

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

LORENA MELO NEIVA

RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Paracatu

2021

LORENA MELO NEIVA

RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Carlos Eduardo Ribeiro Chula

Paracatu

2021

LORENA MELO NEIVA

RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Carlos Eduardo Ribeiro Chula

Banca Examinadora:

Paracatu – MG, ____ de _____ de _____.

Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula
Centro Universitário Atenas

Prof.
Centro Universitário Atenas

Prof.
Centro Universitário Atenas

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me capacitado e capacitado outras pessoas que me auxiliou durante o processo de elaboração do trabalho e durante toda a minha vida acadêmica. A Ele toda a glória.

Aos meus pais, meus maiores incentivadores, que sempre me fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente, terão minha eterna gratidão.

Aos meus amigos, que se fizeram presentes nas horas mais difíceis, pela paciência, palavras de conforto e confiança no nosso futuro.

A este centro universitário, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, contagiada pela confiança no mérito e ética aqui presentes.

“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantarmos sempre depois de cada queda.”

Oliver Goldsmith

RESUMO

O pavimento é uma estrutura multicamadas, construída sobre a superfície final da terraplanagem com a finalidade de suportar os esforços causados pelo tráfego de veículos, proporcionando aos motoristas melhores condições de rolamento, conforto, economia e segurança. Um pavimento asfáltico, outra designação de pavimento flexível, consiste nas camadas: pavimento asfáltico, base, sub-base, reforço do subleito e subleito. O revestimento asfáltico é a camada que fica em contato direto com as rodas do veículo e com as camadas intermediárias. Durante o planejamento, as estruturas do pavimento são projetadas para suportar diversas solicitações de carga que não devem causar danos estruturais além do aceitável ou previsto. Esses danos são: deformação permanente e fadiga. Patologias ou defeitos superficiais são os problemas que mais afetam os usuários. As irregularidades interferem no conforto de direção. Com o intuito de determinar o melhor método de recuperação é crucial, antes de mais nada, uma avaliação da situação atual do pavimento. A reparação de um pavimento asfáltico não é meramente para correção de problemas estruturais ou funcionais. Se por ventura for previsto uma alta no tráfego em alguma via, necessitam ser empregues os métodos que geram o aumento da capacidade estrutural do pavimento.

Palavras-chave: Pavimento asfáltico. Patologias. Restauração.

ABSTRACT

The pavement is a multilayer structure, built on the final surface of the earthworks in order to withstand the efforts caused by vehicle traffic, providing drivers with better rolling conditions, comfort, economy and safety. An asphalt pavement, another designation of flexible pavement, consists of the layers: asphalt pavement, base, sub-base, reinforcement of the subgrade and subgrade. The asphalt coating is the layer that is in direct contact with the vehicle's wheels and with the intermediate layers. During planning, pavement structures are designed to withstand a variety of load requests that should not cause structural damage beyond what is acceptable or anticipated. These damages are: permanent deformation and fatigue. Pathologies or superficial defects are the problems that most affect users. Irregularities interfere with driving comfort. In order to determine the best recovery method, it is crucial, first of all, to assess the current situation of the pavement. The repair of an asphalt pavement is not merely to correct structural or functional problems. If an increase in traffic on any road is foreseen, methods that generate an increase in the structural capacity of the pavement need to be employed.

Keywords: *Pavement asphaltic. Pathologies. Restoration.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esforços nas camadas do pavimento	20
Figura 2 – Esquema de seção transversal do pavimento	Erro! Indicador não definido.
Figura 3 – Trinca isolada transversal e longitudinal	Erro! Indicador não definido.
Figura 4 – Trinca interligada tipo jacaré e tipo bloco	Erro! Indicador não definido.
Figura 5 – Afundamento de trilho de roda e afundamento local	Erro! Indicador não definido.
Figura 6 – Ondulação	Erro! Indicador não definido.
Figura 7 – Escorregamento	Erro! Indicador não definido.
Figura 8 – Exsudação	Erro! Indicador não definido.
Figura 9 – Desgaste	26
Figura 10 – Panela/buraco	27
Figura 11 – Remendo	28
Figura 12 – Posicionamento de geotêxtil em pavimento recapeado	31
Figura 13 – Posicionamento de camada de interrupção de trincas	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo dos defeitos – Codificações e Classificação

28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNT	Confederação Nacional do Transporte
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EAP	Emulsão Asfáltica de Petróleo
SAMI	<i>Stress Absorbing Membrane Interlayer</i>
SMA	<i>Stone Matrix Asphalt</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	132
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2	HIPÓTESES	14
1.3	OBJETIVOS	14
1.3.1	OBJETIVO GERAL	14
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4	JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	15
1.5	METODOLOGIA DO ESTUDO	16
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	CARACTERIZAÇÃO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEISERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
2.1	CAMADAS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS Erro! Indicador não definido.	8
2.2	COMPOSIÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL Erro! Indicador não definido.	
3	PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEISERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	1
3.1	TIPOS DE DEFEITOS DE SUPERFÍCIE Erro! Indicador não definido.	1
3.1.1	FENDA Erro! Indicador não definido.	2
3.1.2	AFUNDAMENTO Erro! Indicador não definido.	3
3.1.3	ONDULAÇÃO Erro! Indicador não definido.	3
3.1.4	ESCORREGAMENTO Erro! Indicador não definido.	4
3.1.5	EXSUDAÇÃO Erro! Indicador não definido.	5
3.1.6	DESGASTE Erro! Indicador não definido.	6
3.1.7	PANELA Erro! Indicador não definido.	7
3.1.8	REMENDO Erro! Indicador não definido.	7
4	TIPOS DE RECUPERAÇÃO ASFÁLTICAERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	9
4.1	TÉCNICA DE SELAGEM Erro! Indicador não definido.	
4.2	TÉCNICA DE REPERFILAGEM Erro! Indicador não definido.	
4.3	TÉCNICA DE RESTABELEECER A SEÇÃO TRANSVERSAL	30
4.4	RECAPEAMENTO COM CONCRETO ASFÁLTICOErro! Indicador não definido.	

4.4.1 GEOTÉXTIL

Erro! Indicador não definido.

4.4.2 SAMI

Erro! Indicador não definido.

5 CONCLUSÃO

36

REFERÊNCIAS

37

1 INTRODUÇÃO

A modernidade pode ser atrelada a globalização, que hoje chega aos lugares mais distantes e remotos do mundo. Esse desenvolvimento vem por meio das diversas novas tecnologias e não se pode falar em desenvolvimento sem falar locomoção. No Brasil, a principal via de transporte para produtos continua sendo as rodovias. Insumos, recursos, tecnologia, medicamento e profissionais utilizam estas vias pavimentadas todos os dias. Portanto, os desenvolvimentos destas estradas, por conta de novas tecnologias, trazem conforto e agilidade para os usuários (CNT, 2014).

Pavimento pode ser definido como uma estrutura constituída de várias camadas de espessuras finitas, construído sobre a superfície final de terraplanagem, destinada a resistir aos esforços causados pela rodagem de veículos e pelo clima, proporcionando aos usuários conforto, melhoria na condição rolamento, segurança e economia. (LIEDI BARIANI BERNUCCI *et al.* 2006, P. 9)

De acordo com a pesquisa da CNT publicada em 2004, a malha rodoviária brasileira encontra-se em condições insatisfatórias aos usuários tanto quanto ao desempenho, quanto à segurança e à economia. Já em 1997, a pesquisa CNT apontava que 92,3% das estradas brasileiras avaliadas na pesquisa eram classificadas como deficientes/ruins/péssimas em seu estado geral. Em 2004, esse índice ficou em 74,7%, e em 2009, 69,0% de regular/ruim/péssimo. Observa-se uma leve melhoria, mas de forma muito lenta. Ressalta-se que, nos três quesitos avaliados na pesquisa, sendo eles: pavimento, sinalização e geometria da via, a qualidade do pavimento está estabilizada com aproximadamente 55% de regular/ruim/péssimo desde 2004. (LIEDI BARIANI BERNUCCI *et al.* 2006, P. 21).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Como em qualquer tipo de estrutura, a pavimentação asfáltica sofre desgastes causados pela ação do tempo, clima, ou pela rodagem de veículo. Qual a melhor método de restauração ou recuperação de pavimentos flexíveis?

1.2 HIPÓTESES

Tendo em vista a necessidade existente da melhoria da qualidade das rodovias brasileiras, e a importância de se obter uma boa infraestrutura, o engenheiro tem o importante papel de busca se capacitar para novas tecnologias e criando métodos viáveis que possa auxiliar no desenvolvimento de uma restauração eficiente do pavimento.

Antes de ser feita qualquer tipo de intervenção é necessário o estudo da condição do pavimento, precedido de duas avaliações, uma funcional e a outra estrutural, com o objetivo de coletar dados da condição da superfície pavimentada, para que seja definida as opções de restauração apropriadas para tal estrutura.

A maioria dos pavimentos brasileiros utiliza como revestimento uma mistura de agregados minerais, de variados tamanhos, com ligantes asfálticos, que são processados de forma a garantir a estrutura os requisitos de impermeabilidade, estabilidade, flexibilidade, durabilidade, resistência, de acordo com o clima e tráfego previsto para o local da execução.

Dados estáticos mostram que o trabalho de manutenção asfáltica perceptivelmente tem menor custo, como causa menor transtorno ao trânsito e conseqüentemente as pessoas. É um gerenciamento capaz de identificar a necessidade de recuperação, e fazer a intervenção para a restauração no momento certo, bem como a precisão do uso dos materiais.

Diversos são os materiais empregados na execução de um pavimento rodoviário, entre os quais destacam-se: Asfalto - Borracha, Stone Matrix Asphalt (SMA), Lama Asfáltica, CBUQ, etc.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise geral sobre as características dos pavimentos flexíveis, determinar o método de restauração para cada tipo de patologia.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo principal, este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- a) Caracterização do pavimento flexível;
- b) Definir as principais patologias de pavimentos flexíveis;
- c) Apresentar soluções eficazes e viáveis para a restauração do pavimento;

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Este estudo tem como finalidade evidenciar alternativas e mostrar como a atuação profissional do engenheiro civil pode interferir na qualidade da pavimentação e no recapeamento asfáltico para reparo e conservação de vias.

A deterioração de pavimentos asfáltico gera transtornos à população, o que torna necessário a prática contínua de manutenção e reabilitação das vias. Para solucionar esses problemas muitas vezes não são realizados planejamento e serviços adequados, o que causa desgastes, gerando alguns prejuízos, como o prejuízo financeiro e também atrapalhando a qualidade de vida da população.

A deterioração da malha rodoviária, os consequentes aumentos dos custos operacionais dos veículos e do tempo de viagem, os riscos de acidentes, entre outros fatores, espelham, primariamente, uma incontestável redução nos investimentos, inclusive daqueles voltados para a manutenção. Este fato, por sua vez, reflete a crise do padrão de financiamento que se constata pelo menos desde a década de 80 e que introduz a questão da participação privada no setor de infraestrutura (SCHROEDER, E. M.; CASTRO 1996).

Neste período (1985/94) a frota de veículos de transporte de carga aumentou 41,9%, acompanhando o crescimento da tonelada-quilômetro transportada (44,5%). O mesmo não ocorreu, no entanto, com relação à extensão das rodovias pavimentadas: embora o último dado disponível seja de 1993, observa-se no período 1985/93 um crescimento de apenas 28,1% na pavimentação, o que indica que vem aumentando a relação veículos/quilômetro de rodovia pavimentada, aumentando

custos de manutenção das rodovias e mesmo elevando o número de acidentes (SCHROEDER, E. M.; CASTRO 1996).

O trabalho de manutenção torna-se ainda mais importante quando se analisa um levantamento feito pela Confederação Nacional de Transporte (CNT), em relação ao pavimento em estradas brasileiras. A pesquisa mostrou que 46,9% das rodovias verificadas apresentavam algum problema. Foram analisadas as questões de capacidade de suporte e estrutura para resistir ao desgaste, permitindo o escoamento da água.

A notória deterioração da malha existente tem como principal causa a continuada queda dos investimentos, que, embora geral, afetou certamente em grande medida o modal rodoviário na sua capacidade de conservação e manutenção. Nesta malha deteriorada, segundo estimativa dos autores, circularam cerca de 1.389 mil veículos de transporte de carga em 1994, sendo que os últimos dados disponíveis relativos à frota datam de 1985, quando este número era de 979 mil veículos (SCHROEDER E. M.; CASTRO J. C; 1996).

Visto os dados acima e os conceitos abordados, fica evidente a necessidade do estudo para análise das condições da superfície e funcionalidade da estrutura, pois por melhor que tenha sido o projeto e execução toda obra está sujeita a falhas, por isso é importante os estudos e estar atento para que a manutenção seja realizada no momento apropriado.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

O presente estudo caracterizado com uma pesquisa exploratória, baseado em um levantamento bibliográfico sobre métodos de recapeamento asfáltico para recuperação e conservação de vias, com o propósito de apresentar soluções viáveis com a realidade visando uma progressão na área de recapeamento asfáltico.

Para a realização de tais pesquisas serão utilizados livros acadêmicos, e também artigos científicos, baseando em autores como: (LIEDI BARIANI BERNUCCI *et al.* 2006, P. 21), (SCHROEDER, E. M.; CASTRO 1996), sendo todos revisados e selecionados afim de responder os questionamentos levantados nessa pesquisa.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Dentro da pesquisa realizada, foram apresentados em três capítulos os aspectos gerais considerados mais relevantes no que tange aos pavimentos flexíveis, como seu material, desempenho e comportamento.

No primeiro capítulo, além da nota introdutória, consta toda a problemática, objetivos da pesquisa empregada como também a importância em sua justificativa, tornando claro o motivo da escolha do tema citado.

No segundo capítulo, é apresentado os conceitos de pavimento, definições do pavimento, as camadas constituintes do pavimento e seu revestimento, tais como os materiais que poderão ser utilizados nas camadas e revestimento.

No terceiro capítulo, é abordado algumas patologias em pavimentos flexíveis e suas principais soluções.

Logo após a apresentação dos capítulos, foram apresentadas as considerações finais e conclusões.

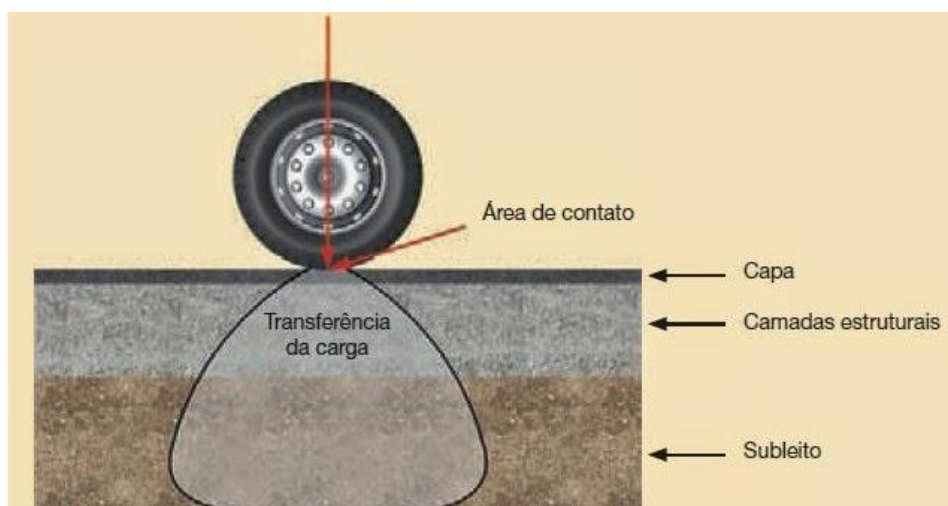
2 CARACTERIZAÇÃO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVIES

Algumas das mais utilizadas soluções na produção para reparação de vias urbanas, vicinais e rodovias é o revestimento asfáltico. O revestimento asfáltico é muito utilizado, como podemos observar em nossas transições entre cidades, estados e países. Nos pavimentos podemos encontrar quatro camadas principais, são elas: revestimento de base asfáltica, base, sub-base e reforço do subleito. A partir do tráfego e de seu fluxo, esse pavimento pode acompanhar em sua execução a camada de rolamento e camadas intermediárias ou de ligação, tal utilização reforça sua estrutura e sua vida útil. Lembrando que cada caso deve ser estudado e executado de maneira que atenda a solicitação. Normalmente é utilizada apenas uma única camada desse asfalto (BALBO, 2011).

Pavimentos são denominados como estruturas compostas por várias camadas sobrepostas, com tipos de materiais de granulometrias diversas, executado sob o subleito, ao qual o pavimento tem função de receber as cargas de tráfego e distribuir horizontalmente e verticalmente ao subleito. O pavimento deve fornecer conforto e segurança aos usuários da via (BALBO, 2011).

Conforme o DNIT (2006), pavimento flexível é caracterizado como pavimento em que todas as camadas deformam quando o carregamento é aplicado, portanto a carga é distribuída em parcelas equivalentes as camadas. O pavimento flexível foi criado com a intenção de transferir os esforços causados pelo tráfego, de modo que alivie a pressão nas camadas inferiores, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Esforços nas camadas do pavimento.



Fonte: GEWEHR, 2013.

As cargas do pavimento são distribuídas ao subleito de forma reduzida, impedindo assim a ocorrência de deformações que gere alto dano à estrutura ou até mesmo a ruptura da fundação (DNIT, 2006).

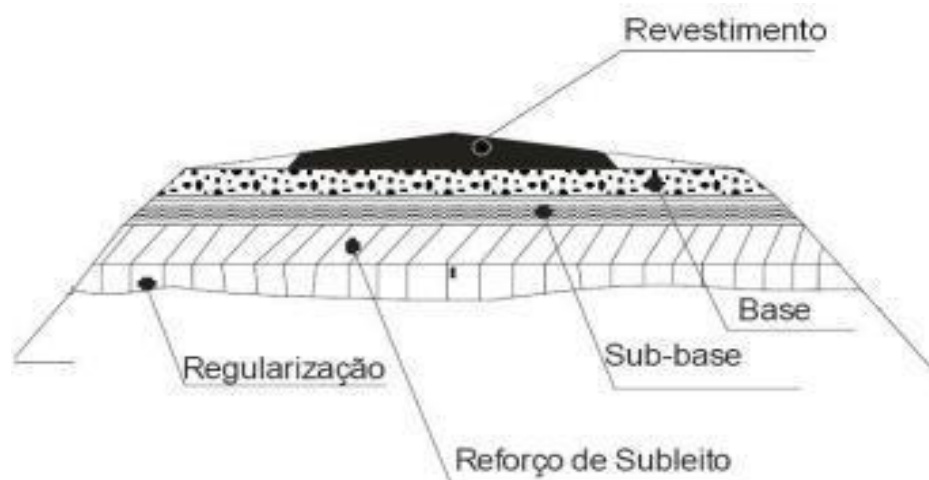
A camada de revestimento asfáltico deve ser tanto quanto possível impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento, onde esse atrito pode variar constantemente dependendo da carga, velocidade e material. Outro fator importante é que o material asfáltico atenda aos requisitos de flexibilidade, impermeabilidade, estabilidade, resistência a terraplanagem e ao trincamento (DNIT, 2006).

2.1 CAMADAS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Segundo o DNIT (2006), o pavimento de uma rodovia consiste de uma superestrutura composta por um modelo de camadas de espessura finita, formada depois da terraplanagem, designada a suportar e emitir os esforços verticais provocados por veículos, a favorecer as condições de rolamento como o conforto e segurança, e a suportar aos esforços horizontais, deixando mais duradouro a superfície de rolamento. Tais camadas são classificadas em revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito.

- Subleito: camada de solo utilizada como base do pavimento ou revestimento;
- Reforço de subleito: uma camada de pavimento granular com a finalidade de melhorar a capacidade de carga do subleito e reduzir a espessura do sub-base;
- Sub-base: camada corretiva do subleito e complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura de base;
- Base: uma camada projetada para resistir à força vertical do veículo, distribuir esses esforços no subleito e construir um revestimento sobre ele;
- Revestimento: é a camada acima da superfície da estrada, que suporta diretamente os efeitos verticais e horizontais dos veículos, e visa melhorar as condições de conforto e segurança do rolamento.

Figura 2 – Esquema de seção transversal do pavimento.



Fonte: DNIT, 2006.

2.2 COMPOSIÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Os pavimentos flexíveis denominam-se como estruturas que suportam e distribuem os esforços causados pelos mais diversos tráfegos. Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos flexíveis incidem de uma camada superficial asfáltica – revestimento, firmado em camadas de base, sub-base e de reforço do subleito, formadas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, não expondo existência de agentes cimentantes, e que sob ação de carregamentos, sofrem deformidades elásticas em todas as camadas, isto é, de acordo com o recebimento de carga, o solo se espalha em parcelas semelhantes e com pressões concentradas.

Sob a ação da carga aplicada, o solo tem uma força de reação muito estruturada, ao ser aplicada todas as camadas atuam juntas, fazendo com que a carga aplicada sobre ele seja distribuída de maneira uniforme e distribuída em partes iguais dentro da extensão do pavimento (BERNUCCI, 2010).

O material que constitui sua composição é o agregado, que corresponde a 90% e 95% de sua mistura, e o material betuminoso, mais conhecido como asfalto, cujo teor fica em torno de 5% a 10%. Vale ressaltar que cada um desses compostos tem desempenhos distintos. O agregado suporta e transmite a carga, e o material asfáltico tem a função de aglutinação e impermeabilização (BERNUCCI, 2010).

As misturas asfálticas podem ser fabricadas em usinas específicas, mais conhecidas como misturas usinadas, fixas ou móveis, ou podem ser preparadas in loco durante o processo de execução, que é adequado apenas para tratamento de superfície. Existe também, dentro da cadeia de produção do pavimento, o revestimento quanto ao tipo de ligante utilizado no composto, o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ou frio Emulsão Asfáltica de Petróleo (EAP) (BERNUCCI, 2010).

O ligante quente mais utilizado no Brasil é o ligante a quente. O CBUQ pode ser usado como revestimento, camada de ligação – binder, nivelamento ou reforço do pavimento. O concreto asfáltico só pode ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente ultrapassar 10 ° C, não sendo permitida a construção em dias de chuva (DNIT, 2006).

É denominado o produto de uma mistura de agregados e cimentos asfálticos de diferentes tamanhos, aquecidos a uma temperatura selecionada, que depende das características viscosidade-temperatura do ligante (DNIT, 2006).

A mistura a frio é adequada para cobertura de ruas e vias que raramente se movem, ou seja, baixo volume de tráfego, ou para projetos de conservação e manutenção (DNIT, 2006).

O processo de implantação do CBUQ está dividido em várias etapas, de acordo com a Especificação de Serviço do Concreto Asfáltico – 031/2006–ES (DNIT, 2006), a saber:

- Imprimação: o ligante betuminoso, geralmente é asfalto diluído, CM-30 e CM-70, é aplicado por um caminhão com bomba reguladora de pressão e sistema de aquecimento, logo após o perfeito adensamento da base e a varredura da superfície com vassoura mecânica. O ligante deve ser absorvido pela camada de base em até 72 horas, o objetivo é impermeabilizar o solo por meio da penetração do material betuminoso. A taxa de aplicação é definida em laboratório e varia de 0,8 l / m² a 1,6 l / m².
- Pintura de ligação: após mais de 7 dias entre a imprimação e o revestimento, a pintura de ligação deve ser concluída.
- O DNIT recomenda que a quantidade de material betuminoso seja de 0,3 l / m² a 0,4 l / m², os mais comumente usados são: RR-1C e RR-2C. O objetivo de sua aplicação é promover melhores condições de aderência entre a superfície de base e o CBUQ.

- Distribuição do CBUQ: o CBUQ deve ser distribuído na superfície imprimada e pintada com o auxílio de caminhões basculantes e vibroacabadoras adequadas. A temperatura dos materiais usados não deve ultrapassar 177 ° C.
- Compactação do CBUQ: no final da distribuição, a compactação deve começar longitudinalmente ao longo da borda e continuar avançando em direção ao eixo da pista. No entanto, em superelevação, a compactação deve sempre começar do lado mais baixo da curva até o ponto mais alto. É feita de rolo pneumático e rolo de metal liso. Com o fim da compactação, o tráfego só será aberto depois de totalmente resfriado.

3 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

De acordo com Bernucci, *et. al.* (2008), as patologias ou imperfeições superficiais são os problemas que mais atingem os usuários. As avarias afetam o conforto na rodagem dos motoristas. Com essas imperfeições afetando o conforto, levam assim a custos de manutenção e custos operacionais mais altos, como combustível, pneus e custos de tempo de rodagem.

Segundo Bernucci, *et. al.* (2008), por meio da nomenclatura definida na norma 005/2003 do DNIT para classificar os defeitos superficiais, ou seja, percebê-los visualmente. Ao identificar defeitos em uma seção do pavimento asfáltico, o nível de manutenção pode ser avaliado, o diagnóstico pode ser apoiado e soluções tecnicamente adequadas podem ser determinadas para reconstruir melhor o pavimento.

3.1 TIPOS DE DEFEITOS DE SUPERFÍCIE

As imperfeições superficiais que sucedem no pavimento flexível são classificadas como: fenda, afundamento, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendo (DNIT, 2003).

3.1.1 FENDA

De acordo com o DNIT (2003) as fendas são divididas em dois tipos. As fissuras e as trinças. A espessura da abertura é o que às diferem. A trinça tem uma abertura maior que a fissura, portanto é vista a olho nu com mais facilidade ao passo que a fissura somente a uma distância menor que 1,50 m. Os critérios atuais de análise das situações das superfícies supõem que as fissuras são como fendas simples que ainda não acarretam problemas funcionais ao revestimento.

As fissuras podem ser classificadas como isoladas ou interligadas. As isoladas podem acontecer na forma longa ou curta, transversal ou longitudinal ou ainda na forma de fissuras de retração. As fissuras interligadas podem acontecer no formato de couro de jacaré ou no formato de blocos. As fissuras interligadas têm as bordas bem acentuadas que diferem das fissuras em couro de jacaré que não possuem (DNIT, 2003).

Figura 3 – Trinça isolada transversal e longitudinal.



Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

Figura 4 – Trinça interligada tipo jacaré e tipo bloco.



Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

3.1.2 AFUNDAMENTO

Segundo o DNIT (2003) o afundamento que ocorre nas formas plástico ou de consolidação, são alterações permanentes. Sua particularidade é uma depressão do pavimento acompanhado, ou não, de um relevo do pavimento. As formas plásticas são acompanhadas por um relevo e as formas de consolidação não originam esse relevo do pavimento.

Figura 5 – Afundamento de trilho de roda e afundamento local.



Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

3.1.3 ONDULAÇÃO

A ondulação ou corrugação é uma deformidade definida por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento (DNIT, 2003).

A ondulação acontece devida ao rompimento por meio do cisalhamento do revestimento ou na ligação entre o revestimento e o material de base devido as tensões motivadas pelo tráfego. Nas áreas de aceleração ou frenagem dos veículos são os locais mais comuns onde advém esse defeito. (DNIT, 2006).

Figura 6 – Ondulação.



Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

3.1.4 ESCORREGAMENTO

De acordo com o DNIT (2003) o escorregamento é a deslocação do revestimento em relação à camada oculta do pavimento, com aparecimento de fendas em aspecto de meia-lua.

Primeiramente acontece um trincamento parabólico no pavimento nos locais de tração das rodas dos veículos. Em decorrência, acontece o deslizamento da capa asfáltica ocasionando o aparecimento das camadas ocultas do pavimento. Essa falha é muito corriqueira em rampas íngremes, curvas com pequeno raio, próximo a paradas de ônibus etc. Pois são áreas de aceleração ou frenagem dos veículos. (DNIT, 2006).

Figura 7 – Escorregamento.



Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

3.1.5 EXSUDAÇÃO

O DNIT (2003) define a exsudação como: “abundância de ligante betuminoso na superfície do pavimento, provocado pela dispersão do ligante através do revestimento.”

A dispersão do ligante para a superfície do pavimento acarreta o desenvolvimento de uma camada similar a manchas de várias dimensões. Essa camada de material betuminoso provoca uma menor adesão do asfalto aos pneus dos veículos, ocasionando um problema funcional que aumenta quando chove. A exsudação acontece em razão a dosagem imprópria da mistura asfáltica ou o ligante estava com a temperatura acima da prevista no instante da mistura. (DNIT, 2006).

Por falta do envolvimento betuminoso os agregados vão sendo carregados gradualmente do pavimento. O revestimento passa a ter uma aspereza superficial irregular devido os ligantes asfálticos não conseguirem manter os agregados presos contra a ação do tráfego. Alguns dos fatores que possibilitam o desgaste são a falta de cuidado na construção do pavimento ao permitir a presença de poeira entre agregado e ligante ou se a obra ocorreu em condições meteorológicas não ideais. (DNIT, 2006).

Figura 8 – Exsudação.



Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

3.1.6 DESGASTE

Segundo o DNIT (2003, p. 3), desgaste é a perda de agregados e/ou argamassa fina do revestimento asfáltico. Caracteriza-se pela aspereza superficial anormal, com perda do envolvimento betuminoso e arrancamento progressivo dos agregados.

Como resultado das inúmeras causas o ligante asfáltico fica impossibilitado de promover a retenção dos agregados que se soltam progressivamente sob a ação das cargas de tráfego. Pode ocorrer em toda a área da superfície do pavimento (DNIT 2003).

Figura 9 – Desgaste.



Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

3.1.7 PANELA

Conforme o DNIT (2006) as panelas ou buracos são o desenvolvimento de outra imperfeição que não foi solucionado. As trincas crescem e cessam por se ligar entre si de modo que formam placas sem ligação com o pavimento. Essas placas vão sendo retiradas, até atingir a base do pavimento, em relação aos esforços provocadas pelo tráfego de veículos pesados. Essa deformidade torna-se mais grave por deixar uma passagem mais fácil para as águas superficiais, que já se infiltravam por meio das trincas, ao interior do pavimento. O trincamento evoluído e o desgaste rigoroso são as causas primárias das imperfeições que só tende a crescer por ações do tráfego e da ação do clima.

Figura 10 – Painela/buraco.



Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

3.1.8 REMENDO

O DNIT (2006, p. 68) considera os remendos existentes como falhas em geral, já que espelham o mau desempenho da estrutura primária, provocando normalmente acréscimo na irregularidade longitudinal. O remendo é o procedimento empregado para solucionar o problema das painelas. Deve-se retirar o material original e trocar por um novo do mesmo tipo ou de propriedades similares.

Figura 11 – Remendo.



Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

Tabela 1 – Resumo dos defeitos – Condições e Classificação.

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 do pavimento ou do subleito	ALP				
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas	ATP				

			do pavimento ou do subleito	
	De Consolidação	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais 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 betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
"Panela" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		Remendo Superficial		RS
		Remendo Profundo		RP

NOTA 1: Classe das Trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

Fonte: DNIT, Norma 005/2003 – TER.

4 TIPOS DE RECUPERAÇÃO ASFÁLTICA

Antes de mais nada, é necessário fazer uma análise do estado atual do pavimento para assim escolher a melhor técnica de restauração. Com a coleta de dado do diagnóstico se faz essencial uma verificação funcional e uma verificação estrutural (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Reparar pavimentos asfálticos não se destina apenas a reparar problemas estruturais ou funcionais. Quando se espera que o volume de tráfego em uma determinada estrada aumente, é necessário aplicar tecnologia que permita aumentar a capacidade da estrutura do pavimento. Eles podem ser reafirmados pela aplicação

de uma nova camada. Ou recicle a camada existente (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

4.1 TÉCNICA DE SELAGEM

A técnica de selagem, pode ser utilizada principalmente nos casos de trincas isoladas. A selagem de trincas impedirá o crescimento da trinca e evitará a necessidade de uma reparação mais profunda. No caso de o pavimento apresentar um alto grau de trincamento, fragmentação e excessiva ação abrasiva do tráfego faz se primordial a associação de técnicas de reparação. Pode ser realizado a fresagem do pavimento, uma reperfilagem com uma camada de concreto asfáltico e mais uma camada de microrrevestimento (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

4.2 TÉCNICA DE REPERFILAGEM

A reperfilagem é uma técnica que consiste na aplicação de uma camada fina de material betuminoso misturado, que é bastante utilizada para corrigir deformações e melhorar as condições de rodagem. São indicados os remendos localizados antes da execução da camada em áreas mais irregulares (DNIT, 2006).

4.3 TÉCNICA DE RESTABELEECER A SEÇÃO TRANSVERSAL

Ao usar massa de asfalto para restaurar a seção transversal, os afundamentos locais podem ser corrigidos mais facilmente. No afundamento de trilha de roda e afundamento plástico, que danificam a estrada de forma mais severa, são necessárias técnicas mais robustas, como o recapeamento. No caso de um afundamento da estrada, a correção será para restabelecer a seção transversal da estrada. No entanto, pesquisas especiais são necessárias para definir a extensão do problema (PINTO e PREUSSLER, 2002).

4.4 RECAPEAMENTO COM CONCRETO ASFÁLTICO

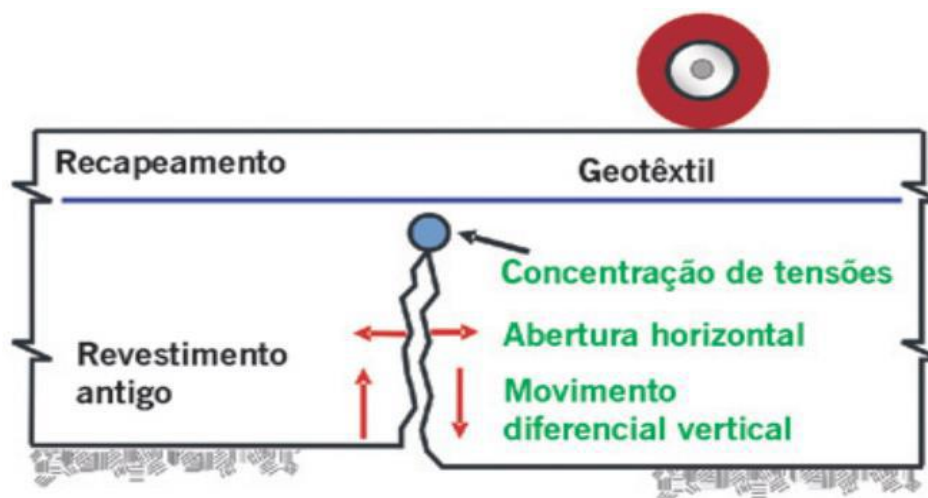
Quando o pavimento é altamente irregular, o concreto asfáltico é geralmente usado para recapeamento. Além de permitir melhores condições de fluxo de água SMA ou misturas descontínuas. Caso seja necessário reduzir a propagação de trincas presente no revestimento antigo, a fresagem é a escolha ideal antes da aplicação do recobrimento (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Para uma ideal restauração do pavimento asfáltico não basta apenas uma camada de recapeamento. Devido as trincas existentes no revestimento antigo são criadas tensões de tração nas camadas de recapeamento. A reflexão das trincas ocorre normalmente das camadas inferiores em direção as camadas superiores (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

4.4.1 GEOTÊXTIL

Para evitar a propagação dessas fissuras, algumas técnicas podem ser combinadas com a camada de recapeamento. Um deles é o uso de geossintéticos, conforme mostrado na Figura 12, que podem desviar fissuras ou convertê-las em microfissuras à medida que se propagam. O geotêxtil é utilizado com o ligante asfáltico entre o revestimento antigo e o recapeamento. Por se tratar de um aglutinante asfáltico impregnado, ao se utilizar geotêxteis a relação aglutinante asfáltica entre os revestimentos será maior. É maior do que quando apenas usada uma pintura de ligação. Os geotêxteis causam atrasos na reflexão das fissuras, podendo mesmo refletir as fissuras de forma atenuada e na direção horizontal (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Figura 12 – Posicionamento de geotêxtil em pavimento recapeado.



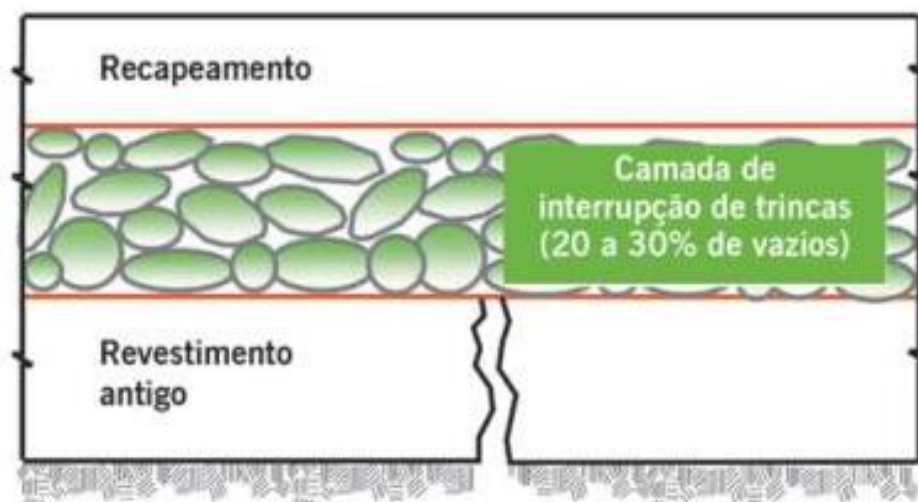
Fonte: Bernucci, Motta, et al. 2008.

4.4.2 SAMI

Outra técnica que pode ser usada é executar uma camada de SAMI (stress absorbing membrane interlayer) sobre o revestimento antigo. A SAMI ou camada intermediária de alívio de tensões, em razão da característica elástica recuperadora do ligante asfáltico utilizado, age diminuindo os movimentos e as tensões nas trincas ou juntas de baixa a média severidade. Ela pode constituída por microrrevestimento asfáltico, borracha de pneus, ligantes asfálticos modificados ou até misturas asfálticas com alto teor de asfalto modificado em camadas finas (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

A camada de dissipação de trinca é aplicada ao revestimento deteriorado e uma camada de asfalto é aplicada a ele e o recapeamento. Devido ao grande número de vazios em tais camadas, a propagação de trincas é interrompida. Mesmo que a propagação seja afetada por grandes movimentações (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Figura 13 – Posicionamento de camada de interrupção de trincas.



Fonte: Bernucci, Motta, et al. 2008.

5 CONCLUSÃO

No meio acadêmico, existem muitas bibliografias sobre pavimentação asfáltica. O próprio DNIT escreveu um manual sobre pavimentos flexíveis e rígidos e as patologias de ambos. Com o objetivo de auxiliar na pesquisa da tecnologia construtiva do pavimento ideal para cada situação ou local. Para cada via expressa, será estudado previamente o tipo de pavimento a ser construído, que levará em consideração o tipo de tráfego previsto, o tipo de solo sobre o qual será construída a via expressa, as camadas a serem construídas e demais especificações descritas em projeto.

O trabalho disposto propiciou a conceituação e levantamento das particularidades e critérios técnicos que são empregados na elaboração da recuperação de um pavimento, levando em consideração processos e logísticas fundamentais para a excelência do resultado. Com uma análise de fluxo presente e futuro, estudo de cargas, da meteorologia do local, como a concepção de projetos compatibilizados e eficientes para cada caso.

Foi visto a importância de cuidados e fiscalização do pavimento de forma geral, desde sua concepção até o final de sua vida útil. Com o tempo, monitorando as possíveis condições patológicas encontradas nos pavimentos e tratando-as, muitas medidas de reabilitação podem deixar de existir com tanta frequência.

Como foi apresentado, os pavimentos flexíveis apresentam diversos tipos de patologias superficiais e estruturais. As técnicas para restauração dessas patologias, que foram descritas neste trabalho, são as correções ideais.

Concluo que a partir da pesquisa realizada, pode-se perceber que a forma mais adequada de prevenir esses tantos defeitos é analisar todos os fatores relevantes para reduzir sua vida útil. É preciso também escolher o método de recuperação correto.

REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. Oficina de Textos, 2015.

BARRETO, Sheila Souza. **Estudo e abordagem da origem e desenvolvimento das patologias em pavimento**. 2016. Disponível em: <http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170420170858.pdf>. Acesso em: 19 out. 2018.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ. 2006.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.

COSTA JÚNIOR, Manoel Bezerra da. **Pavimentação asfáltica: técnicas de reparação de buracos em pavimentos flexíveis na região amazônica**. Resende: AMAN, 2018. Monografia.

DNIT. **Manual de pavimentação**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DNIT 031 - ES, **Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço**, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

DNIT. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006.

FONTES, Liseane Padilha Thives da Luz. **Optimização do desempenho de misturas betuminosas com betume modificado com borracha para reabilitação de pavimentos**. 2009. 581 p. Vias de Comunicação (Tese de Doutorado em Engenharia Civil) Universidade do Minho, [S.I.], 2009. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9601>>. Acesso em: 19 out. 2018.

GONÇALVES, Fernando Pugliero. **O Diagnóstico e a Manutenção dos Pavimentos** (Notas de aula). *Análise*, v. 2, p. 3, 1999.

MAIA, Iva Marlene Cardoso. **Caracterização de patologias em pavimentos rodoviários**. 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68091/1/000154859.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2018.

NÓBREGA, Eduardo Suassuna. **Comparação entre métodos de retroanálise em pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro, 2003.

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

SANTOS, Mário Jorge Ledo dos. **Dimensionamento de camadas de reforço de pavimentos rodoviários flexíveis**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. **com betume modificado com borracha para reabilitação de pavimentos**. 2009.

SCHROEDER, Élcio; CASTRO, José Carlos de. **Transporte Rodoviário de Carga no Brasil: Situação Atual e Perspectivas**. 1996. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Galerias/Convivencia/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Transporte_Rodoviario/199612_1.html>. Acesso em: 05 nov. 2018.