



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

LUAN MORAIS GUEDES

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) DE TRECHO
RECONSTRUÍDO DA RODOVIA PB-111**

ARARUNA-PB

2016

LUAN MORAIS GUEDES

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) DE TRECHO
RECONSTRUÍDO DA RODOVIA PB-111**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Ma. Maria das Vitórias do
Nascimento.

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Baracuy da
Cunha Campos.

ARARUNA

2016

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

924 Guedes, Luan Morais
Determinação Do índice De Gravidade Global (igg) De Trecho Reconstruído Da Rodovia Pb-111 [manuscrito] / Luan Morais Guedes. - 2016.
65 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA CIVIL) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2016.
"Orientação: Maria das Vitórias do Nascimento, Departamento de Engenharia Civil".
"Co-Orientação: Daniel Baracuy da Cunha Campos, Departamento de Engenharia Civil".
1. Defeitos. 2. Gravidade Global. 3. Pavimentos Flexíveis I.
Título.

21. ed. CDD 531.14

LUAN MORAIS GUEDES

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) DE TRECHO
RECONSTRUÍDO DA RODOVIA PB-111**

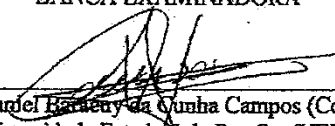
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

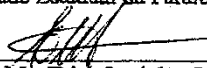
Orientadora: Prof. Ma. Maria das Vitórias do
Nascimento.

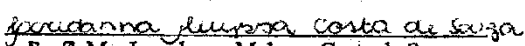
Coorientador: Prof. Dr. Daniel Baracuy da
Cunha Campos.

Aprovada em: 25/05/2016

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos (Coorientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. M^c. Erick Leal dos Santos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Ma. Loredanna Melyssa Costa de Souza
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho a minha mãe, por todo seu amor, dedicação, apoio incondicional e por não medir esforços para que eu chegasse até aqui, sem a ajuda dela não teria conseguido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à DEUS, por permanecer sempre ao meu lado durante toda essa caminhada e com sua misericórdia transforma as dificuldades em vitórias.

Em seguida, gostaria de agradecer a todos meus familiares, de forma especial a minha mãe Maria Morais de Lucena Guedes, pelo carinho, apoio incondicional e por permanecer sempre ao meu lado me incentivando, e muitas vezes sacrificando os seus sonhos para a realização de meu. Agradeço também a minha avó Severina Morais de Lucena, meu irmão Luiz Leonardo Morais Guedes, meus tios e tias, pelo carinho e incentivo nessa árdua caminhada.

À Lara Fernandes pelo incentivo, apoio, carinho, cumplicidade e motivação para conseguir a realização desse sonho, bem como a ajuda para o termino desse trabalho.

Aos meus amigos/irmãos Alan Victor, Thiago Araújo, Douglas Cavalcante, Lucas Leitão, Pedro Leitão, Phillipy Johny, Gildazio Morais que sempre estiveram presente durante toda a graduação apoiando e incentivando a permanecer em buscar da realização do desse sonho.

Aos meus grandes irmãos Claudio Filho, Micaella e João Luiz, por todos os momentos compartilhados, todo apoio e incentivo que foi me dado durante a graduação

À Dona Marizete por ter sido minha segunda mãe durante toda a graduação, com todo o apoio possível e ajuda nos dias difíceis.

Aos que sempre estiveram ao meu lado dentro e fora da universidade, que sempre me ajudaram e incentivaram nos momentos difíceis durante esses cinco anos, a família que forma o grupo Casa de Vó: Pedro Liberato, Deividly Lem, Kássia Shinhorelli, Caio Ribeiro, Diogo Amorin e Diego Rocha.

Aos meus amigos Júlio Rodrigues e Gilson Ludgério por me ajudarem na coleta de dados para a realização desse trabalho. Estendo o agradecimento a meus amigos Halan Fernandes, Agnaldo Junior, Walter Ubiratan por todo apoio, incentivo e conversas.

Aos funcionários da UEPB, em especial a Isabella Belmiro e Joaline Costa, que sempre estiveram disposta a ajudar.

E a todos que me ajudaram de forma direta ou indireta, que DEUS abençoe e guie sempre a vida de cada um.

Muito obrigado!

“A expressão avaliação estrutural, em seu sentido mais amplo, abrange a caracterização completa de elementos e variáveis estruturais dos pavimentos que possibilite uma descrição objetiva de seu modo de comportamento em face das cargas do tráfego e ambientais, de modo a possibilitar a emissão de julgamento abalizado sobre a capacidade portante de um pavimento existente diante das futuras demandas do tráfego”.

José Tadeu Balbo

RESUMO

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que a camada responsável por receber diretamente a ação do tráfego (camada de rolamento), é composta por uma mistura de agregados minerais e ligante betuminoso. Este tipo de pavimento é utilizado predominantemente na maioria das rodovias brasileiras, sendo o mesmo projetado para que suas características de desempenho sejam eficazes para uma determinada vida útil. No entanto, muitas rodovias começam a apresentar defeitos precocemente, devido a fatores construtivos e de projeto. O presente trabalho teve como objetivo calcular o Índice de Gravidade Global (IGG) de um trecho da rodovia PB-111 na saída da cidade de Cacimba de Dentro - PB em direção a PB -105, localizado no Curimataú Paraibano. O referido trecho foi reconstruído recentemente, sendo utilizado microrrevestimento. Todavia, já apresenta inúmeros defeitos, os mesmos foram inventariados utilizando os procedimentos adotados pelo DNIT e descritos nas normas DNIT – TER 005/2003 e DNIT–PRO 006/2003, a fim de calcular o Índice de Gravidade Global (IGG), procedimento que atribui uma nota ao pavimento, a qual representa seu estado de conservação e direciona que medidas devem ser adotadas para sua recuperação. O levantamento de dados foi realizado mediante visitas *in loco*, em que são anotados em planilha específica a cada 20m os defeitos encontrados para posteriormente calcular o IGG. O trecho avaliado apresentou um elevado valor de IGG, demonstrando o grau de deterioração do trecho em análise, o que reflete diretamente nas condições de segurança e conforto.

Palavras-Chave: Defeitos. Índice de Gravidade Global. Pavimentos flexíveis.

ABSTRACT

Flexible floor coverings are those wherein the layer responsible for directly receiving the action of traffic (bearing layer) is composed of a mixture of mineral aggregate and asphalt binder. This type of flooring is used predominantly in most Brazilian roads, the same being designed that its performance characteristics are effective for a given lifetime. However, many roads begin to show defects early due to construction factors and design. This study aimed to calculate the Global Severity Index (IGG) of a stretch of highway PB-111 out of the town of Cacimba de Dentro – PB toward PB-105 located in Curimataú paraibano. That stretch was recently rebuilt and is used microrrevestimento. However, already has numerous defects, they were inventoried using the procedures adopted by the DNIT and described in the rules DNIT – TER 005/2003 e DNIT–PRO 006/2003 in order to calculate the Global Severity Index (IGG), a procedure that assigns a score to the floor, which is your condition and directs that measures should be adopted for recovery. The data collection was carried out through on-site visits, they are logged in a spreadsheet specifies every 20m defects found later to calculate the IGG. The section evaluated presented a high value IGG, showing the degree of deterioration of the passage in question, which directly reflects the conditions of safety and comfort.

Keywords: Defects. Global Severity Index . Flexible Pavements .

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 -	Distribuição de pressões sobre os pavimentos	22
Figura 02 -	Trecho escolhido para avaliação	46
Figura 03 -	Buracos ou Panelas	56
Figura 04 -	Trincas longitudinais	56
Figura 05 -	Trincas interligadas tipo “couro de jacaré”	57
Figura 06 -	Desgaste e Trinca longitudinal	57
Figura 07 -	Escorregamento	58
Figura 08 -	Trinca transversal	58
Figura 09 -	Afundamento local plástico	59
Figura 10 -	Remendo	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Codificação e classificação dos defeitos do pavimento flexível	42
Quadro 02 – Calculo do IGG da rodovia PB-111	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Conceito de degradação do pavimento em função do IGG	43
Tabela 02 – Fator de ponderação	45
Tabela 03 – Levantamento dos defeitos no trecho estudado (Parte I)	50
Tabela 04 – Levantamento dos defeitos no trecho estudado (Parte II)	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PB	Paraíba
CNT	Confederação Nacional de Transporte
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IGG	Índice de Gravidade Global
CBR	California Bearing Ratio
ISC	Índice de Suporte California
VDM	Volume Diário Médio
CA	Concreto Asfáltico
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente
AAUQ	Areia Asfalto Usinada à Quente
PMQ	Pré Misturado à Quente
PMF	Pré Misturado à Frio
SMA	Stone Matrix Asphalt
CPA	Camada Porosa de Atrito
TSS	Tratamento Superficial Simples
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TST	Tratamento Superficial Triplo
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
TTC	Trinca Transversal Curta
TTL	Trinca Transversal Longa
TLC	Trinca Longitudinal Curta
TLL	Trinca longitudinal longa
TRR	Trinca por Retração
J	Trinca Tipo “Couro de Jacaré”
JE	Trinca Tipo “Couro de Jacaré” com Erosão
TB	Trinca Tipo “Bloco”
TBE	Trinca Tipo “Bloco” com Erosão
ALP	Afundamento Plástico Local
ATP	Afundamento Plástico da Trilha
ALC	Afundamento de Consolidação Local
ATC	Afundamento de Consolidação Da Trilha
O	Ondulação
E	Escorregamento
EX	Exsudação
D	Desgaste
P	Panelas
R	Remendos

TRI	Trilha de Roda Interna
TER	Trilha de Roda Externa
Km	Quilometro
M	Metros
Mm	Milímetros
Fr	Frequência Relativa
Fa	Frequência Absoluta
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
CCR	Concreto Compactado a Rolo
BGS	Brita Graduada Simples
BGTS	Brita Graduada Tratada com Solo

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO.....	16
2.0	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos	18
3.0	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1	Situação do Brasil	19
3.2	Definição de pavimento.....	19
3.3	Camadas do Pavimento.....	20
3.4	Tipos de pavimentos	21
3.4.1	Pavimento Rígido	23
3.4.2	Pavimento Flexíveis	24
3.5	Tipos de revestimentos asfálticos	24
3.5.1	<i>Misturas usinada</i>	25
3.5.1.1	<i>Concreto Asfáltico</i>	25
3.5.1.2	<i>Areia asfáltico a quente (AAUQ)</i>	26
3.5.1.3	<i>Stone Matrix Asphalt (SMA)</i>	27
3.5.1.4	<i>Gap-Graded</i>	28
3.5.1.5	<i>Camada porosa de atrito</i>	29
3.5.1.6	<i>Microrrevestimento</i>	30
3.5.1.7	<i>Lama Asfáltica</i>	34
3.5.2	<i>Misturas fabricadas na pista</i>	36
3.5.2.1	<i>Tratamento superficial</i>	36
3.6	Tipos de defeitos nos pavimentos flexíveis	39
3.7	Cálculo do Índice de Gravidade Global	43
4.0	ESTUDO DE CASO.....	46
4.1	Breve histórico	46
5.0	METODOLOGIA.....	48
6.0	RESULTADO E DISCUSSÕES	49
7.0	CONCLUSÕES	60
	REFERÊNCIAS	61

1.0 INTRODUÇÃO

A humanidade sempre buscou uma forma de facilitar seu deslocamento, para satisfazer suas necessidades e realizar com rapidez e conforto suas obrigações. A evolução dos meios de transportes é de grande importância, dessa forma vem a necessidade do aumento das rodovias pavimentadas, com qualidade de rolamento e conforto para os usuários. À medida que os transportes foram tendo uma maior importância na sobrevivência dos povos, surgiu a necessidade de suprir um grande problema, os caminhos necessitam ser transitáveis em qualquer época do ano

O pavimento é projetado e executado com o objetivo de resistir aos esforços solicitantes do tráfego e garantir as condições de segurança aos usuários. Sendo considerado uma superestrutura composta por camadas finitas sobre um terreno de fundação.

O desafio de projetar um pavimento, está relacionado com a dificuldade de realizar uma obra de engenharia que obedeça às demandas estruturais e funcionais. Dessa forma, um ponto bastante importante é que o pavimento seja dimensionado da maneira mais econômica possível. O conjunto de camadas e o subleito devem oferecer um desempenho adequado, relacionado à capacidade de suporte e à durabilidade compatível com o padrão da obra e o tipo de tráfego, bem como a segurança dos usuários e o conforto ao rolamento.

O estudo do estado da superfície de um pavimento, ou seja, a análise dos defeitos encontrados em uma rodovia, assim como suas prováveis causas, possibilita concluir quais as medidas necessárias para melhorar a qualidade do pavimento. A avaliação dos dados coletados sob as condições do pavimento também pode ser utilizada como parâmetro para a realização de obras de manutenção, preventiva e corretiva.

As condições funcionais do estado superficial dos pavimentos podem ser refletidas através do índice de gravidade global (IGG), esse conceito serve para distinguir casos, subdividindo-os em classes, a referência ao valor calculado não pode ser substituída por esse conceito atribuído pelo IGG, devido alguns segmentos apresentarem diferentes valores de IGG, porém o mesmo conceito, dessa forma tendo diversas condições a serem consideradas no projeto de restauração. Um bom diagnóstico dos defeitos com observações globais, identificando as causas que levaram às patologias é imprescindível para um adequado projeto de restauração.

Os pavimentos flexíveis são os mais executados nas rodovias brasileiras, esses são composto tipicamente por camadas de: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito. Neste trabalho é apresentado o valor de IGG, calculado para um pequeno trecho de uma rodovia estadual, PB – 111, reconstruída recentemente em microrrevestimento, a qual já apresenta inúmeros defeitos, afetando o conforto ao rolamento e as condições de segurança aos usuários.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Calcular o Índice de gravidade global (IGG) de um trecho reconstruído em mistura betuminosa do tipo microrrevestimento na rodovia PB-111.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar visualmente o trecho escolhido e anotar os defeitos encontrados a cada 20 m em planilha específica adotada pelo DNIT.
- Qualificar e quantificar os defeitos, a fim de calcular o IGG.

3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Situação do Brasil

Segundo a Confederação Nacional de transporte (CNT, 2015), 57,3% das rodovias brasileiras apresentaram algum tipo de deficiência no estado geral (que inclui a avaliação conjunta do pavimento, da sinalização e da geometria da via), sendo que 3% estavam em péssimo estado, 16,1% ruim e 34,9% regular. Possuem condições adequadas de segurança e desempenho 42,7%, que tiveram classificação ótimo ou bom no estado geral.

Em pesquisa realizada pela CNT, em 2015 relacionada ao pavimento, foram identificados 48,6% da extensão com algum tipo de deficiência. A sinalização apresenta problemas em 51,4% da extensão avaliada, e a geometria da via em 77,2%. Os problemas das rodovias brasileiras tornam-se ainda mais graves com a constatação de que 86,5% dos trechos avaliados apresentam rodovias simples de mão dupla.

A depreciação da malha rodoviária é resultado da falta de ações voltadas para a manutenção e para a expansão da infraestrutura de transportes, decorrente da redução do fluxo de recursos destinado ao setor de transportes. O declínio do aporte de recursos para as obras de transporte foi provocado, entre outros fatores, pela crise econômica por que passou o Brasil nos anos oitenta, como também pela desvinculação dos recursos orçamentários destinados ao setor. (CNT, 2011)

De acordo com a CNT (2015) O histórico desse estudo consolidado revela a necessidade de priorizar o setor de transporte para que a logística se torne mais competitiva e que o Brasil ofereça melhores condições de segurança para a sociedade. As indicações da Pesquisa CNT de Rodovias são uma referência para a definição e aplicação dos recursos de forma eficaz.

3.2 Definição de pavimento

É uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. (BERNUCCI et al., 2008).

Segundo Santana (1993), Pavimento é uma estrutura construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a função principal de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser conseguidos sob o ponto de vista da engenharia, isto é, com a máxima qualidade e o mínimo custo.

Formado por camadas de diferentes características, as quais tem a função de resistir e distribuir as cargas sobre o plano subjacente, protegendo assim o subleito – camada mais simples do pavimento; apresentando superfície adequadamente resistente à abrasão, com textura e declividade capazes de oferecer segurança e conforto para sua utilização por seres vivos e veículos.

3.3 Camadas do pavimento

O pavimento apresenta uma estrutura com diferentes camadas, espessuras e materiais constituintes, as camadas superiores são responsáveis por receber e transmitir os esforços reduzindo as pressões sobre as camadas inferiores. Segundo Senço (2007), como a pressão aplicada é reduzida com a profundidade, as camadas superiores estão submetidas a maiores pressões, exigindo na sua construção materiais de melhor qualidade. Para a mesma carga aplicada, a espessura do pavimento deverá ser tanto maior quanto pior forem as condições do material de subleito.

As principais camadas do pavimento são:

- **Subleito:** Terreno de fundação do pavimento que é a camada final, já terraplenado, o qual receberá as camadas seguintes, caso seja necessário realiza-se um reforço do subleito. A principal função do pavimento é proteger o subleito da ação do tráfego.

- **Reforço do subleito:** É formada por materiais oriundos de empréstimos, os quais devem apresentar características superiores às do subleito, no entanto inferiores ao da sub-base, essa camada apresente espessura transversal constante e longitudinal variável. Deve ser executada principalmente devido a circunstâncias técnicas econômicas, por possibilitar a redução da quantidade de material

- **Sub-base:** Camada corretiva do subleito, ou complementar à base, é recomendada utiliza-la por circunstâncias técnico econômicas, ou quando não for aconselhável construir a base diretamente sobre o reforço. Pode ser usada para regularizar a base ou até reduzir a

espessura da mesma. De acordo com o DNIT os materiais empregados devem ter ISC (Índice Suporte Califórnia) superior a 20% e expansão máxima de 1%.

- **Base:** É responsável por resistir e distribuir os esforços provenientes do tráfego, aliviando assim as tensões nas camadas inferiores, principalmente no subleito. Essa camada é a que sofre maior ação das tensões por isso deve apresentar materiais de excelente qualidade, bem como ser construída de forma adequada. Permite também a drenagem das águas por meio de drenos, além de resistir a tensões e deformações atuantes. Segundo Bernucci et al. (2008), os materiais mais utilizados são: Brita graduada simples (BGS); brita corrida; macadame hidráulico e seco; misturas estabilizadas granulometricamente, solo-agregado, solo natural; solo melhorado com cimento ou cal, concreto compactado a rolo (CCR), brita graduada tratada com solo (BGTS).

- **Revestimento:** É a camada que deve ser o máximo possível impermeável, está também é responsável pelo contato direto com pneus dos veículos e a ação climática, elaborada com o objetivo de melhorar as condições de tráfego quanto à comodidade e segurança, assim como resistir aos esforços atuantes nele, levando a superfície de rolamento ser mais durável. Essa camada deve ser tanto quanto possível impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento, que são variados conforme a carga e a velocidade dos veículos. (Bernucci, 2008)

Já Senço (2007) define revestimento como a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do tráfego e destinada a melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, ou seja, aumentando a durabilidade da estrutura.

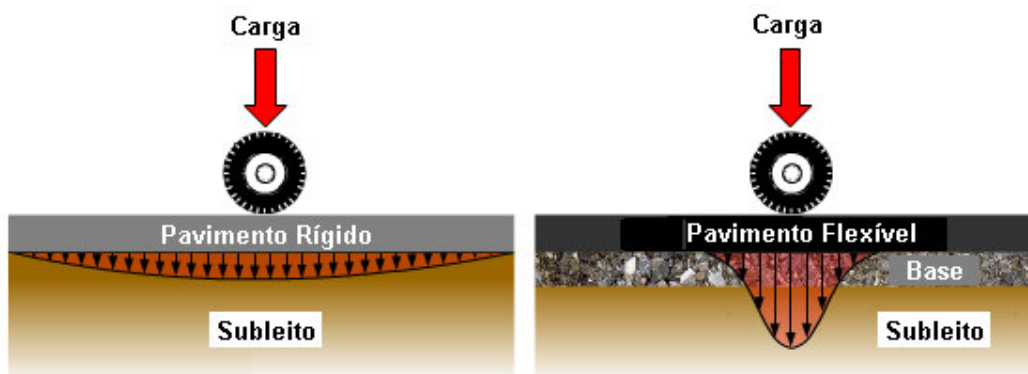
3.4 Tipos de pavimentos

Segundo Bernucci et al. (2008), classificam os pavimentos em: Pavimentos rígidos, os quais são compostos por placas de concreto Portland e os pavimento flexível que são revestidos por materiais asfálticos.

Esses tipos de pavimentos apresentam diferentes formas de distribuição das cargas. Devido ao seu elevado módulo de elasticidade o pavimento rígido tende a refletir a carga sobre as placas de concreto resultando em pressões verticais bem distribuídas pelas camadas de sub-base, assim o concreto fornece uma maior capacidade de carga do pavimento. Já o pavimento

flexível apresentar um maior número de camadas com função de reduzir a carga refletida ao subleito. Como podemos ver na figura 01:

Figura 01 – Distribuição de pressões sobre os pavimentos.



Fonte: Andrade, 2010

O pavimento flexível é constituído por revestimento asfáltico sob camada de base granular ou sob camada de base de solo estabilizado granulometricamente, e os esforços provenientes do tráfego são absorvidos pelas diversas camadas constituintes. Já o pavimento rígido é constituído por placas de concreto assentadas sobre camadas de sub-base granular ou cimentada. Os esforços oriundos do tráfego são absorvidos pelas placas de concreto resultando em pressões verticais bem distribuídas pelas camadas de sub-base.

A escolha de cada tipo de pavimento depende de vários fatores. No entanto, utiliza-se os pavimentos flexíveis na maior parte das aplicações devido ter um menor custo inicial e por serem executados mais rapidamente, porém com o passar do tempo esse necessita de várias manutenções e recuperações, com prejuízo ao tráfego e elevando o seu custo, já os pavimentos rígidos são mais utilizados em tráfegos com de zonas urbanas e de maior intensidade, o qual não necessita de tantos reparos, o que mantém o fluxo de veículos sem interrupções.

Segundo o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias do DNIT (2010), para possuir um grau de segurança adequado, o pavimento deve atender aos seguintes atributos:

- Suportar os efeitos do mau tempo;
- Permitir deslocamento suave;
- Não causar desgaste excessivo dos pneus e alto nível de ruídos;
- Ter estrutura forte;

- Resistir ao desgaste;
- Permitir o escoamento das águas (drenagem adequada);
- Ter boa resistência a derrapagens;

3.4.1 Pavimento Rígido

São aqueles pouco deformáveis, constituídos principalmente de concreto de cimento Portland que Rompem por tração na flexão, quando sujeitos a deformações. (SENÇO, 2007).

Segundo o departamento de transporte da Universidade Federal do Paraná Eventualmente os pavimentos rígidos podem ser reforçados por telas ou barras de aço, que são utilizados para aumentar o espaçamento entre as juntas promovendo um reforço estrutural.

De acordo com Altair Santos (2014) No Brasil, o pavimento rígido tornou-se uma ótima opção em grande parte das capitais, para ser utilizado em corredores de ônibus, devido a constante solicitação por parte dos ônibus, é utilizado na grande maioria dos países desenvolvidos para a construção de rodovias, todas as metrópoles do país apresentam o trafego do transporte público executados de concreto.

Apesar de no Brasil a obra mais relevante executada em pavimento rígido ter sido a duplicação da BR 101 Nordeste, com mais de mil quilômetros em concreto, estima-se que essa quantidade de quilômetros já tenha sido construída nas capitais para o uso de Bus Rapid Transit. De acordo com o Engenheiro Civil Hugo Rodrigues Filho (2014) diretor de comunicação da Associação brasileira de cimento Portland (ABCP) o pavimento de concreto é a única solução para corredores exclusivos de ônibus, perimetrais urbanas e marginais.

Tipos de pavimentos rígidos:

- Concreto simples;
- Concreto com barra de transferência;
- Concreto com armadura distribuída descontínua sem função estrutural;
- Concreto com armadura distribuída contínua sem função estrutural;
- Concreto estruturalmente armado;
- Concreto protendido

3.4.2 Pavimento Flexíveis

Os pavimentos flexíveis podem apresentar misturas betuminosas fabricadas a frio e misturas betuminosas a quente, de acordo com Silva (2009), as misturas betuminosas fabricadas a frio são produzidas, espalhadas e compactadas sem aquecimento dos materiais e são compostas por agregados aos quais se junta uma emulsão betuminosa (ligante), podendo, ainda, adicionar água e aditivos. Estas misturas são, geralmente, aplicadas em camadas de pavimento onde as solicitações não são significativas. As misturas fabricadas a quente são produzidas de forma a que, pelo menos, um dos componentes, agregado ou betume, seja aquecido. Os componentes são misturados em central ou numa betoneira sendo posteriormente transportados, espalhados e compactados dando forma a uma camada de pavimento.

O pavimento flexível apresenta uma capacidade de suporte, a qual deriva de distribuições das cargas pelas camadas granulares superpostas – como definido anteriormente – próximo a superfície estão localizadas as de melhor qualidade, no entanto, a que apresenta maior importância é a base, visto do ponto de vista estrutural. No dimensionamento do pavimento flexível são consideradas as características geotécnicas do material utilizado nas camadas – através do ensaio de CBR (California Bearing Ratio, ISC – Índice de Suporte Califórnia) do solo e valor da solicitação diária da via – utilizando o VDM (Volume Diário Médio), valores baseados nos cálculos a partir do eixo padrão de 8,2 ton.

3.5 Tipos de revestimentos asfálticos

O revestimento asfáltico é uma das soluções mais tradicionais e utilizadas na construção e recuperação de vias urbanas, vicinais e de rodovias. Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (ABEDA), mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico. (NAKAMURA, 2012).

Senço (2007), define que, o revestimento asfáltico é a camada mais nobre do pavimento, por isso é necessário que nessa camada seja adotada espessura que venha a aumentar a resistência e garantir a eficiência. Para vias simples é adotado duas faixas de tráfego e duas mãos de direção com espessuras de 3 a 5 cm; para auto-estradas, são feitos revestimento mais espessos, entre 7,5 e 10,0 cm; as larguras e espessuras das camadas devem ser estabelecidas em função da classe de projeto.

O revestimento asfáltico, geralmente, é formado pela combinação de ligante asfáltico e agregado mineral, (pó de pedra, brita, mistura asfáltica), podendo conter ainda material de preenchimento (filler mineral), aditivos etc. (MENDES; NUNES, 2009).

Os revestimentos asfálticos podem ser divididos em misturas usinadas e fabricadas na pista, as quais são definidas a seguir:

3.5.1 Misturas usinadas

3.5.1.1 Concreto Asfáltico (CA)

O concreto asfáltico é a mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (filer) se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente. (DNIT, 031/2006 – ES).

Conforme orientado na DNIT, 031/2006 – ES, as condições gerais de uso do concreto asfáltico são:

O concreto asfáltico pode ser empregado como revestimento, camada de ligação (binder), base, regularização ou reforço do pavimento.

O concreto asfáltico somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10°C. Todo o carregamento de cimento asfáltico que chegar à obra deve apresentar por parte do fabricante/distribuidor certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar de 10 dias. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.

De acordo com o manual DNIT, 031/2006 – ES, os materiais constituintes do concreto asfáltico devem satisfazer às normas pertinentes e às especificações aprovadas pelo DNIT e são os seguintes:

- **Ligantes asfáltico;**

Os ligantes asfálticos são classificados de acordo com o ensaio de penetração que se trata da profundidade, em décimos de milímetros, que uma agulha de massa padronizada (100g) penetra uma amostra de volume padronizado de cimento asfáltico por segundos, à temperatura de 25 °C:

Para o cimento asfáltico podem ser empregados os seguintes ligantes asfálticos:

- CAP-30/45;
- CAP-50/70;
- CAP-85/100

Esses números estão associados à faixa de penetração obtida no ensaio.

- **Agregado graúdo:**

O agregado graúdo pode ser pedra britada, escória, seixo rolado preferencialmente britado ou outro material indicado nas Especificações Complementares, apresentando o desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50%, índice de forma superior a 0,5 (DNER, 086/94 – ME) e durabilidade, perda inferior a 12% (DNER, 089/ 94 – ME).

- **Agregado miúdo;**

O agregado miúdo pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos ou outro material indicado nas Especificações Complementares. Suas partículas individuais devem ser resistentes, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER, 054/ 97 – ME).

- **Material de enchimento filer;**

Quando da aplicação deve estar seco e isento de grumos, e deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós-calcários, cinza volante, etc. de acordo com a Norma DNER, 367/97 – EM.

3.5.1.2 Areia Asfáltico a Quente (AAUQ)

Areia-Asfalto a quente é a mistura executada a quente em usina apropriada, com características específicas, composta de areia (agregado miúdo), material de enchimento (filer) se necessário, e cimento asfáltico espalhado e compactado a quente.

Conforme orientado na DNIT, 032/2005 – ES, as condições gerais de uso da Areia Asfáltica a Quente são:

A Areia-Asfalto a quente pode ser empregada como revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento.

A Areia-Asfalto a quente somente deverá ser fabricada, transportada e aplicada quando a temperatura ambiente for superior a 10°C. Todo o carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deverá apresentar certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos

ultrapassar de 10 dias. Deverá trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.

De acordo com DNIT, 032/2005 – ES, os materiais constituintes do concreto asfáltico devem satisfazer às normas pertinentes e às especificações aprovadas pelo DNIT e são os seguintes:

- **Ligante asfáltico:**

Para a mistura de areia asfáltica a quente podem ser empregados os seguintes ligantes asfálticos:

– Cimento asfáltico de petróleo (Classificação por penetração):

CAP-30/45

CAP-50/60

CAP-85/100

– Cimento asfáltico de petróleo (Classificação por viscosidade):

CAP-20

CAP-40;

- **Agregados**

- Areia - agregado miúdo:

O agregado é a areia. Suas partículas individuais devem ser resistentes, em seus grãos, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER, 054/97 – ME).

- **Material de enchimento (filer):**

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós - calcários, cinza volante, etc; e que atendam à Norma DNER, 367/97 – ME. Quando da aplicação deve estar seco, e/ou isento de grumos.

3.5.1.3 Stone Matrix Asphalt (SMA)

De acordo com Balbo (2007) uma mistura de SMA não deixa de ser um concreto asfáltico usinado a quente, porém a mistura é preparada com um conjunto de grãos de distribuição granulométrica mais uniforme, ou seja, agregados mais graúdos e pouco finos, sendo então necessária uma cubicidade maior dos agregados britados para que, após a compactação, apresentem grande contato face a face.

Segundo Bernucci (2008) o SMA é um revestimento asfáltico, usinado a quente, concebido para maximizar o contato entre os agregados graúdos, aumentando a interação

grão/grão; a mistura se caracteriza por conter uma elevada porcentagem de agregados graúdos e, devido a essa particular graduação, forma-se um grande volume de vazios entre os agregados graúdos.

Em resumo, algumas aplicações do SMA, atualmente, são:

- Vias com alta frequência de caminhões;
- Interseções;
- Áreas de carregamento e descarregamento de cargas;
- Rampas, pontes, paradas de ônibus, faixa de ônibus;
- Pistas de aeroporto;
- Estacionamentos;
- Portos.

As principais características de desempenho do SMA são:

- Boa estabilidade a elevadas temperaturas;
- Boa flexibilidade a baixas temperaturas;
- Elevada resistência ao desgaste;
- Boa resistência à derrapagem devido à macrotextura da superfície de rolamento;
- Redução do spray ou cortina de água durante a chuva;
- Redução do nível de ruído ao rolamento.

3.5.1.4 Gap-Graded

Segundo Junior (2012), o Gap Graded, tem como principal característica uma descontinuidade num intervalo específico da curva granulométrica, chamado de "Gap", que não a caracteriza com uma mistura aberta e nem tem a quantidade de finos elevada como o SMA. Trata-se de uma mistura descontínua fechada; sua faixa granulométrica resulta num revestimento final de macrotextura superficial rugosa, mas com teor de vazios entre 4,0 a 6,0%.

Gap Graded é uma mistura criada especialmente para se trabalhar com o Asfalto-Borracha. Pesquisas realizadas nos EUA e no Brasil mostraram que a mistura Gap Graded, em conjunto com esse ligante asfáltico, promove uma melhoria significativa ao revestimento, evitando problemas de deformação permanente e trincamento precoce por fadiga, além de proporcionar maior aderência entre pneu/pavimento e serem pavimentos mais silenciosos. Também já estão sendo realizadas aplicações em campo dessa mistura com ligantes modificados por polímeros, mas em menor escala do que as aplicações com o Asfalto-Borracha.

Os principais estados brasileiros que utilizam a mistura Gap Graded com asfaltos modificados são Paraná e São Paulo (Junior, 2012).

3.5.1.5 Camada Porosa de Atrito (CPA)

Segundo Bernucci et al., (2008), camada porosa de atrito, é feita pela mistura asfáltica a quente, também denominada revestimento asfáltico drenante, que se caracteriza por ter elevada capacidade de drenagem mantendo uma grande porcentagem entre 18 e 25% de índices de vazios com ar. Esses vazios não preenchidos são devidos a pequena quantidade utilizada de fíler, de agregado miúdo e de ligante asfáltico.

As principais características dessa mistura asfáltica, segundo Bernucci, (2008), são:

- Redução da lâmina de água das chuvas na superfície de rolamento;
- Aumento da aderência pneu-pavimento;
- Redução dos riscos de aquaplanagem;
- Redução das distancias de frenagem;
- Redução da cortina de água (spray) proveniente do borrifo de água dos pneus;
- Maior percepção de sinalização vertical durante a noite, aumentando a distância de visibilidade;

De acordo com Junior (2012), a camada porosa de atrito foi introduzida no Brasil ao final da década de 90, a Camada Porosa de Atrito (CPA) ou Revestimento Asfáltico Drenante consiste num revestimento asfáltico de mistura descontínua e aberta, devido à grande quantidade de vazios de ar que possui (18 a 25%). A CPA é muito utilizada na França como camada final de rolamento e tem como sua principal função o aumento da aderência pneu-pavimento em dias de chuva. Outra função importante da CPA é a redução de ruído provocado pelo atrito do contato entre o pneu e o pavimento. Graças a essa característica, o uso da CPA em algumas rodovias do mundo, principalmente próximas a zonas urbanas, está cada vez mais frequente.

A CPA é empregada como camada de rolamento com a finalidade funcional de aumento de aderência pneu-pavimento em dias de chuva. Esse revestimento é responsável pela coleta da água de chuva para o seu interior e é capaz de promover uma rápida percolação da mesma devido à sua elevada permeabilidade, até a água alcançar as sarjetas (Bernucci, 2008).

Dessa forma as camadas inferiores à do revestimento, devem ser impermeáveis, para evitar a entrada de água no interior da estrutura do pavimento e conseqüentemente, entrar em contato com o solo, pois pode causar buracos ou desabamentos da superfície.

A CPA deve ser dosada pelo método Marshall, prevalecendo o volume de vazios requerido. Os agregados devem ser 100% britados e bem resistentes (abrasão Los Angeles $\leq 30\%$) para não serem quebrados na compactação, pois eles estão em contato uns com os outros e a tensão nesse contato é muito elevada durante o processo de densificação. Para ter um contato efetivo dos agregados, eles devem ser cúbicos com o índice de forma $\geq 0,5$. A absorção de água para cada fração deve ser no máximo de 2%, e quanto à sanidade deve apresentar perda de menor que 12%. (Bernucci, 2008).

3.5.1.6 Microrrevestimento

De acordo com Reis et al. (2010), o microrrevestimento asfáltico, é o resultado da mistura a frio processada em usina móvel especial, de agregado mineral, material de enchimento (filler), água, emulsão asfáltica modificada por polímero e caso necessário, aditivos químicos para controle da velocidade de ruptura da emulsão e fibras de reforço, para melhoria das propriedades mecânicas de flexibilidade do revestimento.

Há vantagens em se aplicar o microrrevestimento com emulsão asfáltica de ruptura controlada modificada por polímero. A emulsão é preparada de tal forma que permita sua mistura aos agregados como se fosse lenta e em seguida sua ruptura torna-se rápida para permitir a liberação do tráfego em pouco tempo, por exemplo, duas horas (BERNUCCI et al, 2008).

De acordo com Bernucci et al (2008), “esta é uma técnica que pode ser considerada uma evolução das lamas asfálticas, pois usa o mesmo princípio e concepção, porém utiliza emulsões modificadas com polímero para aumentar a sua vida útil”. O microrrevestimento é utilizado em:

- Recuperação funcional de pavimentos deteriorados;
- Capa selante;
- Revestimento de pavimentos de baixo volume de tráfego;
- Camada intermediária anti-reflexão de trincas em projetos de reforço estrutural;

A principal aplicação do microrrevestimento é na manutenção de pavimentos que necessitam de rejuvenescimento, aderência pneu-pavimento, é utilizado também como camada de revestimento final de pavimentos flexíveis ou rígidos, bases granulares ou recicladas e como camadas para a redução da espessura de reforço; selando trincas e fissuras. (REIS, 2010)

Segundo Pinto (2012), para a aplicação deste tipo de revestimento é necessária uma usina móvel multidistribuidora de agregado e ligante, fabricada especialmente para a aplicação deste tipo de revestimento e deve possuir os seguintes equipamentos:

- Silo de agregados;
- Tanque de água;
- Tanque de emulsão;
- Caixa misturadora;
- Caixa de Espalhamento;

Esses equipamentos são montados sobre um chassis de um caminhão de 1 ou 2 eixos, dependendo da capacidade da usina, ou até mesmo sobre uma carreta reboque. O equipamento tem a capacidade de armazenar os agregados em seus silos, que irão alimentar, através de correias transportadoras, o misturador onde serão adicionadas emulsão asfáltica e água. Após, o material é despejado por gravidade numa caixa, que tem a função de espalhar o resultado desse processo na pista, deixando uma camada delgada com espessura homogênea e bem definida.

Conforme orientado na DNIT, 035/2005 – ES, as condições gerais de uso do são: “O microrrevestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero pode ser empregado como camada selante, impermeabilizante, regularizadora e rejuvenescedora ou como camada antiderrapante de pavimentos. Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta especificação, em dias de chuva. Todo o carregamento de emulsão asfáltica modificada com polímero que chegar à obra deve apresentar certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar de 10 dias. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a fábrica e o canteiro de obra. ”

Ainda segundo DNIT, 035/2005 – ES, os constituintes do microrrevestimento asfáltico a frio são: agregado miúdo, material enchimento (filer), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, aditivos se necessários e água, os quais devem satisfazer as especificações aprovadas pelo DNIT.

Emulsão asfáltica: Emulsão asfáltica modificada por polímero de ruptura controlada, catiônica.

Aditivos: Podem ser empregados aditivos para acelerar ou retardar a ruptura da emulsão na execução do microrrevestimento asfáltico a frio.

Água: Deve ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à ruptura da emulsão asfáltica. Será empregada na qualidade necessária a promover consistência adequada.

Agregados: É constituído de agregados, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais devem ser resistentes, livres de torrões de argila, substâncias nocivas e apresentar as características seguintes: desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (DNIT, 035/98 – ME) no agregado antes da sua britagem. Entretanto, podem ser admitidos valores de desgaste maiores no caso de desempenho satisfatório em utilização anterior

Pinto (2012), mostra as vantagens mais interessantes relacionadas ao microrrevestimento:

Preço: Dentre as técnicas de recape, o microrrevestimento se destaca quando é avaliado seu custo/benefício, pois, se comparado ao Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), seu custo será, na média, 1/3 do valor, com um desempenho às vezes melhor do que o CBUQ.

Gabarito: Um dos grandes problemas nas cidades é o gabarito definido. Neste caso, o microrrevestimento leva uma grande vantagem sobre o CBUQ, pois as espessuras do mesmo giram em torno de 12 a 15 mm, enquanto o CBUQ necessita de no mínimo, 25 mm, provocando várias correções complementares da via recapada como:

- Sarjetas
- Bocas de lobo
- Poço de visita
- Rebaixamento para acesso de garagens
- Rampas para deficientes etc.

Rapidez: O microrrevestimento tem um volume de produção bem maior que o CBUQ.

Desempenho: O microrrevestimento, por sua granulometria e pelo tipo de emulsão, tem uma capacidade muito maior de revitalização do substrato comprometido, pois consegue-se, através de adequações na fluidez da mistura na primeira camada, uma mistura que penetre nas trincas proporcionando um bloqueio bastante eficiente, evitando a infiltração de água. Tem ainda uma capacidade muito grande de aderência no substrato proporcionando um corpo monolítico com superfície assumindo altas deformações sem ruptura.

Textura de superfície (segurança): O microrrevestimento, pela sua especificação, proporciona uma textura com aderência que atende aos ensaios previstos na norma.

Cuidados:

Limpeza: A limpeza do substrato é essencial, principalmente em substrato com trincas com deposição de finos, que irão isolar a aderência da emulsão que funcionara como bloqueio. Recomenda-se, neste caso, onde existem trincas profundas, a lavagem da sistemática do substrato principalmente nas trincas. Já no caso onde não há trincas recomenda-se o uso de vassouras mecânicas.

Reparos pontuais: Nos casos em que a administração tenha recursos suficientes para um reperfilamento com CBUQ, essa é a solução técnica ideal. Mas como essa não é a realidade da maioria dos municípios, pode-se fazer uma correção manual com o próprio microrrevestimento, minimizando as deformações exageradas.

Pinto (2012), continua pela sua especificidade, devemos fazer uma rigorosa análise para a especificação do tipo de mistura a ser adotada, da espessura, da fluidez, do teor, da granulometria etc.

- **Granulometria:** A granulometria é determinada principalmente pela condição do substrato, pela vida útil estimada de projeto, pela rugosidade desejada etc.

Temos basicamente nas nossas especificações normatizadas três tipos de misturas determinadas principalmente pelo diâmetro máximo de agregado.

- **Espessura:** A espessura gira em torno de 0,8 mm a 1,5 mm, o que é normalmente adotado em função das condições do substrato, economia, vida útil desejada, uma ou duas passadas, acabamento final etc.

Nossa experiência tem mostrado a necessidade de duas camadas, pois a primeira funciona, além de uma camada reperfiladora, como uma indispensável camada de ancoragem para a segunda, assegurando uma segunda camada com espessura uniforme.

- **Fluidez:** A fluidez é uma das características mais importantes na aplicação e sucesso do microrrevestimento. O operador deverá ter um controle total sobre a fluidez da mistura, desde o seu comportamento na caixa distribuidora, onde a mistura deverá ter uma fluidez tal que não facilite segregação por deposição do material graúdo (muito fluida) na base da canaleta (meio da mesa), nem por arraste do helicoidal e concentração do material graúdo nas bordas da mesa (pouco fluida).

A fluidez excessiva, principalmente na primeira camada, também provoca um fenômeno bastante indesejável e comprometedor, ou seja, a delaminação (desprendimento da camada) cujo responsável é o fenômeno da flotação (migração da emulsão para a superfície), que promove a falta de aderência no substrato.

- **Teor:** Como sabemos, o teor deverá atender rigorosamente ao projeto, e teores abaixo do especificado diminuem, e muito, a vida útil do microrrevestimento.

- **Da quantidade de mistura na caixa distribuidora:** Um dos maiores problemas de uniformidade granulométrica da camada é a falta de material na caixa distribuidora. Muitos operadores trabalham com a caixa com níveis baixos de material, e isso provoca segregação com materiais graúdos nas laterais da caixa, deixando nas bordas da faixa um material grosso sem enchimento.

3.5.1.7 Lama Asfáltica

Lama asfáltica consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (filer), emulsão asfáltica e água, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. (DNIT, 150/2010 – ES).

De acordo com Bernucci (2008), a lama asfáltica tem sua aplicação principal em manutenção de pavimentos, especialmente nos revestimentos com desgaste superficial e pequeno grau de trincamento, sendo nesse caso um elemento de impermeabilização e rejuvenescimento da condição funcional do pavimento. Aplica-se especialmente em ruas e vias secundárias. Eventualmente ainda é usada em granulometria mais grossa para repor a condição de atrito superficial e resistência à aquaplanagem. Outro uso é como capa selante aplicada sobre tratamentos superficiais envelhecidos. No entanto, não corrige irregularidades acentuadas nem

aumenta a capacidade estrutural, embora a impermeabilização da superfície possa promover em algumas situações a diminuição das deflexões devido ao impedimento ou redução de penetração de água nas camadas subjacentes ao revestimento.

Conforme orientado na norma DNIT, 150/2010 – ES, as condições gerais de uso são:

A lama asfáltica pode ser empregada como camada de selagem, impermeabilização e na conservação de pavimentos. Não permitir a execução dos serviços, objeto desta Norma, em dias de chuva ou quando a superfície de aplicação apresentar qualquer sinal de excesso de umidade. Todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos nesta Norma, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar de 10 dias. Deve trazer também indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre o fornecedor e o canteiro de obra. É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los.

- **Ligante asfáltico:** Podem ser empregadas, quando indicadas no projeto, as emulsões asfálticas catiônicas de ruptura lenta, tipos LA-1C, LA-2C, RL-1C, LAN, LAR-C.
- **Aditivos:** Podem ser empregados aditivos para acelerar ou retardar a ruptura da emulsão na lama asfáltica.
- **Água:** Deve ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à ruptura da emulsão asfáltica. Deve ser empregada na quantidade necessária para promover a consistência adequada.
- **Agregados:** Devem ser constituídos de agregado mineral, cujas partículas individuais devem ser resistentes e apresentar moderada angulosidade, livre de torrões de argila e de substâncias nocivas, com as características seguintes: O material que deu origem ao agregado miúdo deve apresentar desgaste “Los Angeles” igual ou inferior a 40% (DNER, 035/98 – ME). Entretanto, podem ser admitidos valores de desgastes maiores, no caso de terem apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior; Durabilidade, perda inferior a 12% (DNER, 089/94 – ME); Equivalência de areia igual ou superior a 55% (DNER, 054/97 – ME); Resistência à água - adesividade superior a 90% (DNER, 059/94 – ME).

3.5.2 Misturas fabricadas na pista

3.5.2.1 Tratamento superficial

De acordo com Bernucci et al (2008), “Os chamados tratamentos superficiais consistem em aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes.

O tratamento superficial é um revestimento flexível de pequena espessura, executado por espalhamento sucessivo de ligante betuminoso e agregado, em operação simples ou múltipla em comboio de forma quase simultânea. O denominador comum para essa família de revestimentos é a modalidade de aplicação: por espalhamento de materiais, separadamente e o envolvimento do agregado pela penetração do ligante, que pode ser direta ou invertida. (TEXEIRA, 2012).

Segundo Larsen (1985), tratamento superficial por penetração: revestimento flexível de pequena espessura, executado por espalhamento sucessivo de ligante betuminoso e agregados, em operação simples ou múltipla. O tratamento simples inicia-se, obrigatoriamente, pela aplicação única do ligante, que será coberto logo em seguida por uma única camada de agregado. O ligante penetra de baixo para cima no agregado (penetração ‘invertida’). O tratamento múltiplo inicia-se em todos os casos pela aplicação do ligante que penetra de baixo para cima na primeira camada de agregado, enquanto a penetração das seguintes camadas de ligante é tanto ‘invertida’ como ‘direta’. A espessura acabada é da ordem de 5 a 20mm.”

De acordo com Bernucci et al (2008), os tratamentos superficiais são classificados quanto à penetração como diretos e invertidos:

Denomina-se por penetração invertida o tratamento iniciado pela aplicação do ligante, como é o caso do tratamento superficial clássico no caso de ligantes a quente. O tratamento superficial simples sempre é totalmente de penetração invertida;

O termo penetração direta foi introduzido para melhor identificar os tratamentos superficiais, principalmente em acostamentos, executados com emulsão de baixa viscosidade, onde é necessário iniciar-se por um espalhamento de agregado para evitar o escorrimento do ligante. Nesse tipo de tratamento, era prevista uma penetração (agulhamento) significativa do agregado no substrato já durante a compactação. Essa ancoragem é necessária para compensar a falta de ligante por baixo do agregado

Bernucci et al. (2008) define as principais funções do tratamento superficial:

- Proporcionar uma camada de rolamento de pequena espessura, porém, de alta resistência ao desgaste;
- Impermeabilizar o pavimento e proteger a infra-estrutura do pavimento;
- Proporcionar um revestimento antiderrapante;
- Proporcionar um revestimento de alta flexibilidade que possa acompanhar deformações relativamente grandes da infraestrutura.

Bernucci et al. (2008), continuam dizendo que, Devido à sua pequena espessura, o tratamento superficial não aumenta substancialmente a resistência estrutural do pavimento e não corrige irregularidades (longitudinais ou transversais) da pista caso seja aplicado em superfície com esses defeitos. De acordo com o número de camadas sucessivas de ligantes e agregados, podem ser:

O tratamento superficial pode ser dividido em:

a) TSS – Tratamento Superficial Simples;

É a camada de revestimento do pavimento constituída de uma aplicação de ligante asfáltico coberta por uma cada de agregado mineral submetida à compressão. (DNIT, 146/2012 – ES).

b) TSD – Tratamento superficial Duplo

É a camada de revestimento do pavimento constituída por duas aplicações de ligante asfáltico cada uma coberta por camada de agregado mineral e submetida à compressão. (DNIT, 147/2012 – ES).

c) TST – Tratamento Superficial Triplo

É a camada de revestimento de pavimento constituída por três aplicações de ligante asfáltico, cada uma coberta por uma camada de agregado mineral e submetida à compressão. (DNIT, 148/2012 – ES).

De acordo com as normas citadas acima as condições gerais de uso do tratamento superficial são:

O ligante asfáltico não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente for inferior a 10 °C, ou em dias de chuva, ou quando a superfície que rá recebe-o apresentar qualquer sinal de excesso de umidade.

Todo carregamento de ligante asfáltico que chega à obra deve apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos em Norma, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre o fornecedor e o canteiro de obra.

É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los.

- **Ligante asfáltico**

Podem ser empregados os seguintes ligantes, dependendo da indicação do projeto:

Cimentos asfálticos CAP – 150/200;

Emulsão asfáltica, tipo RR-2C.

- **Melhorador de adesividade**

Não havendo boa adesividade entre o agregado e o ligante asfáltico deve ser empregando um melhorador de adesividade, quantidade fixada no projeto da mistura asfáltica.

A determinação da adevidade do ligante com o melhorador de adesividade deve ser definida pelos seguintes ensaios:

- Método para determinação expedita da adesividade – NBR 14329:1999;

- Método para determinação da adesividade a ligante (agregado graúdo) – (DNER, 078/94 – ME);

- Método para determinação da adesividade a ligante (agregado) – (DNER, 079/94 – ME).

- **Agregados**

Os agregados podem ser pedra, cascalho ou seixo rolado, britados. Devem consistir de partículas limpas, duras, resistentes, isentas de torrões de argila e substancias nocivas, e apresentar as características seguintes:

- Desgaste “Los Angeles” igual ou inferior a 40% (DNIT, 035/98 - ME), admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de em utilização anterior terem apresentado comprovadamente, desempenho satisfatório;

- Índice de forma superior a 0,5 (DNER, 086/94 – ME)
- Durabilidade, perda inferior a 12% (DNER, 089/94 – ME);
- Granulometria do agregado (DNER, 083/98 – ME), obedecendo a uma das faixas constantes na referida Norma.

3.6 Tipos de defeitos nos pavimentos flexíveis

De acordo com DNIT, 005/2003 – TER, as fendas são qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob formas de fissuras ou trincas.

Fissuras: são definidas como fendas de largura capilar existentes no revestimento do pavimento em uma posição longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a olho nu numa distância inferior a 1,50 m. Elas não causam problemas funcionais ao revestimento do pavimento. Portanto, não são entendidas como um problema de alta gravidade. (DNIT, 005/2003 – TER)

Trincas são fendas existentes no revestimento, facilmente visíveis a olho nu, com abertura superior à da fissura. Podem ser causadas devido à fadiga ou não (DNIT, 005/2003 – TER). A fadiga está relacionada com a repetição da passagem de carga de veículo comercial. As trincas podem ser isoladas ou interligadas.

De acordo com DNIT, 005/2013 – TER, as trincas Isoladas são:

A Trinca transversal apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm, é denominado trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca transversal longa. São causadas pela reflexão de juntas ou trincas subjacentes (devido à movimentação térmica e ou cargas de tráfego) ou retração da própria camada asfáltica.

Trinca Longitudinal: apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm, é denominado trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca longitudinal longa. São causadas pela má execução da junta de construção, reflexão de trincas, assentamento da fundação, retração do revestimento asfáltico ou estágio inicial de fadiga.

Trinca de Retratação: Não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida subjacentes ao revestimento trincado.

Conforme o DNIT, 005/2003 – TER, as trincas interligadas podem ser de dois tipos:

Trinca tipo “Couro de Jacaré” é o conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Possui ângulos agudos, e a maior aresta tem comprimento inferior a 30 cm. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas e são causadas por um estágio avançado de fadiga.

Já a Trinca tipo “Bloco” é o conjunto de trincas interligadas, caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas, indicando que o asfalto sofreu endurecimento significativo, devido a sua oxidação ou volatilização dos maltenos, tornando-o menos flexível. São causadas pela retração do revestimento asfáltico e por variações diárias de temperatura.

De acordo com as definições contidas em DNIT, 005/2003 – ES, afundamentos são deformações permanentes caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento. São causados pela a ação repetida da passagem de cargas de roda dos pneus e o fluxo canalizado dos veículos comerciais, apresentam-se sob as seguintes formas afundamento plástico e de consolidação.

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

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

Ondulação ou Corrugação, segundo o DNIT, 005/2003 – TER, são deformações caracterizadas por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento, e estão associadas à tensões cisalhantes horizontais, geradas pelos veículos em áreas submetidas à acelerações ou frenagem. Comuns em rampas, curvas e interseções, são causadas pela má execução (base instável), excesso de asfalto ou finos.

De acordo com as definições contidas em DNIT, 005/2003 – TER, escorregamento é o deslocamento do revestimento em relação à base, onde ocorre o aparecimento de fendas com formato de meia-lua, causados pela falta de aderência entre a camada de revestimento e a camada subjacente ou massa asfáltica de baixa resistência. Tende a aparecer em áreas de frenagem e de interseções.

Exsudação, segundo o DNIT, 005/2003 – TER, é o excesso de ligante betuminoso aplicado na superfície do pavimento. Com o aumento da temperatura, o asfalto dilata e, sem espaço para ele ocupar, principalmente pelo excesso de ligante, exsudará através do revestimento, formando uma superfície brilhante, geralmente na trilha da roda. O brilho explica-se pelo excesso de ligante betuminoso. O aumento da temperatura também causa a diminuição da viscosidade do asfalto e os agregados tendem a penetrar dentro dele.

De acordo com as definições contidas em DNIT, 005/2003 – TER, desgaste é a retirada progressiva do agregado do pavimento. A superfície apresenta-se muito áspera e é causado pela volatilização e a oxidação do asfalto, sob a ação desgastante do tráfego e do intemperismo, podendo ocorrer com idades avançadas ou pouco tempo após a abertura ao tráfego. Neste último caso, ocorre pelo superaquecimento do asfalto na usina ou pela falta de ligante na mistura asfáltica.

Panela ou Buraco, segundo o DNIT, 005/2003 – TER, são aberturas que se formam no pavimento. Dependendo da sua profundidade, atingem as camadas inferiores do pavimento, promovendo a desagregação delas. Existem muitas causas para este tipo de defeito. Uma delas pode ser a falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas. Outra causa conhecida é o acúmulo da água de chuvas nas trincas do revestimento. Elas são comprimidas e amolecem ou degradam as camadas inferiores. Este fenômeno é conhecido como “STRIPPING”, e tende a aparecer na trilha das rodas.

De acordo com as definições contidas em DNIT, 005/2003 – TER, remendos são correções das painelas ou buracos e, apesar de ter um cunho reparador, em muitos casos, se não forem devidamente executados, geram um transtorno ainda maior, devido às imperfeições que ocasionam desconforto e prejuízos. Podem ser remendo profundo ou superficial. Remendo Profundo é necessário para a substituição do revestimento e, eventualmente, de algumas camadas inferiores do pavimento. Geralmente, tem a forma de um retângulo. Já o remendo superficial é uma correção mais simples e, com a aplicação de uma camada betuminosa, atinge somente a superfície do revestimento.

O Quadro 01 mostra a codificação e classificação dos defeitos do pavimento flexível, de acordo com a norma DNIT, 005/2003 – TER.

Quadro 01: Codificação e classificação dos defeitos do pavimento flexível

Fonte: DNIT, 005/2003 – TER.

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
	OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO	
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas de pavimento ou do subleito	ALP			
		Da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas de pavimento ou do subleito	ATP			
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		Da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
Ondulação/Corrugação – Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento (do revestimento luminoso)					E		
Exsudação do litigante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D		
“Painéis” ou buracos decorrentes da degradação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos				Remendo Superficial	RS		
				Remendo Profundo	RP		

3.7 Cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG)

Procurando analisar objetivamente o nível de deterioração de um pavimento a norma DNIT, 006/2003 – PRO definiu o parâmetro IGG, que constitui um índice de combinação de falhas derivado “Severity Index”.

A classificação do estado geral de um determinado trecho homogêneo de pavimento em função da incidência de defeitos de superfície pode ser feita através do IGG. O mesmo sendo utilizado como indicador das condições do pavimento para tomadas de decisões quanto às intervenções de restauração necessárias. A Tabela 01 apresenta a correlação do IGG com a qualidade do pavimento.

Tabela 1: Conceito de degradação do pavimento em função do IGG.

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

Fonte: DNIT, 006/2003 – PRO.

O cálculo do IGG é baseado na utilização de fatores de ponderação aplicáveis a cada evento mensurado, esses buscam caracterizar sua influência sobre a serventia do pavimento. Os fatores que devem ser calculados são (DNIT, 006/2003 – PRO):

Frequência relativa (F_r) que é dada pela equação 1, que depende da frequência absoluta (f_a) que corresponde ao número de vezes que a ocorrência foi verificada.

$$F_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad (1)$$

Onde,

F_r = Frequência relativa;

f_a = Frequência absoluta;

n = Número de estações inventariadas.

Outros fatores que devem ser levados em consideração e calculados são aqueles utilizados para calcular as flechas medidas. Sendo eles a média (x') e a variância (s^2) das trilhas de roda interna (TRI) e trilhas de roda externa (TRE) das faixas de tráfego mais solicitadas de cada pista, separadamente.

A média é dada por:

$$x' = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

E para o cálculo da variância é necessário calcular o desvio padrão dado por:

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

Onde,

x' = Valores individuais;

x_i = Desvio padrão dos valores das flechas;

s^2 = Variância.

Dando sequência é necessário calcular o índice de gravidade individual (IGI), para cada uma das ocorrências inventariadas, utilizando a equação 4.

$$IGI = F_r \cdot x_f \cdot f_p \quad (4)$$

Onde,

F_r = Frequência Relativa;

f_p = Fator de ponderação obtido através da tabela 02.

Para a média aritmética das médias das flechas e média aritmética das variâncias das flechas, o fator de ponderação a utilizar depende do valor das médias aritméticas, conforme o critério a seguir estabelecido:

- a) quando a média aritmética das médias das flechas for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3; quando superior a 30, o Índice de Gravidade Individual é igual a 40;
- b) quando a média das variâncias das flechas for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a 1 (um); quando superior a 50, o Índice de Gravidade Individual é igual a 50.

Na tabela 02 pode ser visto a codificação e o fator de ponderação referente a cada tipo de defeito.

Tabela 02 – Fator de ponderação.

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrência de acordo com a norma DNIT 005/2003 – TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia”	Fator de Ponderação
1	Fissuras e Trincas isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC – 2 (J e TB)	0,5
3	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 de frequência relativa em porcentagem (F_r) 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 E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT, 006/2003 – PRO.

Por fim realiza-se o cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG), obtido através do somatório dos índices de gravidade individuais calculados anteriormente. Sendo calculado para cada trecho homogêneo.

$$IGG = \sum IGI \quad (5)$$

Onde,

$$\sum IGI = \text{Somatório dos Índices de Gravidade Individual.}$$

Tendo como finalidade conferir ao pavimento estudado um conceito que retrate o grau de degradação atingido, é definida a correspondência apresentada na tabela 01.

4.0 ESTUDO DE CASO

Neste estudo alguns pontos importantes foram levados em consideração para a escolha do trecho a ser diagnosticado, por exemplo: Pavimento recentemente recapeado, porém danificado pelo tráfego.

Para a realização desse estudo foi escolhido um trecho com extensão de um quilômetro, localizado na saída da cidade de Cacimba de Dentro – PB em direção a PB-105, o qual foi reconstruído recentemente e já apresenta elevado grau de defeitos. Além disso, logo após a reconstrução foi iniciado a implantação da adutora Jandaia, o que intensificou o tráfego de caminhões pesados, que pode ter influenciado no aparecimento dos defeitos de maneira mais acelerada. A Figura 02 delimita o trecho escolhido para o levantamento de dados.

Figura 02: Trecho escolhido para avaliação



4.1 Breve histórico

A obra “Rota do frio” contemplou a rodovia PB-111 e constatou problemas de degradação na camada de rolamento com maior percentagem de FC-2 e FC-3, chegando a certos momentos não existir tal camada. Tal problema foi ocasionado por falta de manutenção, tanto no corpo estradal quanto na drenagem.

Como mitigação nos problemas da camada de rolamento foi proposto duas soluções: “regularização” com pré-misturado a frio (PMF) em casos que é possível a reutilização da camada de Tratamento Superficial Simples (TSS) e a aplicação do microrrevestimento sobre a

pista. Já nos casos que o TSD estava destruído, usar o microrrevestimento sobre uma base melhorada. Para solução da drenagem foi feita a limpeza e recuperação dos sistemas existentes.

Na primeira solução são diagnosticadas as “painéis”, fazer um corte em forma de quadrado para remover a parte lateral impedindo que as fissuras evoluam após a aplicação do PMF e não originar o mesmo problema ao lado. Depois do corte feito ao redor do problema, fazer a limpeza do local para não haver finos que impeçam que o PMF fixe na base. Para melhorar a fixação com a base é feito uma pintura com emulsão RR-C1, com taxa de aplicabilidade de 1,2 l/m². Aplicação do PMF é feita com altura final do TSD. É feito a limpeza de toda área para empregar a pintura de ligação, com a mesma emulsão do “tapa buraco” e depois aplicar o microrrevestimento em duas camadas: a primeira com 0,8 cm de espessura e a segunda com 0,7 cm.

Para segunda solução é feito a quebra do TSD existente e removido um 20 cm de base. É feito a mistura desses dois materiais com solo de boa qualidade vinda de uma jazida próxima. Essa base é compactada com grau de compactação acima de 96%. Depois da base executada é aplicado a emulsão CM-30, para ajudar na impermeabilização da base e fazer a ligação da base com a camada de rolamento. Após essa aplicação é feito o microrrevestimento, da mesma forma da primeira solução, em duas camadas.

5.0 METODOLOGIA

O trecho utilizado para o estudo foi uma rodovia de pista simples sem acostamento, localizada no Curimataú paraibano, e que após a implantação do Campus VIII da UEPB na cidade de Araruna, passou a ter um maior tráfego, e devido também a sua funcionalidade é considerada uma rodovia de ligação com a da PB-105.

Com extensão de um quilometro, situado na PB-111 saída de Cacimba de Dentro-PB em direção a PB-105, a rodovia foi recentemente reconstruída. Para realização desse trabalho, foi realizado um novo estaqueamento, pois a mesma não apresenta uma boa definição das estacas utilizadas durante seu recapeamento. O trecho adotado representa bem o estado geral da rodovia.

Para um melhor aprofundamento do estudo dos defeitos em pavimentos flexíveis, inicialmente foi realizado um estudo teórico, procurando entender como se apresenta cada tipo de defeito, bem como diferenciar uns dos outros.

O estaqueamento foi realizado de 20 m em 20 m, utilizando trena e giz, totalizando 50 estações, as quais foram tiveram os seus defeitos anotados. As estações foram nomeadas da seguinte maneira: primeira sendo 0 + 00 m, a segunda 0 + 20 m, até chegar a última 10 + 00 m.

Em seguida procedeu a coleta de dados com o preenchimento da planilha do DNIT, 006/2003 – PRO, que leva em consideração a seção do terreno, os tipos de defeitos (o conjunto de trincas e suas divisões, afundamentos plásticos ou consolidados, ondulações, painelas, exsudação, desgastes, remendos e trilhas de rodas). Também foi feito registros fotográficos de todos os tipos de defeitos encontrados no trecho em estudo.

Para a realização do cálculo do IGG os seguintes passos foram realizados com a ajuda de planilha Excel:

- Inicialmente foi calculado a frequência absoluta dos defeitos, por meio de contagem de cada tipo de defeito;
- Em seguida é calculado o Índice de Gravidade Individual, por meio da multiplicação da frequência relativa de cada defeito por seu fator de ponderação;
- Finalmente calcula-se o Índice de Gravidade Global, fazendo o somatório do Índice de Gravidade Individual.

6.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação objetiva do trecho escolhido realizada a cada 20 m de ambos os lados da rodovia, apresentou uma grande variedade de defeitos, desde de trincas isoladas, passando por trincas longitudinais e transversais, até trincas interligadas, apresentando também panelas, desgaste, afundamentos locais plásticos, remendos, ondulações.

O inventario do estado da superfície do pavimento de acordo com a norma do DNIT, 006/2003 – PRO, a qual especifica todos os tipos de defeitos presentes no trecho estudado, foi realizado por meio do preenchimento das Tabelas 03 e 04.

Tabela 03 – Levantamento dos defeitos no trecho (Parte I)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																													
RODOVIA: PB-111 (Cacimba de Dentro-PB sentido Arara-PB)										OPERADOR:										FOLHA: 01/03									
TRECHO: 1 Km										REVESTIMENTO TIPO: Microrrevestimento										TACA OU QUILOMETRO					STACA OU QUILOMETRO				
SUBTRECHO: Estaqueado a cada 20m.										DATA: 03/2016																			
Estaca ou Km	Seção Terra p.	OK	TRINCAS							AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:							
			ISOLADAS			INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID.		O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRI (mm)	IRE (mm)								
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TL C 1	TLL 1	TR R 1	FC-2 J 2	TB 2	FC-3 JE 3	TB E	AL P 4										ATP 4	ALC 4	ATC 4				
0+00 m	A		X	X					X									X	X		X								
0+20 m	A		X	X					X										X			X							
0+40 m	A		X						X										X			X							
0+60 m	A		X				X												X			X	X						
0+80 m	A		X				X	X											X			X	X						
1+00 m	A		X				X	X											X			X	X						
1+20 m	A		X				X												X			X							
1+40 m	A		X				X	X	X										X			X							
1+60 m	A		X	X	X		X		X										X			X							
1+80 m	A		X		X		X		X										X			X							
2+00 m	A		X		X		X		X				X						X			X							
2+20 m	A		X	X	X		X		X										X			X							
2+40 m	A		X	X	X				X				X						X			X							
2+60 m	A		X				X	X											X			X							
2+80 m	A		X	X					X				X						X			X	X						
3+00 m	A		X	X			X	X	X										X			X							
3+20 m	A		X		X				X										X			X							
3+40 m	A		X	X	X														X	X		X							
3+60 m	A		X																X			X							
3+80 m	SMA		X	X			X												X			X							
4+00 m	SMA		X	X			X		X										X	X		X							
4+20 m	A		X	X			X	X											X			X							
4+40 m	A		X	X	X		X	X					X						X			X							
4+60 m	A		X	X	X	X	X		X										X			X							
4+80 m	A		X	X	X			X											X			X							
5+00 m	A		X		X	X		X					X						X			X							

Através das tabelas do inventario foi possível analisar de forma bem detalhada, quais os principais tipos de defeitos existentes no trecho estudado, bem como dividir e analisar cada subtrecho .

Dessa forma analisando os primeiros 500 m e em seguida os próximos 500 m, tem-se o seguinte:

- De 0 m a 100 m: As panelas (P), o Desgaste (D) e as trincas aparecem em grande escala, apresenta também remendos (R), trincas transversais curtas (TTC), trincas longitudinais longas (TLL) e curtas (TLC), bem como trincas interligadas do tipo “Couro de jacaré” (J).

- De 100 m a 200 m: As trincas transversais curtas (TTC) aparecem em menor quantidade do que as trincas transversais longas (TTL). Da mesma forma as trincas longitudinais curtas (TLC) apresentam uma menor quantidade em relação as trincas longitudinais longas (TLL). Apresentando também elevada presença de trincas interligadas do tipo “couro de jacaré” (J), panelas (P) e desgaste (D).

- De 200 m a 300 m: Elevada quantidade de trincas transversais curtas (TTC) e relativa quantidade de trincas transversais longas (TTL) e trincas longitudinais curtas (TLC) e longas (TLL). Observa-se a presença de um ponto específico com remendo (R). Ao longo de todo trecho encontra-se uma elevada quantidade de panelas (P) e Desgaste (D).

- De 300 m a 400 m: Considerável presença de trincas transversais curtas (TTC), já as trincas transversais longas (TTL) e as trincas longitudinais curtas (TLC) aparecem de forma razoável. O trecho apresenta trinca tipo “couro de jacaré” em pouco quantidade. No entanto apresenta uma grande quantidade de Panelas (P) e Desgaste (D). Apresenta pontos de exsudação.

- De 400 m a 500 m: Trincas transversais curtas (TTC), trincas transversais longas (TTL), trincas longitudinais curtas (TLC), trincas longitudinais longas (TLL) e trincas por retração (TRR) tem presença marcante. Ao longo de todo o trecho a presença de panelas (P) e desgaste (D) ocorrendo de forma bastante assídua. Em alguns lugares foram encontrados leves afundamentos.

- De 500 m a 600m: Trincas transversais curtas (TCC) e trincas longitudinais curtas (TLC) aparecem em pequena escala. Já as trincas longitudinais longas (TLL) e trincas de retração (TRR), aparecem de forma mediana. Apresentando um grande índice de trincas tipo “couro de jacaré”. Nesse trecho a incidência de panelas (P) e exsudação acontece de forma pequena, no entanto ao longo de todo trecho aparece a forte incidência de desgaste (D). O afundamento encontrado foi registrado em local específico.

- De 600 m a 700 m: Trincas transversais curtas (TTC), trincas transversais longas (TTL), trincas longitudinais curtas (TLC) trincas longitudinais longas (TLL) e trincas por retração (TRR) apresentaram elevada presença. A trinca tipo “couro de jacaré” (J) apareceu razoavelmente. No entanto houve uma grande ocorrência de remendos (R), exsudação (E), de corrugações (C), desgastes (D).

- De 700 m a 800 m: presença de trincas transversais curtas (TTC), trincas longitudinais curtas (TLC), trincas longitudinais longas (TLL) e trincas tipo couro de jacaré (J) de forma razoável, pequeno aparecimento de ondulações e alta escala de desgaste (D).

- De 800 m a 900m: trincas transversais longas (TTL), trincas longitudinais curtas (TLC), trincas de retração (TRR) aparecendo de forma considerável no trecho. As trincas longitudinais longas (TLL) apresentam uma pequena incidência. Em todo o trecho foi possível observar as trincas tipo couro de jacaré (J) e o desgaste (D). As ondulações (C) apareceram de forma razoável.

- De 900 m a 1000 m: trincas transversais longas (TTL), trincas longitudinais curtas (TLC), trincas de retração (TRR) aparecendo de forma considerável no trecho. As trincas longitudinais longas (TLL) apresentam uma pequena incidência. O desgaste (D) aparece de forma razoável.

Inicialmente para o cálculo do índice de gravidade global é necessário encontrar a frequência relativa de cada tipo de defeitos utilizando a equação (1), em seguida calcula-se o índice de gravidade individual de cada tipo de defeito, utilizando a equação (4) que relaciona a frequência relativa calculado anteriormente e o fator de ponderação expresso na tabela (02). Os valores calculados são expressos utilizando a tabela PLANILHA DE CÁLCULO DO IGG (DNIT, 006/2003 – PRO), por fim o índice de gravidade global é encontrado fazendo o somatório dos índices de gravidade

individuais (equação 5). No trecho estudado não houve ocorrência de trilhas internas e externas.

O Quadro 02 apresenta os valores encontrados através do levantamento, bem como os valores calculados para se obter o Índice de Gravidade Global.

Quadro 02 – Cálculo do IGG do trecho escolhido

Tipo	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FCI) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TER	19	38,0	0,2	8,00
2	(FCII) J, TB	32	64,0	0,5	32,00
3	(FCIII) JE, TBE	0	0,0	0,8	0,00
4	ALP, ATP	6	12,0	0,9	11,00
5	O, P, E	41	82,0	1	82,00
6	Ex	0	0,0	0,5	0,00
7	D	44	88,0	0,3	26,00
8	R	7	14,0	0,6	8,00
9	$F = (TRI + TER)/2$ em mm	0	0	$F = 0$	0,00
10	$FV = (TRIV + TREV)/2$	0	0	$Fv = 0$	0,00
Número de estações inventariadas		50	IGI = $(F \times 4/3)$ quando $F \leq 30$		IGI = FV quando $FV \leq 50$
Índice de gravidade global		167	IGI = 40 quando $F > 30$		IGI = 50 quando $FV > 50$

Com o valor do Índice de Gravidade Global calculado utilizando o Quadro 02 e observando a Tabela 01, a qual relaciona os conceitos com intervalos do IGG, foi possível verificar que o valor encontrado para o trecho estudado se enquadra no limite de $IGG > 160$, sendo dessa forma classificado como de péssima qualidade.

O estudo pode ser estendido para grande parte da rodovia, pois os principais problemas apresentados pelo trecho estudado são os mesmos encontrado em outros trechos.

Um dos pontos que influencia bastante para esse IGG ser tão ruim, é a presença de uma grande quantidade de Painelas (P), que foi encontrada desde o início, até mais da metade do trecho estudado, as quais podem ser verificadas em outros trechos que não entraram no estudo. Somente as painelas (P) elevam o IGG para 82, devido ser o defeito que mais danifica a camada de rolamento do pavimento.

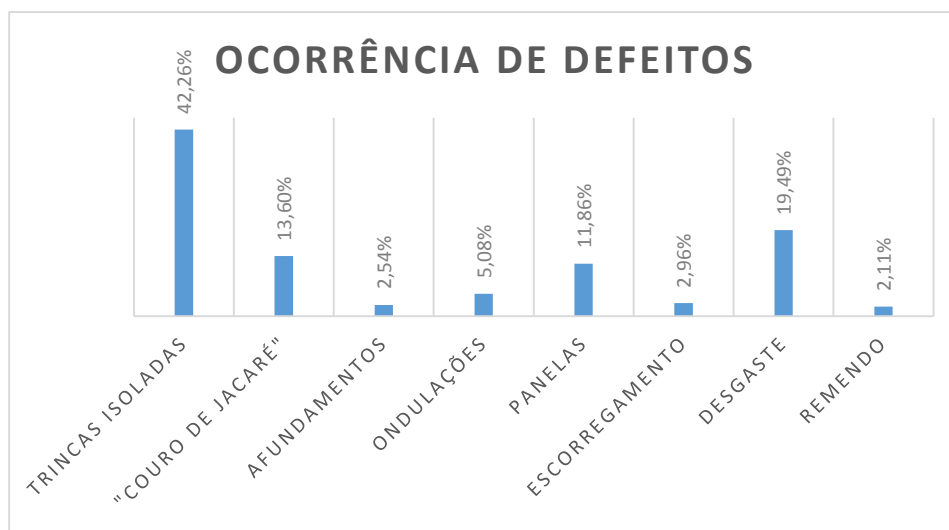
As trincas tipo “couro de jacaré” também interferem intensamente no IGG, acrescentando um valor de 32 ao mesmo. Esse tipo de defeito que pode ser encontrado em vários pontos distintos, tanto no trecho onde os dados foram coletados, como em trecho que foram simplesmente observados.

Mesmo com toda frequência relativa mostrada pelas trincas (tipo 1) e pelo desgaste (D), esses não influenciam consideravelmente no valor do IGG devido ao baixo fator de ponderação, com isso verifica-se que alguns defeitos mesmo aparecendo de forma intensa, não afetam significativamente o valor do IGG.

Durante o levantamento foi realizada conversa com os moradores da cidade de Cacimba de Dentro-PB, os quais comentaram que após o término da recuperação da rodovia, iniciou-se a construção de uma adutora naquela região, onde houve um tráfego muito intenso de caminhões carregados que possivelmente não eram esperados para aquela região e principalmente para o tipo de solução tomada para a recuperação do pavimento.

No gráfico 01 é mostrado a proporção da ocorrência dos diferentes tipos de defeitos que aparecem ao longo de todo o trecho:

Gráfico 01: Porcentagem de defeitos no trecho estudado



- Avaliação dos defeitos

De acordo com o que preconiza a norma DNIT, 005/2003 – TER, o levantamento dos defeitos deve ser acompanhado de registros fotográficos, o qual será exposto neste tópico.

As panelas apareceram de forma constante até à estaca 5 + 20 m, como pode ser visto nas Tabelas 03 e 04, no entanto, após esse subtrecho sua verificação é nula. Como pode-se ver na Figura 03 as panelas apresentam grande dimensões, expondo as camadas inferiores.

Figura 03: Buracos ou Panelas.



Em algumas ocasiões as trincas longitudinais são de grande extensão, muitas vezes se interligando com trincas transversais. Na Figura 04 é possível ver como as trincas longitudinais se comportam.

Figura 04: Trinca longitudinal



A Figura 05 apresenta um exemplo de como são encontradas as trincas interligadas, neste caso, a tipo couro de jacaré, sendo as mesmas encontradas durante uma boa parte do trecho estudado.

Figura 05: Trincas interligadas tipo “couro de jacaré”



Na Figura 06 observa-se a incidência de desgaste, que é um defeito bastante presente no trecho estudado, bem como, a presença de trincas longitudinais de grande extensão.

Figura 06: Desgaste e Trinca Longitudinal



Na Figura 07 é possível verificar a presença de escorregamentos de forma bastante clara.

Figura 07: Escorregamento



A Figura 08 apresenta como são encontradas as trincas transversais, neste caso, as mesmas têm uma pequena extensão, mas em algumas ocasiões elas aparecem com grande extensão.

Figura 08: Trinca Transversal



Na Figura 09 é possível verificar a presença de afundamento local plástico, o qual foi verificado em poucos locais.

Figura 09: Afundamento local plástico



A Figura 10 mostra como os remendos são encontrados no trecho escolhido, bem como a incidência de panelas.

Figura 10: Remendos.



7.0 CONCLUSÕES

Utilizando as Tabelas 03 e 04 é possível observar a grande quantidade de panelas (P) cerca de 11,9%, desgaste (D) cerca de 19,5 % e as trincas tipo “couro de jacaré” cerca de 13,6 %, o que mostra o quanto o trecho estudado apresenta elevado grau de deterioração.

Outra forma de verificar o alto índice de deterioração da rodovia, é observando que cerca de 56% dos defeitos na camada de rolamento são devidos as fissuras do tipo: trincas isoladas e trincas interligadas, e aos defeitos como ondulações, panelas e escorregamentos, que representam cerca de 20% dos defeitos.

O trecho analisado apresentou um valor de 167 de Índice de Gravidade Global (IGG), valor este bastante elevado, o qual classifica o pavimento com conceito de péssimo. Vale ressaltar que este valor pode ser estendido para boa parte da rodovia. Levando em consideração que este trecho foi reconstruído a cerca de 9 meses, pode-se considerar que houve falhas, estas podem ter sido tanto no projeto, quanto na execução ou em ambos.

De certa forma o IGG é considerado um critério complementar, embora reflita as condições superficial dos pavimentos, e a atribuição do conceito sirva para distinguir casos. No entanto, o conceito não deve substituir a referência ao valor calculado, pois segmentos de mesmo conceito podem ter diferentes valores de IGG.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14329:1999**: Cimento asfáltico de petróleo - Determinação expedita da resistência à água (adesividade) sobre agregados graúdos. Rio de Janeiro.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS/ABEDA, 2008.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Conservação Rodoviária**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. – **Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias**. - Rio de Janeiro, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2015**: Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/pesquisa-cnt-de-rodovias-2015-maior-parte-dos-trechos-apresenta-problemas>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM - DNER-ME 078/94 – Agregado graúdo - **adesividade a ligante betuminoso**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM - DNER-ME 079/94 – Agregado - **adesividade a ligante betuminoso**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM - DNER-ME 086/94 – Agregado - **Determinação do índice de forma**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM - DNER-ME 089/94 – Agregados - **Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM - DNER-ME 059/94
– **Emulsões asfálticas - determinação da resistência a água (adesividade)**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM - DNER-ME 054/97
– **Equivalente de areia**. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM - DNER-ME 367/97
– **Material de enchimento para misturas betuminosas**. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADA DE RODAGEM - DNER-ME 083/98
– Agregado - **agregados - análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1998.

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

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE -
DNIT 139/2010 - ES Pavimentação – **Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço** – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES.
DNIT 031/2006 – ES: **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE -
DNIT 150/2010 – ES: **Pavimentação asfáltica – Lama asfáltica – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES
DNIT 032/2005 – ES: **Pavimentos flexíveis - Areia-Asfalto a quente** – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES
DNIT 146/2012 – ES: **Pavimentação asfáltica – Tratamento Superficial Simples – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES
DNIT 147/2012 – ES: **Pavimentação asfáltica – Tratamento Superficial Duplo – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES
DNIT 148/2012 – ES: **Pavimentação asfáltica – Tratamento Superficial Triplo – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES
DNIT 035/2005 – ES: **Pavimentos flexíveis – Microrrevestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2012.

JUNIOR, José Antônio A. Evolução tecnológica: Desenvolvimento dos revestimentos asfálticos produzidos com asfaltos modificados por polímeros e borracha de pneus no Brasil. *Asfalto em revista*, Rio de Janeiro, nº 7, junho. 2012.

LARSEN, J. **Tratamento superficial na conservação e construção de rodovias.** Rio de Janeiro: ABEDA, 1985.

MENDES, C. B. A.; NUNES, F. R. **Asfalto Borracha – Minimizando os impactos ambientais gerados pelo descarte de pneus inservíveis no meio ambiente.** 2009.

NAKAMURA, Juliana. Pavimentação asfáltica- os tipos de revestimentos, o maquinário necessário e os cuidados na contratação, projeto e execução. **Infraestrutura urbana:** projetos, custos e construção, São Paulo, ano 2, n. 16, jul. 2012.

PINTO, José Luiz Giovanetti. Micro Pavimento: O grande e ainda pouco conhecido e aliado das administrações municipais na solução da recuperação e da manutenção dos pavimentos asfálticos. *Asfalto em revista*, Rio de Janeiro, ano 5, n. 22, mar 2012.

REIS, Rafael M. Martins et al. **Manual Básico de Emulsões Asfálticas.** ABEDA. 2. ed. Rio de Janeiro, 2010.

SANTANNA, H. (1993) “Manual de Pré-Misturado a Frio”. IBP.

SENÇO, Wlastermiler. “Manual de técnicas de pavimentação”. 2ª edição Editora PINI. São Paulo, 2007.

SILVA, Luís Francisco Amaral da. Pavimentos aeroportuários: análise de soluções rígidas e de soluções flexíveis. 2009. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade de Aveiro, 2009.

TEXEIRA, Luiz Henrique. Tratamento superficial. Asfalto em revista, Rio de Janeiro, nº 12, novembro. 2012.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção - Civil) – Faculdade Brasileira – UNIVIX – Vitória, 2009