sentido Instituto Federal de Sergipe

Fonte: Google Earth

Seção 20



Figura 8.19: Seção 20 – Av. Desembargador Maynard a partir da Rua Riachão, sentido Instituto Federal de Sergipe

Fonte: Google Earth

Após ter assinalado todos os defeitos existentes em cada via na planilha do Anexo B da norma DNIT 006/2003-PRO, faz-se os cálculos necessários para a obtenção do resultado esperado do estudo, o Índice de Gravidade Global (IGG), na planilha do Anexo C também da norma, Tabela 6.

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

Planilha de Cálculo do IGG

Tabela 6: Planilha de Cálculo do Índice de Gravidade (IGG)

Fonte: Acervo pessoal

O primeiro item são as fendas, onde se resumem as Fissuras, Trincas Isoladas Longitudinais (Figura 9), Transversais e de Retração. O segundo item são as Trincas Interligadas: “Couro de Jacaré” (Figura 8) e Tipo “Bloco”, mas ambos sem erosão, se houver erosão encaixam-se no terceiro item. Colocando na coluna “Frequência Absoluta” em quantas estações há tal defeito, mostrando assim a condição real do pavimento, mas para efeito de cálculo, tomam-se os defeitos mais importantes dentre essas três categorias seguindo a ordem: Com Erosão (Figura 8) > Sem Erosão (Figura 8.1) > Fendas Superficiais.



Figura 9: Couro de Jacaré com erosão

Fonte: Acervo pessoal



Figura 9.1: Couro de Jacaré sem erosão

Fonte: Acervo pessoal



Figura 10: Trinca Isolada Longitudinal

Fonte: Acervo pessoal

Com essa classificação observada, contam-se primeiramente quais estações têm o tipo “Bloco” com erosão e “Couro de Jacaré” com erosão e marca na coluna Frequência Absoluta Considerada, logo após as estações com Tipo “Bloco” e “Couro de Jacaré” sem erosão e por último a categoria Fenda. Essa nova coluna só é utilizada nesses três itens iniciais, por terem graduação de importância, fato esse que é descartado nos demais defeitos, assim invalidando-a a partir do defeito Afundamento, pois são independentes de escalas de importância.

Após preencher todos os campos das colunas Frequência Absoluta e Frequência Absoluta Considerada, a coluna Frequência Relativa vem tomando a porcentagem das notificações das estacas com os defeitos com o total de estacas analisadas, produzindo valores que serão multiplicados pelos valores da coluna Fator de Ponderação, que são índices relativo ao seu grau de gravidade sobre os demais, quanto mais destrutivo, maior será seu fator de ponderação.

Observa-se os tipos de defeitos para efeito de consideração que se encontra na Quadro 2.

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

Quadro 2: Resumo de defeitos – Codificação e qualifica

Fonte: DNIT 006, 2003a

Com isso são calculadas as frequências absolutas e relativas. E assim faz-se o cálculo do Índice de Gravidade Individual através da expressão (1)

$$IGI = fr \times fp \quad (1)$$

IGI – índice de gravidade individual

fr – frequência relativa

fp – fator de ponderação, obtido de acordo com abaixo.

Junto com os itens dos defeitos também existem os campos que utilizam os somatórios dos Trilhos de Roda Interno (TRI) e o Externo (TRE) que são os sulcos

contínuos formados pelos pneus na camada superficial, sendo mensurados com a treliça adaptada de PVC em milímetros. O item nove pede a média de cada somatório como apresenta na expressão (2) e após preencher, pede a média, resultando em um valor que ainda passa por uma condição, expressões (2.1) e (2.2), para virar o IGI, a contribuição para o IGG (PETROBRAS/ABEDA, 2006).

Média dos Somatórios das Flechas

$$F = \left(\sum_j^i FRE + \sum_j^i FRI \right) / 2 \quad (2)$$

Onde:

F – média aritmética da média das flechas na trilha externa e também a média das internas do segmento;

FRE – flecha na trilha externa em milímetros de cada uma das estações do segmento;

FRI - flecha na trilha interna em milímetros de cada uma das estações do segmento;

i – primeira estação do segmento;

j – última estação do segmento.

Condicionante

$$IGI = F \cdot \frac{4}{3} \quad (\text{quando } F \leq 30) \quad (2.1)$$

$$IGI = 40 \quad (\text{quando } F \geq 30) \quad (2.2)$$

Quando devidamente encontrado o IGI do item 9, passa-se para o item 10, que são as variâncias dos trilhos de rodas, expressão (3), encontrados e a média das variâncias do trilho interno mais o trilho externo, mostrada na expressão (4).

Variância

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Média de Variância

$$FV = \frac{FRE_v + FRI_v}{2} \quad (4)$$

Onde:

FRE_v – variância das flechas medidas na trilha externa do segmento, sendo considerada todas as estações de i a j;

FRI_v – variância das flechas medidas na trilha interna do segmento, sendo considerada todas as estações de i a j;

FV – média da variância das flechas na trilha externa e interna do segmento.

Condicionante

$$IGI_{FV} = FV . 1,0 \quad (\text{quando } F \leq 50) \quad (4.1)$$

$$IGI_{FV} = 50 \quad (\text{quando } F = 50) \quad (4.2)$$

Após passar pela fórmula e suas condicionantes como na expressão (4.1) e (4.2), concluem-se os cálculos dos Índices de Gravidade Individuais, havendo somente o somatório dos IGI's a ser feito, somatório esse chamado de Índice de Gravidade Global.

Com o valor final do referente estudo, compara-se com os valores parametrizados pelo DNIT, conseguindo dimensionar a qualidade atual das vias de Aracaju com qualquer outra parte do território nacional através da Tabela 7 da norma do DNIT 006/2003-PRO:

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

Tabela 7: Conceito do Índice de Gravidade Global

Fonte: PETROBRAS/ABEDA, 2006

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Das 20 seções de avenidas analisadas, com 10 pontos de verificação cada, assim totalizando 200 pontos de verificações, essas foram as porcentagens dos defeitos existentes. Observar o Gráfico 3.

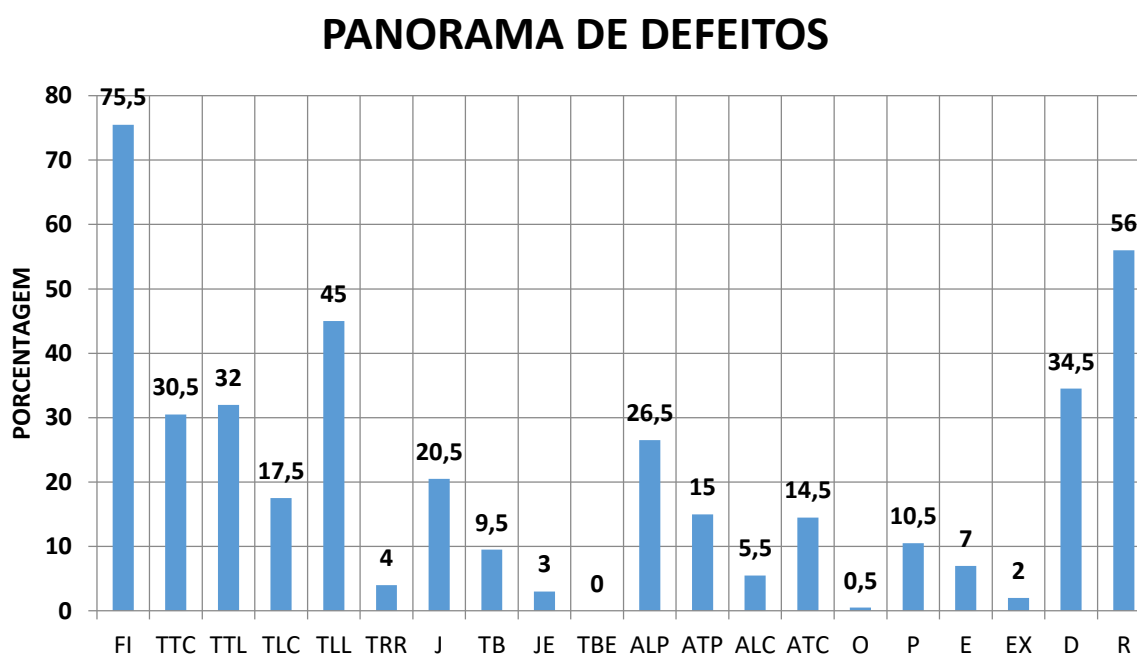


Gráfico 3: Panorama de Defeitos

Fonte: Acervo Pessoal

As fissuras e trincas isoladas são defeitos que a início não apresentam um grande perigo para a integridade do pavimento, mas são pontos iniciais para o aparecimento de defeitos mais graves. As avenidas Hermes Fontes (Figura 10), Rotary (11), Desembargador Maynard (12), mostraram um alto índice de incidência, conforme mostrado nas figuras abaixo.



Figura 11: Av. Hermes Fontes

Fonte: Acervo pessoal



Figura 12: Av. Rotary

Fonte: Acervo pessoal



Figura 13: Av. Desembargador Maynard

Fonte: Acervo pessoal

No caso da Avenida Rotary (Figura 11), que o pavimento asfáltico é recente, a possível causa seria a má execução do pavimento, pois a via é pouco solicitada por veículos com alto carregamento e veículos pesados, evidenciando a localização da origem do defeito. Já nas Avenidas Des. Maynard (Figura 12) e Hermes Fontes (Figura 10), sua possível causa seria o envelhecimento do pavimento, por não contarem há bastante tempo com uma manutenção da camada revestidora, assim apresentando fissuras e trincas.

As trincas interligadas são defeitos relativamente graves, levando-se em consideração que elas se tornam caminho para infiltração de água e esgoto para as camadas inferiores, assim enfraquecendo a sustentação do pavimento asfáltico. Muitas foram as avenidas que apresentaram os tipo bloco e o couro de jacaré, entre

elas estão as avenidas Desembargador Maynard (Figura 13), Heráclito Guimarães Rollemberg (Figura 14) e Tancredo Neves (Figura 15).

A possível causa da grande deterioração de toda a Avenida Heráclito Guimarães Rollemberg é a sua má drenagem, deixando poças de água por toda sua extensão mesmo em dias sem chuva, pois alguns pontos os esgotos ainda são expostos. Já a causa da Avenida Desembargador Maynard (Figura 13) continua sendo o seu envelhecimento, perdendo capacidade mecânica do seu ligante, acarretando diversos problemas na sua superfície. E a Avenida Tancredo Neves (Figura 15) sua causa mais provável seria o erro de planejamento, seja na catalogação dos veículos passantes ou o não atentamento ao fato de que a avenida seja a principal rota de entrada e saída da cidade, atraindo diversos veículos, sua grande maioria veículos carregados, tornando sua travessia uma viagem desconfortável e muitas vezes perigosa.



Figura 14: Av. Desembargador Maynard

Fonte: Acervo pessoal



Figura 15: Av. Heráclito Guimarães Rollemberg

Fonte: Acervo pessoal



Figura 16: Av. Tancredo Neves

Fonte: Acervo pessoal

É inevitável citar afundamento do revestimento asfáltico sem relacionar à Avenida Tancredo Neves (Figura 16), do trecho do Hospital de Urgência de Sergipe até a rotatória de acesso à Universidade Federal de Sergipe, onde o afundamento é gritante, com dimensões de até 40 mm e solevamentos perigosos para transposição de faixas. Outra avenida, a Heráclito Guimarães Rollemberg (Figura 17) também mostrou um afundamento considerável, principalmente pelo seu depósito de água e esgoto nas margens da via, fazendo com que a borda direita da via desnivele, causando um maior desconforto para os usuários e um perigo constante para os ciclistas.



Figura 17: Av. Tancredo Neves

Fonte: Acervo pessoal



Figura 18: Av. Heráclito Guimarães Rollemberg

Fonte: Acervo pessoal

O defeito ondulação aparece somente na Avenida Desembargador Maynard (Figura 18), de forma branda, mas notável se atentar-se ao desconforto causado por ela. Sua possível causa seriam os sucessivos remendos que a avenida já foi submetida, criando uma falta de aderência entre as camadas e ondulando com a passagem dos veículos, causando uma fadiga no pavimento.



Figura 19: Av. Desembargador Maynard

Fonte: Acervo pessoal

As panelas foram notadas em várias avenidas, atingindo camadas bem inferiores ou apenas a camada de ligação, mas em todas elas o perigo para o trânsito é evidente, seja desviando do buraco ou passando por cima, os condutores e ciclistas sentem o quão danoso é para o veículo e para o pavimento asfáltico.

Na Avenida Barão de Maruim (Figura 19), fica evidente a causa da panela em grande formação, a necessidade da drenagem correta é imensa, já mostrando as camadas inferiores e tornando-se intransitável nesse trecho. Causa diferente da Avenida Tancredo Neves (Figura 20) como já citado, conta com um alto fluxo de veículos pesados fazendo com que as camadas abaixo vão sendo afundadas, assim aparecendo as trincas interligadas e conseqüentemente as panelas, como visto na

figura (x) foi feito um remendo na localidade, mas como o remendo é uma medida paliativa, o buraco reapareceu.



Figura 20: Av. Barão de Maruim

Fonte: Acervo pessoal



Figura 21: Av. Tancredo Neves

Fonte: Acervo pessoal

Ainda na Avenida Tancredo Neves (Figura 21), outra panela chamou atenção pela quantidade agrupada e a forma que foi feito o remendo, revelando uma falta de padrão na aplicação e o aumento do desconforto da via.



Figura 22: Av. Tancredo Neves

Fonte: Acervo pessoal

Poucos foram os escorregamentos encontrados, configurando apenas 7% em relação ao total de pontos verificados, mas alguns desses escorregamentos são bastante notórios e também por terem causas diferentes. Na Avenida Desembargador Maynard, o pavimento asfáltico é bastante antigo e novas camadas de revestimento foram sendo sobrepostas, fazendo elevar as bordas (Figura 22.1) e escorregar o pavimento para a sarjeta (Figura 22.2). Causa diferente da Avenida Ivo do Prado (Figura 23), no trecho das estátuas do Folclore Sergipano que o asfalto é recente e já houve o escorregamento, mostrando o erro na dosagem da espessura do revestimento.



Figura 23.1: Av. Desembargador Maynard

Fonte: Acervo pessoal



Figura 23.2: Av. Desembargador Maynard

Fonte: Acervo pessoal



Figura 24: Av. Ivo do Padro

Fonte: Acervo pessoal

A exsudação é um defeito que facilmente pode ser confundido com a sujeira deixada pelos pneus, por isso é o único defeito que necessita a verificação, limpando uma pequena parte para descartar a sujeira. Mas a exsudação tem como principal característica o brilho característico dos óleos e por formar uma planície escorregadia, retirando a aderência necessária do revestimento asfáltico. Com pouco aparecimento nas avenidas de Aracaju, somente na Avenida Dr. José Thomaz D'ávila Nabuco (Figura 24) a retratação foi possível, por haver um menor trânsito no momento da avaliação. Suas possíveis causas seriam a má dosagem do ligante na mistura asfáltica, fazendo ser bombeado para o meio de menor pressão e a adesão dos ônibus coletivos de um caminho pré-estabelecido na faixa, fadigando o asfalto em um formato de trilho.



Figura 25: Av. Dr. José Thomaz D'ávila Nabucco

Fonte: Acervo pessoal

Como já mencionado sobre o péssimo estado de conservação da Avenida Desembargador Maynard (Figura 25), o aparecimento de desgaste é um defeito inevitável e recorrente em toda sua extensão, mostrando a necessidade da manutenção na via. O desgaste também é ponto de partida para defeitos maiores, pois com a passagem de veículos, há a exposição e polimento dos agregados da superfície e conseqüentemente a sua extração, deixando assim caminhos para infiltrações e possíveis panelas. Fato também bastante recorrente na Avenida Tancredo Neves (Figura 26) pelo fato do pavimento ser antigo e o tráfego de veículos com alto carregamento e velocidades elevadas.



Figura 26: Av. Desembargador Maynard

Fonte: Acervo pessoal



Figura 27: Av. Tancredo Neves

Fonte: Acervo pessoal

Quando o revestimento asfáltico apresenta painelas, o procedimento a ser feito é a reposição do material no interior da panela e a aplicação do pavimento asfáltico de forma localizada, geralmente no formato retangular chamado de Remendo. Se a via necessitar de vários remendos, então não é mais indicado que o faça, primeiro deve-se tratar do defeito pré-existente e após a reaplicação de uma nova camada de revestimento asfáltico por inteiro. Chama a atenção nas Avenidas Tancredo Neves onde o remendo foi aplicado de forma errada (Figura 27), perdendo sua serventia muito cedo e na Avenida Beira Mar onde praticamente todo o trecho está com remendo e com grandes dimensões, já apresentando fissuras por não tratarem do defeito já existente (Figura 28).



Figura 28: Av. Tancredo Neves

Fonte: Acervo pessoal



Figura 29: Av. Beira Mar

Fonte: Acervo pessoal

Outros defeitos existentes, mas que não são classificados pelo DNIT nas avaliações, são as tampas de acesso às galerias subterrâneas, que por existirem a muito tempo no pavimento, não acompanham as manutenções nas vias, ficando em cotas de alturas diferentes, proporcionando assim um grande desconforto e até perigo aos usuários das vias.

Como há o impacto constante dos veículos com as bordas do revestimento asfáltico na tampa, o esfacelamento do revestimento se torna evidente, iniciando uma deterioração precoce do revestimento. Foram notados nas Avenidas Dr. José Thomáz D'ávila Nabuco (Figura 29.1); Hermes Fontes (Figura 29.2) e Heráclito Guimarães Rollemberg (Figura 29.3), e de forma diferente na Avenida Rotary (Figura 29.4), onde a tampa do acesso foi remendada de forma errada e proibida, pois não se deve obstruir o acesso às galerias subterrâneas.



Figura 30.1: Av. Dr José Thomaz D'ávila Nabuco

Fonte: Acervo pessoal



Figura 30.2: Av. Hermes Fontes

Fonte: Acervo pessoal



Figura 30.3: Av. Heráclito Guimarães Rollemberg

Fonte: Acervo pessoal



Figura 30.4: Av. Rotary

Fonte: Acervo pessoal

Das avenidas analisadas, algumas continham mais de um ponto de verificação por sua maior extensão e outras contendo apenas um, fato esse observado pela mudança de nomeação das avenidas ao cruzarem com outras, para melhor localização da população. A extensão total das vias analisadas de acordo com levantamento virtual realizado no software “Google Earth”, foi de 29,15Km e a extensão total das seções analisadas, levando-se em conta a distância de 20m entre pontos de verificação e os 6m analisados, assim totalizando 260m por seção analisada, como foram vistas 20 seções, a extensão analisada foi de 5,2 km. Dado esse que remete a 17,83% de todo pavimento asfáltico disposto nas vias em análise.

Com os devidos defeitos anotados nos formulários e calculados logo em seguida, os valores dos Índices de Gravidade Globais das Avenidas de Aracaju foram:

1 - Av. Ivo do Prado (Grande Beira Mar) a partir da Av. Barão de Maruim, sentido Mercado Municipal de Aracaju; →158 - Ruim

2 - Av. Beira Mar a partir da ponte do Parque dos Cajueiros, sentido Mercado Municipal de Aracaju; →82 - Ruim

3 - Av. Rotary a partir dos Arcos da Orla; →177 - Ruim

4 - Av. Murilo Dantas a partir da Av. Beira Mar, sentido Universidade Tiradentes; → 148 - Ruim

5 - Av. Murilo Dantas a partir da entrada da Universidade Tiradentes, sentido Beira Mar; → 48 - Regular

6 – Av. Dr. José Thomaz D’ávila Nabuco a partir da Rua H quatro, sentido Av. Heráclito Guimarães Rollemberg; → 157 - Ruim

7 – Av. Dr. José Thomaz D’ávila Nabuco a partir da Av. Heráclito Guimarães Rollemberg, sentido Universidade Tiradentes; → 67 - Regular

8 – Av. Hermes Fontes a partir da Av. Barão de Maruim, sentido Terminal DIA; → 159 - Ruim

9 – Av. Hermes Fontes a partir da Av. Edésio Vieira de Melo, sentido Terminal DIA; → 216 – Péssimo

10 – Av. Hermes Fontes a partir da Rua Promotor Arquibaldo Mendonça, sentido Terminal DIA; → 286 - Péssimo

11 – Av. Barão de Maruim a partir da Av. Ivo do Prado, sentido Av. Desembargador Maynard; → 190 - Péssimo

12 – Av. Barão de Maruim a partir da Rua Lagarto, sentido Beira Mar; → 188 - Péssimo

13 – Av. Barão de Maruim a partir da Av. Desembargador Maynard, sentido Beira Mar; → 192 - Péssimo

14 – Av. Heráclito Guimarães Rollemberg, a partir da av. Beira Mar, sentido bairro Farolândia; → 228 - Péssimo

15 – Av. Heráclito Guimarães Rollemberg a partir do posto de gasolina 14 BIS, sentido bairro Farolândia; → 222 - Péssimo

16 – Av. Presidente Tancredo Neves a partir do Hospital de Urgência de Sergipe (HUSE), sentido DETRAN-SE; → 360 - Péssimo

17 – Av. Presidente Tancredo Neves a partir da Rua João Ouro, sentido DETRAN-SE; → 99 - Ruim

18 – Av. Presidente Tancredo Neves a partir da Av. Beira Mar, sentido DETRAN-SE; → 82 - Ruim

19 – Av. Desembargador Maynard a partir da Av. Barão de Maruim, sentido Instituto Federal de Sergipe; → 243 - Péssimo

20 – Av. Desembargador Maynard a partir da Rua Riachão, sentido Instituto

Federal de Sergipe; → 233 - Pésimo

Para um maior entendimento dos valores do presente estudo, são mostrados gráficos, Gráfico 4, e tabelas, como a Tabela 8, que auxiliarão na retratação das vias analisadas:

Levantamento de Defeito Por Seção

CÓDIGO DA AV.	FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE	ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R
1	9	5	1	5	1	0	0	1	0	0	6	0	0	1	0	1	1	0	0	4
2	7	3	5	3	5	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
3	8	4	1	2	6	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	1	0	0	6	4
4	1	5	2	2	4	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	4	10
5	8	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
6	9	5	1	3	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	2	3	0	2	6
7	8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0
8	10	2	7	0	9	0	2	1	0	0	3	0	1	2	0	1	0	0	5	6
9	10	3	6	1	7	0	2	3	0	0	5	0	3	2	0	2	2	0	3	10
10	9	2	7	0	8	0	5	1	1	0	8	2	1	0	0	6	1	0	3	10
11	7	5	5	6	2	0	0	3	0	0	4	2	0	4	0	0	1	1	0	3
12	8	4	5	1	5	0	0	2	0	0	3	3	1	4	0	0	1	1	1	4
13	9	7	2	1	5	0	0	0	0	0	4	2	2	4	0	0	2	1	0	3
14	7	1	3	0	6	0	3	2	0	0	5	3	0	0	0	1	0	0	4	4
15	7	3	1	2	2	0	3	0	2	0	1	1	0	3	0	0	0	0	8	8
16	9	3	1	4	4	0	9	0	0	0	0	8	0	3	0	0	0	0	2	10
17	8	3	1	4	7	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	6
18	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	10	2
19	9	2	7	0	9	3	4	0	2	0	1	4	1	2	1	1	2	0	5	5
20	5	0	9	0	10	5	5	1	1	0	5	1	1	1	0	1	1	0	6	8
SOMATORIO	151	61	64	35	90	8	41	19	6	0	53	30	11	29	1	21	14	5	69	112
% DE EXISTÊNCIA	75,5	30,5	32	17,5	45	4	20,5	9,5	3	0	26,5	15	5,5	14,5	0,5	10,5	7	2,5	34,5	56

Tabela 8: Levantamento de Defeito por Seção

Fonte: Acervo Pessoal

Do panorama das vias em relação ao seu IGG, ocorreu o esperado para as vias brasileiras, onde os procedimentos são de modo paliativo, não procurando sanar toda a problemática da localidade e sim de forma pontual, resolvendo de forma superficial e deixando desnivelamentos desconfortáveis para os usuários.

Índice de Gravidade Global

■ ÓTIMO ■ BOM ■ REGULAR ■ RUIM ■ PÉSSIMO

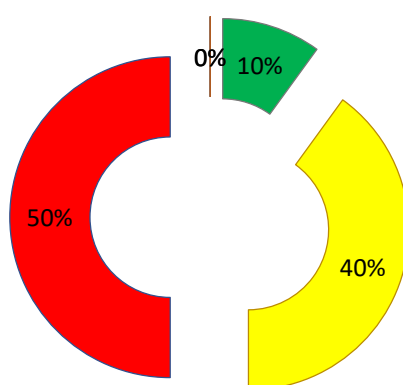


Gráfico 4: Índice de Gravidade Global

Fonte: Acervo pessoal

Nenhuma das seções apresentaram resultados ótimos ou bons, tendo como melhor resultado o status REGULAR com 10% das vias, RUIM com 40% das vias e PÉSSIMO com 50% das vias, resultando na preocupação da vida útil das vias assim como em todas as partes do Brasil.

5. CONCLUSÃO

O Brasil batalha há bastante tempo para tornar-se um país competitivo internacionalmente no segmento econômico, fazendo assim habitar o time dos seletos países mandatário das exportações no mundo. Mas todo esse esforço sofre revés no próprio mecanismo interno, desacelerando todo o crescimento que o investimento recorrente concederia, fazendo o Brasil atuar em apenas cerca de 1% de toda mercadoria em movimento no mundo.

Um dos pilares que faz a economia estacionar é o estrangulamento das movimentações em somente um modal de transporte, o rodoviário. Sendo tão acionado por todos por ser menos custoso e muitas vezes conseguir transportar uma carga relevante de uma só vez, barra em problemas rotineiros que acabaram entrando na cultura das entregas e fazendo com que fossem menosprezados por ainda assim ser menos custoso que os outros meios.

Devido à sua grande importância, que se faz necessário um monitoramento frequente e detalhado das vias e rodovias do país para que a qualidade, conforto e segurança dos usuários sejam evolutivo, independente da região ou acionamento da via por grandes cargas.

Como relatado no país inteiro, em Aracaju, capital do estado de Sergipe, a situação não fugiu dos padrões, obtendo valores de Índice de Gravidade Global entre REGULAR e PÉSSIMO, valores que estão iguais ou abaixo do aceitável segundo os órgãos competentes para tal, demonstrando entre outros: a falta de qualidade na aplicação do pavimento asfáltico flexível, emprego de materiais de qualidade inapropriada e falha de projeto na previsão de carga e fadiga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Frank C. F. **Materiais e Processos Construtivos: Materiais Betuminosos**. São José dos Campos, 2006.

APS, Marcia; BALBO, José T.; SEVERI, Andréa A. **Avaliação Superficial De Pavimentos Asfálticos Em Vias Urbanas Utilizando O Método Do PCI**. In: Reunião Anual de Pavimentação, 31., 1998, São Paulo. **Anais**. São Paulo, 1998.

AZAMBUJA, Andrey R. **Pavimentos Asfálticos: Análise de Patologias na Repavimentação de Trechos Devido a Obras de Rede de Esgoto Sanitário**. Porto Alegre, 2009. p. 31-35.

BERNUCCI, B. L. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para Engenheiros**. 3 ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS : ABEDA, 2006. Cap 1, p. 9-13.

BERNUCCI, B. L. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para Engenheiros**. 3 ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS : ABEDA, 2006. Cap 3, p. 122-123.

BERNUCCI, B. L. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para Engenheiros**. 3 ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS : ABEDA, 2006. Cap 7, p. 337-339.

BERNUCCI, B. L. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para Engenheiros**. 3 ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS : ABEDA, 2006. Cap 9, p. 403; 407; 424-426; 429-430.

BERNUCCI, B. L. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para Engenheiros**. 3 ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS : ABEDA, 2006. Cap 10, p. 442.

BERTOLLO, Aparecida M. **Considerações Sobre a Gerência de Pavimentos Urbanos em Nível de Rede**. 1997. 211f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Universidade de São Paulo. São Carlos, 1997. p. 35.

COELHO, Marcos G. A. **Avaliação Funcional E Estrutural De Pavimento Flexível - Estudo De Caso - Rodovia Ba 160 – No Sub-Trecho: Ibotirama / Povoado De Volta**

Das Pedras. 2009. 147f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

CENTRO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Brasil tem apenas 12,3% da Malha Rodoviária com Pavimento.** 2016. Disponível em <www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/brasil-tem-apenas-12-da-malha-rodoviaria-com-pavimento>. Acesso em 04 de outubro de 2018.

CENTRO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias.** Brasília. 2018. Disponível em <<http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/conheca-principais-defeitos-pavimento>>. Acessado em: 10 de outubro de 2018.

CHIOVETO, Arnaldo T. *Estradas 2: Revestimentos Flexíveis Betuminoso.* Mato Grosso, 2016.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DER IP-DE-P00/003:** Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 308-97:** Pavimentação – tratamento superficial simples. Rio de Janeiro, 1997a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 309-97:** Pavimentação – tratamento superficial duplo. Rio de Janeiro, 1997b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 310-97:** Pavimentação – tratamento superficial triplo. Rio de Janeiro, 1997c.

DEPARTAMENTO NACIONAL ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER 311/97:** Pavimentos flexíveis – Macadame betuminoso de penetração superior – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1997d.

DEPARTAMENTO NACIONAL ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 24/94:** Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Normas para o Projeto das Estradas de Rodagem.** Rio de Janeiro, 1973. p. 15.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **DNIT 005/2003 TER**: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia. Rio de Janeiro, 2003b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **DNIT 006/2003 PRO**: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro, 2003a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro: 2006. Cap 3, p. 95-100.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro: 2006. Cap 4, p. 159.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Rio de Janeiro: 2004a. Cap. 4, p. 93–104.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Rio de Janeiro: 2004a. Cap. 5, p. 160-183.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 138/2010 ES**: Pavimentos flexíveis – Reforço do subleito – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 031/2004 ES**: Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2004b.

ERHART, Sabrina; PALMEIRA, Eduardo M. **Análise do Setor de transportes**. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, 2006. p. 2.

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE RIBEIRÃO PRETO. **Portos mais ágeis podem aumentar exportações brasileiras**. 2015. Disponível em <<http://www.usp.br/agen/?p=218804>>. Acessado em: 29 de setembro de 2018.

GEWEHR, Juliano. **Vida Útil do Pavimento e de sua Estrutura**. 2015. Disponível em: <<http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2015/04/vida-util-do-pavimento-e-de-sua.html>>. Acessado em: 10 de Outubro de 2018.

LEVY, Ioel. **Subleito e Sub-Base: Suas Especificações**. Obra 24horas, 2010. Disponível em: <<http://www.obra24horas.com.br/artigos/revestimentos/subleito-e-sub-base--suas-especificacoes>>. Acesso em: 14 de setembro de 2018.

MACHADO, Denise M. C. **Avaliação de Normas de Identificação Defeitos para Fins de Gerência de Pavimentos Flexíveis**. 2013. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013. p. 98-99.

MARQUES, Gabriele B. **Análise de Pavimento Flexível: Estudo de um Trecho Crítico na Rodovia ERS-421**. Lajeado: UNIVATES, 2006.

MARQUESINI, Diovani R. **Avaliação Funcional e Estrutural de um Seguimento da Rua Minas Gerais no Município de Tuneiras do Oeste – PR**. 2012. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Paralelepípedo e Alveira Poliédrica – Manual de Utilização**. Paraná, 1983.

NATIONAL ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION. **History of Asphalt**. 2002. Disponível em <http://asphaltpavement.org/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=268>. Acessado em: 05 de outubro de 2018.

PÉRA, Thiago. 2007. **Pesquisa quantifica perdas logísticas de soja e milho no Brasil**. Jornal da USP. Disponível em <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-agrarias/pesquisa-quantifica-perdas-logisticas-de-soja-e-milho-no-brasil/>>. Acessado em: 29 de setembro de 2018.

PEREIRA, Deividi. **Avaliação Funcional de Pavimentos**. 2017.

RIBEIRO, Priscila C. C.; FERREIRA, Karine A. **Logística e Transportes: Uma Discussão sobre os Modais de Transporte e o Panorama Brasileiro**. Curitiba, 2002. p. 6.

RIVERO J. **O Primeiro Asfalto do Brasil História Av Washington Luis**. 2013. (4m43s). Disponível em <https://youtube.com/channel/UCNtV5_OehV81-s0kzgSDtdg>. Acessado em: 05 de outubro de 2018.

SOLANKI, Pranshoo; ZAMAN, Musharraf. **Design of semi-rigid type of flexible pavements**. International Journal of Pavement Research and Technology. USA, 2017. p. 100.

SILVEIRA, Joel; WANG, Kelvin C. P. **Avaliação de Pavimentos**. In: ENCONTRO TÉCNICO DO DEPARTAMENTO DE ESTRADA E RODAGEM DO PARANÁ, 16., 2012, Curitiba. **Anais**. Curitiba: CTVIAS, 2012.

VIEIRA, Suyanne A. *et al.* **Análise Comparativa de Metodologias de Avaliação de Pavimentos Através do IGG e PCI**. Fortaleza, 2016.