

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANDRESSA PATRINNY DA COSTA

**ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL DO MATERIAL
FRESADO RESULTANTE DA RESTAURAÇÃO DAS
RODOVIAS FEDERAIS**

ANÁPOLIS / GO

2018

ANDRESSA PATRINNY DA COSTA

**ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL DO MATERIAL
FRESADO RESULTANTE DA RESTAURAÇÃO DAS
RODOVIAS FEDERAIS**

ORIENTADORA: ISA LORENA SILVA BARBOSA

ANÁPOLIS / GO

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

COSTA, ANDRESSA PATRINNY

Análise do impacto ambiental do material fresado resultante da restauração das rodovias federais.

65P. (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Impacto Ambiental	2. Rodovias Federais
3. Vida útil do pavimento	4. Material fresado
I. ENC/UNI	II. BACHAREL (10º)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COSTA, Andressa Patriny. Análise do impacto ambiental do material fresado resultante da restauração das rodovias federais. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 65p. 2018.

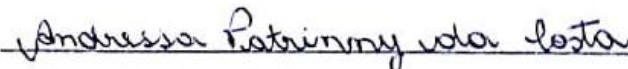
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Andressa Patriny da Costa

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise do impacto ambiental do material fresado resultante da restauração das rodovias federais

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Andressa Patriny da Costa

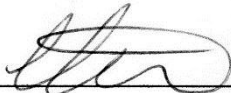
E-mail: patrinnycost@gmail.com

ANDRESSA PATRINNY DA COSTA

**ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL DO MATERIAL
FRESADO RESULTANTE DA RESTAURAÇÃO DAS
RODOVIAS FEDERAIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

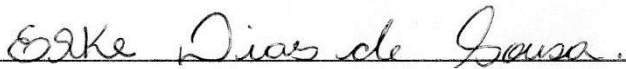
APROVADO POR:



**ISA LORENA SILVA BARBOSA, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)**



**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**ELKE DIAS DE SOUSA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 29 de NOVEMBRO de 2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser nosso mentor primordial, é ele que nos instrui gradativamente para que busquemos sempre melhorar como pessoa e querer o melhor para nosso futuro e o futuro do próximo. Ele nos deu os princípios de vida, de fé, de amor e são eles que me mantêm persistente mesmo que os obstáculos sejam grandes e as incertezas reflitam em meus olhos. Existem caminhos fáceis para serem seguidos, más, o difícil tem um sabor a mais quando a vitória é conquistada. Posso dizer que estes 5 anos foram sem dúvidas os mais difíceis, os mais longos e rápidos ao mesmo tempo, os de maior crescimento pessoal, profissional e espiritual. Logo no comecinho do meu percurso apareceu o primeiro obstáculo e o maior de todos, um anjo lindo passou a me prestigiar de um lugar especial. Ao mesmo tempo que perdemos alguém ganhamos um protetor que nos dá força para continuarmos. Cada período uma conquista, cada grupo de trabalho um desentendimento rotineiro seguido de um aprendizado afinal é em grupo que você se reconhece como individuo, passa a entender seus pontos de vista, suas habilidades e principalmente aprende a conviver e a respeitar a opinião do outro. As amizades feitas foram poucas, porém verdadeiras, cada qual com seus trejeitos más com um coração bondoso e complacente um pelo outro. Agradeço aos que suportaram meu jeito e minhas manias, que me apoiaram nos momentos ruins, me incentivaram a não desistir de nada, sorriram comigo, brigaram, abraçaram e não me abandonaram. Agradeço aos meus pais, me desculpem aos outros mais eles são demais e sim os melhores, agradeço aos meus irmãos e padraço pela paciência que tiveram diariamente comigo e entenderam cada estresse durante o período de trabalho de conclusão de curso, cada companheirismo foi significativo para está conquista. Um obrigada especial a todos os professores que me instruíram da melhor maneira para a conclusão desta etapa.

Andressa Patrinely da Costa

RESUMO

No presente trabalho foi desenvolvido um estudo sobre a restauração das rodovias federais brasileiras sendo composto por uma pesquisa numérica quantitativa para a obtenção da quantidade de material fresado proveniente da restauração do pavimento flexível, o qual é lançado no meio ambiente gerando danos tanto para o solo e recursos hídricos quanto para os seres vivos. Com o objetivo de demonstrar através de cálculos e estudos, o potencial contaminante de resíduos asfálticos compostos por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos que são poluentes orgânicos que afetam o meio ambiente e a saúde do ser humano causando câncer. Para tanto, foi feita uma previsão da redução da vida útil do pavimento quando o mesmo sofre um acréscimo de cargas, a partir dos resultados pode-se compreender que a falta de conhecimento por parte do condutor e da transportadora reduz consideravelmente a vida útil do pavimento, fazendo-se necessário a restauração do mesmo. A restauração utilizando o método da fresagem pode trazer riscos ambientais, populacionais e redução da vida útil do pavimento em 4 anos, quando não descartado de maneira adequada gerando um alto investimento oriundo dos cofres públicos, diante disso foi sugerido estudos futuros voltadas para a melhoria do controle de peso transportado pelos veículos fazendo uso de balanças de controle de pesagem veicular em todos os pontos de tráfego intenso e a utilização do material fresado na restauração das rodovias.

Palavras-chave: Excesso de peso. Vida útil. Restauração das rodovias federais. Impactos ambientais. Material fresado.

SUMMARY

In the present work, a study was carried out on the restoration of the Brazilian federal highways, being a quantitative numerical research to obtain the amount of milled material coming from the restoration of the flexible pavement, which is released into the environment causing damage to both the soil and resources for living beings. With the aim of demonstrating through calculations and studies the potential contaminant of asphaltic residues composed of polycyclic aromatic hydrocarbons that are organic pollutants that affect the environment and human health causing cancer. In order to do so, it was made a forecast of the reduction of the useful life of the pavement when it undergoes an increase of loads, from the results it can be understood that the lack of knowledge on the part of the driver and of the carrier considerably reduces the useful life of the pavement , making it necessary to restore it. The restoration using the milling method can bring environmental, population and shelf life risks in 4 years, when not properly discarded, generating a high investment from the public coffers, and future studies aimed at control of weight transported by the vehicles making use of scales of control of vehicular weighing in all the points of intense traffic and the use of the milled material in the restoration of the highways.

Keywords: Overweight. Lifespan. Restoration of federal highways. Environmental impacts. Milling material.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pista simples	20
Figura 2 - Pista dupla.....	21
Figura - 3 Pista tripla	21
Figura 4 - Estrada de Seda.....	23
Figura 5 - Estrutura do pavimento flexível.....	25
Figura 6 - Estrutura do pavimento rígido	26
Figura 7 - Estrutura do pavimento semirrígido	26
Figura 8 - Execução de subleito	27
Figura 9 - Execução do reforço do subleito.....	28
Figura 10 - Execução da sub-base do pavimento	28
Figura 11 - Execução da base do pavimento	29
Figura 12 - Execução do revestimento de base asfáltica	30
Figura 13 - Etapas do Processo de Restauração	37
Figura 14 - Utilização do método da fresagem em obra de recuperação de pavimento.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do Processo de Restauração.....	33
Quadro 2 - Avaliação de impactos ambientais de estudos e projetos rodoviários	44
Quadro 3 - Avaliação de impactos ambientais de estudos e projetos rodoviários (continuação)	45
Quadro 4 - Avaliação de impactos ambientais de obras rodoviárias.....	45
Quadro 5 - Avaliação de impactos ambientais de obras rodoviárias (continuação).....	46
Quadro 6 - Avaliação de impactos ambientais de obras rodoviárias (continuação).....	46
Quadro 7 - Avaliação de impactos ambientais de obras rodoviárias (continuação).....	47
Quadro 8 - Avaliação de impactos ambientais em operações rodoviárias	47

LISTA DE TABELA

Tabela 1 Impacto do acréscimo de peso nas rodovias.....	49
Tabela 2 Fatores que influenciam na fiscalização de peso dos veículos.....	50
Tabela 3 Rodovias federais brasileiras	53

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Postos de Pesagem com equipamentos fixos e móveis nas Rodovias Federais Brasileiras	51
Gráfico 2 - Postos Integrados Automatizados de Fiscalização	52
Gráfico 3 - Qualidade das Rodovias Pavimentadas Brasileiras no ano de 2018.....	53
Gráfico 4 - Classificação geral das Rodovias Pavimentadas Brasileiras no ano de 2018	54
Gráfico 5 - Comparativo de custos envolvendo os dois casos abordados.	58

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABDER	Associação Brasileira dos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem
ABEDA	Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto
AGETOP	Agência Goiana de Transportes e Obras
CNT	Confederação Nacional de Transportes
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ES	Especificação de Serviço
GTTR	Glossário de Termos Técnicos Rodoviários
HPAs	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
MRPA	Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos
PPVS	Postos de Pesagem Veiculares
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 METODOLOGIA	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2 RODOVIAS.....	19
2.1 TRÂNSITO	22
2.2 HISTÓRIA DA PAVIMENTAÇÃO	22
2.3 PAVIMENTAÇÃO.....	24
2.3.1 Classificação dos pavimentos	24
2.3.1.1 Pavimento Flexível	25
2.3.1.2 Pavimento Rígido.....	25
2.3.1.3 Pavimento Semirrígido	26
2.3.2 Camadas do revestimento asfáltico.....	27
2.3.2.1 Subleito	27
2.3.2.2 Reforço do subleito	27
2.3.2.3 Sub-base	28
2.3.2.4 Base.....	29
2.3.2.5 Revestimento de base asfáltica	25
2.4 VIDA ÚTIL DO PAVIMENTO	30
3 METODOS UTILIZADOS PARA A RESTAURAÇÃO DE RODOVIAS COM PAVIMENTO FLEXIVEL.....	32
3.1 PROCESSO DE RESTAURAÇÃO.....	32
3.2 TÉCNICAS PARA A RESTAURAÇÃO	34
3.2.1 Técnica para problemas funcionais	35
3.2.1.1 Lama asfáltica	35
3.2.1.2 Tratamento superficial simples e duplo	35
3.2.1.3 Micro pré-misturado a quente com asfalto polímero	36
3.2.1.4 Microrrevestimento asfáltico a frio.....	36
3.2.1.5 Concreto asfáltico	36

3.2.1.6	As trincas isoladas podem ser tratadas por selagem, o que permite o retardamento da sua evolução.....	37
3.2.1.7	Pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito	38
3.2.2	Técnica de Restauração de Pavimentos com problemas estruturais.....	39
3.2.2.1	Remoção por fresagem.....	39
3.2.2.2	Camadas intermediárias de alívio de tensões.....	41
3.2.2.3	Camadas de dissipação de trincas	41
3.2.2.4	Espessura de recapeamento aumentada	41
3.2.2.5	Reciclagem do revestimento existente.....	42
3.2.2.6	Emprego de revestimentos asfálticos fazendo uso de ligantes modificados.....	42
4	IMPACTOS AMBIENTAIS DEVIDO A FRESAGEM DO PAVIMENTO	
	FLEXÍVEL.....	43
4.1	IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO PELO MATERIAL FRESADO	47
5	ESTUDO DE CASO	49
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

A Confederação Nacional de Transportes - CNT (2017) mostra que o transporte rodoviário é o principal modal utilizado na malha viária brasileira, correspondendo a 65% do transporte de cargas.

Ele apresenta vantagens em relação aos outros modais, pois é mais flexível o acesso aos pontos de embarque e desembarque. Ele se sobressai aos demais independentemente das taxas de pedágio e preços mais elevados do óleo diesel quando se trata de custos. Mesmo em casos de estradas em más condições, para muitas regiões as rodovias ainda é o único meio de acesso.

O tráfego entre as cidades melhoram com a construção de estradas. Além de facilitar a circulação de mercadorias e transporte de pessoas também abrem novas oportunidades de emprego.

Muitos benefícios foram gerados com a construção das estradas, porém, causaram alguns impactos negativos, não menos relevantes, que podem afetar o meio ambiente como por exemplo: o desmatamento, a alteração do sistema natural de drenagem, a degradação do solo, a poluição e a perda da diversidade biológica.

O Anuário de Estatísticas Consolidadas (CNT 2018) mostra que no Brasil existem 120.539,4 km de rodovias federais, onde, 65.529,6 km são pavimentados (54%), 10.728,9 não são pavimentados (9%) e 44.280,9 são planejados (37%). Embora seja o modal mais utilizado, a malha pavimentada cresceu pouco nos últimos 10 anos, apenas 0,7% com base nas informações de sua tabela n.1.3.1.1.2.2. Isso mostra que o Brasil vem se acomodando no que tange há investimentos em obras rodoviárias federais, não satisfazendo a demanda por infraestrutura do país.

Existem dois fatores que interligam-se à rodovia: o trânsito e o transporte. No que diz respeito ao fluxo de utilização das vias para fins de circulação ou parada dos usuários, quando ocorre esse uso contínuo das vias e sobrepeso o pavimento sofre um desgaste pois boa parte da pista já superou a vida útil do projeto original e com o passar do tempo necessitará de restauração e isso poderá trazer transtornos aos usuários. Sua finalidade é oferecer conforto, segurança e fluidez no trânsito de maneira satisfatória aos motoristas.

Para garantir uma boa circulação na via é necessário que haja investimento para a sua restauração, o custo elevado fez com que aprimorassem o uso da reciclagem dos agregados fresados na substituição de novos produtos visando a redução de gastos e impactos ambientais.

O 18º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária - ENACOR (2015) diz que o material fresado do revestimento pode ser utilizado na reciclagem fazendo adição de

outros materiais para aproveitamento de outros serviços. A fresagem consiste no processo de retirada da camada superficial do pavimento sem que seja danificadas as camadas que estão em bom estado físico.

Diante dessa preocupação com o meio ambiente o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA criou a resolução 001/1986 que impõe a obrigatoriedade do estudo de impacto ambiental (EIA) e o relatório de impacto ambiental (RIMA), que serão feitos antes do início da obra, afim de detectar e prever problemas futuros e garantir maior estabilidade à pista, ao motorista e ao meio ambiente.

Os fatores mais relevantes para a escolha do tema abordado é a realidade em que se encontra a rodovias brasileiras um estudo feito pelo CNT (2017) mostra que o Brasil tem uma defasagem nos métodos utilizado para projetar rodovias em comparação aos Estados Unidos, Japão e Portugal por exemplo. Muitas obras são entregues sem seguir os padrões de qualidade exigidos nas normas que regem o controle de obras rodoviárias no Brasil IPR/DNIT – 742, o que acaba gerando um gasto fora do planejamento, o que pode corresponder a até 24% do valor total estimado.

Através desta informação, a presente pesquisa buscou analisar os impactos ambientais resultantes da restauração das Rodovias Federais do Estado de Goiás. A atenção é para o excesso de peso no pavimento e na quantidade de material fresado que é lançado ao meio ambiente ressaltando a sua composição e os impactos negativos que ele gera ao meio ambiente.

1.1 JUSTIFICATIVA

Exigi-se que as rodovias tenham uma estrutura bem dimensionada e com manutenções para que venham a suportar todo peso exercido sobre ela sem sofrer avarias, devido ao fluxo constante de meios de transportes. As etapas de construção não podem afetar o meio ambiente. Para isso a Agência Goiana de Transportes e Obras - AGETOP criou as Especificações Gerais para Obras Rodoviárias que dispõe da forma de retirada da mata, do solo e locação das mesmas para que não obstruam o sistema de drenagem, não poluam o ar e evitem acidentes.

A Segurança é um desejo da sociedade ao sair de casa e se tratando de um condutor de automóvel todos são conscientizados constatemente pelos diferentes meios de comunicação disponíveis sobre cuidados no trânsito. Mas fica um questionamento: “Há alguma

possibilidade de ser um bom condutor no trânsito sem uma infraestrutura que suporte o tráfego de veículos”?

A abrangência do tema chamou a atenção para a necessidade de aprofundar-se no assunto concernente ao processo de planejamento do projeto de restauração até a etapa de execução, os impactos gerados conforme etapas de execução da obra e estudo de casos sobre o material fresado com base nos impactos que ele gera ao meio ambiente e como ele pode ser aproveitado de forma benéfica na construção. Conforme as Normas e Instruções do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER sobre estudos ambientais a serem feitos antes do início da obra, Normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT e AGETOP que dispõem do estudo sobre a criação de uma rodovia.

O Brasil precisa investir pesado em sua infraestrutura, principalmente em suas rodovias federais, mas tem que haver planejamento, organização e investimento. Pensando nisso a pesquisa propõe um estudo com foco na importância de planejar e seguir as recomendações do projeto de rodovias baseando-se nas normas regulamentadoras.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por finalidade analisar os impactos ambientais resultantes da restauração da pavimentação asfáltica flexível.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Discorrer sobre: excesso de peso, vida útil do pavimento, impactos ambientais e material fresado;
- b) Descrever o processo de restauração das Rodovias e os impactos ambientais gerados;
- c) Analisar o trecho delimitado para estudo de caso, afim de descobrir a quantidade de material fresado que é lançado ao meio ambiente a cada 4 anos como contaminação, devido ao processo de restauração das rodovias federais, em função do excesso de peso nos pavimentos ao longo do tempo.
- d) Fazer uma proposta para pesquisas futuras,

1.3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o estudo de caso foi o levantamento numérico quantitativo das rodovias federais calculando a quantidade de material fresado que é lançado ao meio ambiente como forma de contaminação. Os resultados foram obtidos em toneladas e aplicado a um fator de redução da vida útil para demonstrar o impacto que ele gera a cada 4 anos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa contempla seis capítulos distintos:

- O primeiro é composto pela introdução à temática do impacto ambiental nas Rodovias Federais do Estado de Goiás;
- Um segundo capítulo abordou um estudo sobre as rodovias com foco no trânsito, pavimentação e vida útil do pavimento;
- O terceiro capítulo fez uma análise dos métodos de restauração dos pavimentos flexíveis;
- No quarto capítulo foi abordado os impactos ambientais resultantes do material fresado que é depositado no meio ambiente;
- O quinto capítulo atentou para o estudo de casos que trata sobre os impactos do sobre peso nos pavimentos e a quantidade de material fresado que é lançado no meio ambiente como contaminação, devido ao processo de restauração das rodovias federais utilizando o método da fresagem;
- Por último, a pesquisa apresenta as considerações finais e as sugestões para futuras pesquisas.

2 RODOVIAS

As estradas pavimentadas são um acesso viável para o usuário, ela permite o acesso de pessoas e mercadorias a pontos diversos da geografia do nosso país. A rodovia é uma via pública, planejada e supervisionada por diversos órgãos como o DNIT, DNER, CTB, Associação Brasileira dos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem - ABDER que criaram padrões técnicos a serem seguidos.

Segundo o Manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT, 2010), o transporte rodoviário teve destaque a partir dos anos 40, ultrapassando o transporte ferroviário de cargas e por volta da década de 60 e 70 recebeu maiores investimentos do setor público, para a sua expansão. As rodovias são classificadas quanto:

- À sua administração: federais, estaduais, municipais e particulares;
- À sua classificação funcional: arteriais, coletoras e locais;
- As suas características físicas: não pavimentadas, pavimentadas, com pistas simples ou duplas;
- Ao seu padrão técnico: é dividida em classes de acordo com suas características, sendo:
 1. Classe 0 – Rodovia de alto padrão, com controle total de acesso e no mínimo, pista dupla.
 2. Classe I-A: Rodovia de pista dupla e com controle parcial de acesso;
 3. Classe I-B: Rodovia de pista simples, projetada para 10 anos com um limite inferior de 200 veículos e superior a 1400 veículos mistos diários;
 4. Classe II: Rodovia de pista simples, projetada para 10 anos com um limite inferior de 700 veículos mistos e superior a 1400 veículos mistos diários;
 5. Classe III: Rodovia de pista simples, projetada para 10 anos com um limite inferior de 300 veículos mistos e superior a 700 veículos mistos diários;
 6. Classe IV-A: Rodovia de pista simples, possui tráfego médio diário de 50 a 200 veículos diários;
 7. Classe IV-B: Rodovia de pista simples, possui tráfego médio diário inferior a 50 veículos,

De acordo com definições no Anexo I do Código de Trânsito Brasileiro – CTB (BRASIL, 1997), rodovias são vias rurais de rodagem pavimentadas, ou seja, vias de altas velocidades, restritas sim ou não para ciclistas e pedestres, elas podem ser classificadas, sendo:

- a) Pista Simples que possui apenas uma faixa de rodagem sendo ela de mão dupla ou não como ilustrado na figura 1; o artigo 61º do CTB (BRASIL, 1997) estabelece para a pista simples e dupla a velocidade adequada há cada veículo conforme seu modelo e especificações, sendo: 110 km/h (cento e dez quilômetros por hora) para automóveis, camionetes e motocicletas; 90 km/h (noventa quilômetros por hora) para os demais veículos.

Figura 1 - Pista simples



Fonte: Blog Reinaldo instrutor(2017)

- b) Pista dupla, possuem duas faixas de rodagem em cada direção contendo um canteiro central que dificulta medidas irregulares de retornos e ultrapassagem, como visto na figura 2, este tipo de pista permite a circulação do veículo com uma velocidade maior, não afetando a segurança das pessoas presentes no trajeto já que o risco de colisão frontal é menor mesmo em alta velocidade.

Figura 2 - Pista dupla



Fonte: Blog Reinaldo instrutor(2017)

- c) A pista múltipla como pode ser visto na figura 3, possui três ou mais faixas de rodagem em cada direção podendo conter pistas duplas, triplas, etc.

Figura 3 Pista tripla



Fonte: Rail Enginner (2017)

2.1 TRÂNSITO

Entende-se como trânsito a circulação nas vias seja ela feita por animais, pessoas e veículos. O ato de caminhar sempre foi um meio de locomoção utilizado desde as antigas civilizações e mediante à necessidade de transportar bens e pessoas é que foram surgindo os veículos que vieram para facilitar e melhorar a locomoção do dia-a-dia, o que ocasionou a necessidade de criação e adequação das estradas para recebe-lós.

A necessidade de deslocar-se para o trabalho, faculdade, hospitais, cidades e demais rotinas diárias de uma pessoa virou uma constante tornando preocupante o tráfego de veículos, pois, é crescente o número de automoveis nas vias o que gera uma sobrepeso além da calculada em projeto, causando a longo prazo um desgaste do pavimento.

O trânsito de qualquer natureza é regido pela Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. O artigo 6º da Lei do CTB (BRASIL, 1997) diz que o objetivo do Sistema Nacional de Transito é “estabelecer diretrizes da Política Nacional de Trânsito, com vistas à segurança, à fluidez, ao conforto, à defesa ambiental e à educação para o trânsito, e fiscalizar seu cumprimento”. Uma vez que o indivíduo infringe alguma das leis de trânsito será devidamente punido, dependendo do grau da infração cometida poderá responder a processos no Tribunal Judiciário.

O Conselho Nacional do Trânsito - CONTRAN, é o órgão máximo normativo e tem como finalidade, segundo o Decreto 4.711 artigo 12º (BRASIL, 2003). Estabelecer as normas regulamentares referidas neste Código, as diretrizes da Política Nacional de Trânsito e coordenar os órgãos do Sistema Nacional de Trânsito, objetivando a integração de suas atividades.

2.2 HISTÓRIA DA PAVIMENTAÇÃO

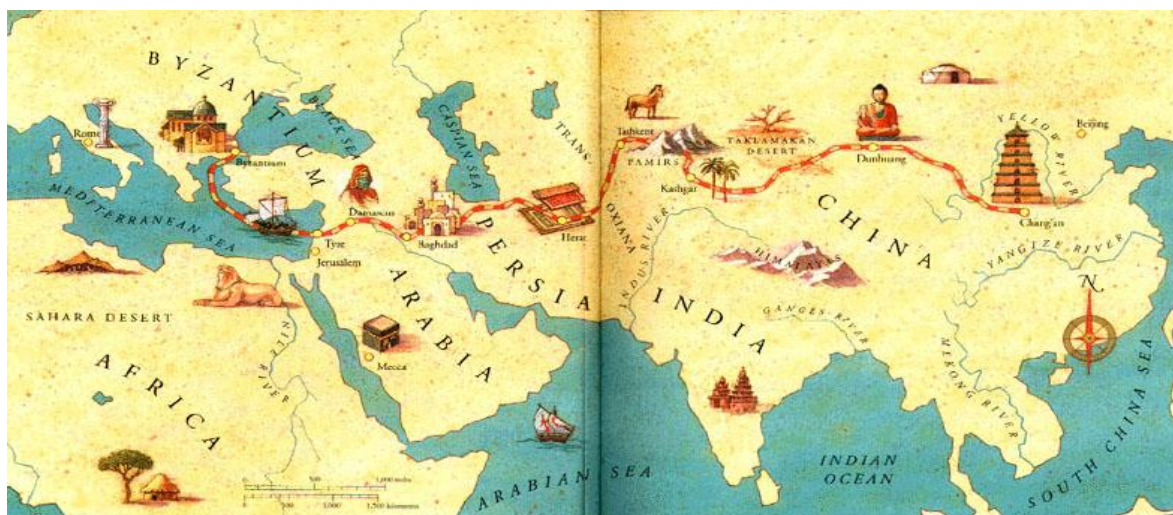
O desenvolvimento humano está diretamente ligado com a construção das estradas, uma vez que a necessidade de se locomover fez com que os povos primitivos começassem a criar modelos de pavimentação, que foram sendo modificados com o surgimento da civilização até chegar no modelo atual.

Bittencourt (1958) relatou em seus estudos inúmeros referenciais históricos de estradas que foram construídas na antiguidade e que serviam à Assíria, à Babilônia e também caminhos. Dentre esses caminhos a Estrada de Seda que está representada na figura 4,

destacou-se por ser historicamente a rota de comércio mais antiga e importante devido a sua influência nas culturas Índigena, Chinesa, Asiática e Ocidental. Está localizada na região que separa a China da

Europa e da Ásia. A declinação da estrada de seda ocorreu no século XIII devido ao crescimento do transporte marítimo na região (BERNUCCI et al., 2008).

Figura 4 - Estrada de Seda



Fonte: Blog Ferreira história total (2012)

O maior exemplo de planejamento e construção viária que temos veio dos Romanos, o grande desenvolvimento da mesma ocorreu durante a instalação do império onde um dos principais objetivos era o deslocamento das tropas de centros estratégicos para as regiões mais afastadas, com base nessa necessidade os romanos criaram um sistema, ainda que robusto, com nível de critério técnico elevado.

A Via Ápia é a via romana mais conhecida, foi criada em 312 a. C., no período da segunda Guerra Samnita, sua nomenclatura foi uma homenagem ao seu construtor, Appius Claudis. Sua criação teve como objetivo ligar Roma a Cápua, que ficava cerca de 195 km de distância, possibilitando a chegada do exército romano, durante o período não-inverno às áreas Campania e Samnium, retornando a Roma no inverno. A estrutura da via foi feita preservando 10 metros de largura em alguns trechos e seu revestimento era de 1 a 1,50 metros, com camadas superpostas de pedras (YOUNG, 2011).

Mascarenhas Neto (1790) apresentou um Tratado para construção de estradas, feito com base em suas experiências nas províncias de Portugal e observando as práticas realizadas por Inglaterra, Escócia e França, em sua obra ele fala sobre aspectos importantes que devem

ser considerados para se ter uma boa pavimentação, tais como: a marcação, distância de transporte, compactação, entre outros.

O DNIT conta sobre o rodoviarismo federal no Brasil, o primeiro registro de construção de estrada foi o caminho aberto criado para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga em 1560. Indo mais afundo na evolução das estradas foi apenas em 1861 que o Brasil começou a sua história de pavimentação de fato, com a inauguração da estrada da União Indústria.

A primeira rodovia surgiu por volta de 1861 pelo então imperador Dom Pedro II, está rodovia liga Petrópolis – Rio de Janeiro a Juiz de Fora – Minas Gerais, foi pavimentada pelo método macadame que consiste na aplicação de piso composto por pedras que se encaixam umas nas outras, foi um marco importante para o escoamento da produção cafeeira. A partir de então com a privatização da rodovia surgiu a cobrança de pedágio dos usuários da rota (Pires, 2018)

2.3 PAVIMENTAÇÃO

O pavimento é uma estrutura onde as pessoas se locomovem, seja a pé ou através dos veículos de transportes. É necessário que seja resistente, pois, recebe os esforços horizontais e verticais oriundos da circulação de pessoas, veículos e cargas. Todo este esforço recebido será repassado para o pavimento que instantaneamente os distribuem para a sua estrutura.

Segundo o Glossário de Termos Técnicos Rodoviários - GTTR (DNER, 1997), o pavimento é a camada executada após a a terraplanagem, é empregada para resistir aos esforços verticais e horizontais e distribuí-los para o subleito, proporcionando maior conforto e segurança ao usuário, tornando mais durável a superfície de rolamento.

O pavimento é classificado em rígidos que é o revestimento de placa de concreto de cimento Portland e flexíveis ou pavimentos asfálticos sendo o revestimento composto por uma mistura de agregados e ligantes asfálticos. (BERNUCCI et. al,2008).Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto - ABEDA mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico.

2.3.1 Classificação dos pavimentos

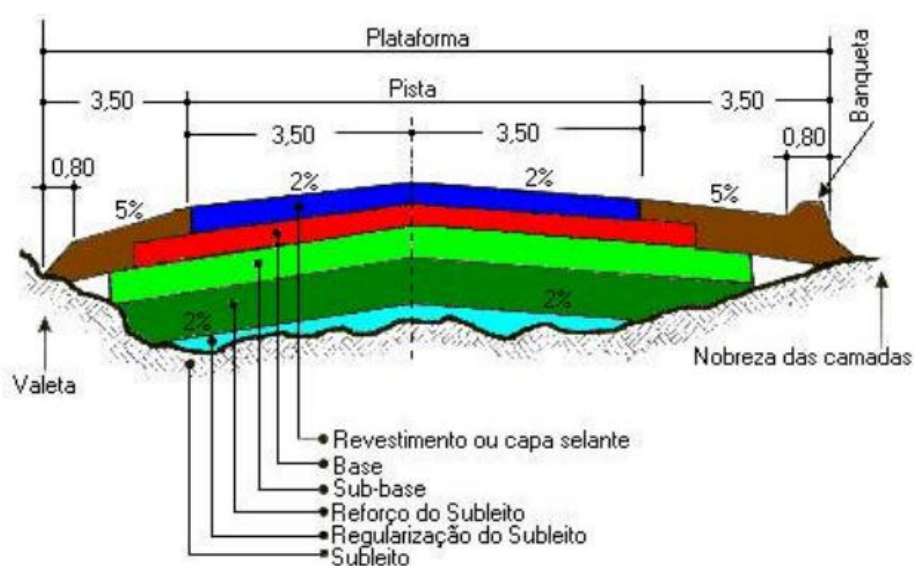
Balbo (2007) define os pavimentos em 3 estruturas básicas:

2.3.1.1 Pavimento Flexível

O pavimento flexível é o pavimento no qual a absorção de esforços dá-se de forma dividida entre várias camadas, encontrando-se as tensões verticais em camadas inferiores, concentradas na região próxima da área de aplicação da carga.

Segundo o Manual IPR - 719 (DNIT, 2006), pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. A figura 5 apresenta a composição do pavimento flexível.

Figura 5 - Estrutura do pavimento flexível



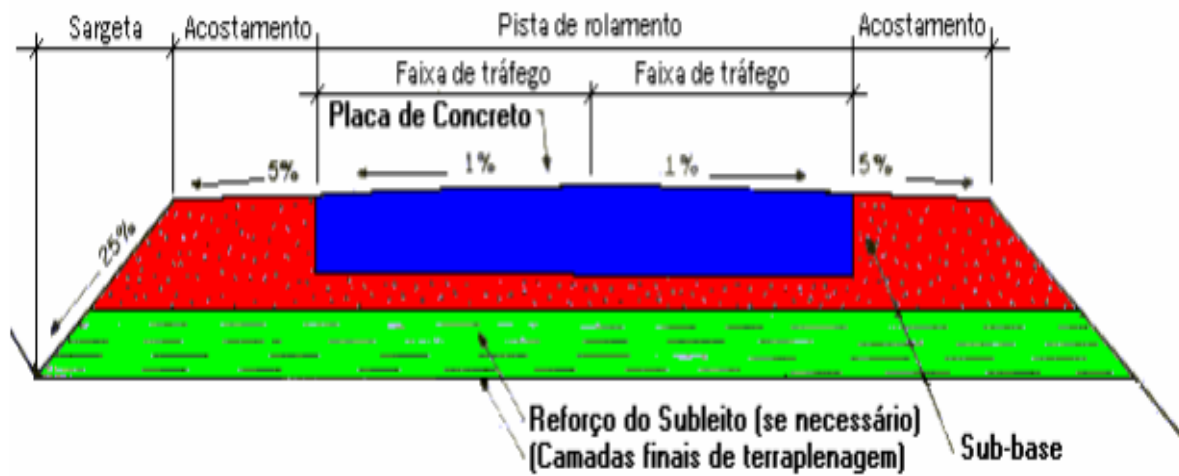
Fonte: Pavimentação Marques(2006)

2.3.1.2 Pavimento Rígido

O pavimento rígido é o pavimento no qual uma camada absorve grande parcela de esforços horizontais solicitantes, gerando pressões verticais aliviadas e bem distribuídas sobre as camadas inferiores.

Segundo o manual IPR - 719 (DNIT, 2006), pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. A figura 6 apresenta a composição do pavimento rígido.

Figura 6 - Estrutura do pavimento rígido



Fonte: Pavimentação Marques(2006)

2.3.1.3 Pavimento Semirrígido

É composto por um revestimento asfáltico com base ou sub-base em material tratado com cimento de elevada rigidez, excluídos quaisquer tipos de concreto.

Segundo o manual IPR - 719 (DNIT, 2006), o pavimento semirrígido caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica. A figura 7 apresenta a composição deste pavimento.

Figura 7 - Estrutura do pavimento semirrígido



Fonte: Pereira(2014).

2.3.2 Camadas do revestimento asfáltico

O revestimento asfáltico é composto por algumas camadas sendo: reforço do subleito, sub-base, base e revestimento.

O revestimento é a camada que recebe a ação dos veículos e melhora as condições de rolamento permitindo que ele proporcione conforto, segurança e resistência aos esforços horizontais atuantes na pista (GTTR DNER ,1997).

2.3.2.1 Subleito

Subleito é o solo de fundação preparado para o recebimento do pavimento, como mostra a figura 8.É constituído de material natural consolidado e compactado, por exemplo: nos cortes do corpo estradal ou por um material transportado e compactado, no caso dos aterros. Eventualmente, será também aterro sobre corte de características medíocres de subleito (BALBO, 2007).

Figura 8 - Execução de subleito



Fonte:Medeiros et al. (2017)

2.3.2.2 Reforço do subleito

O reforço do subleito é a camada granular construída sobre o subleito, ela melhora as qualidades do subleito e sub-base. A necessidade do seu uso vai depender do solo do subleito e dos esforços aplicados no pavimento. A figura 9 retrata a sua execução (MARQUES, 2006).

O processo de execução do subleito dá-se através da pulverização, umedecimento, espalhamento, compactação e acabamento voltados a preservação ambiental. É utilizado para fazer a redução da espessura devido as baixas condições de suporte do subleito(ES 138 DNIT, 2010).

Figura 9 - Execução do reforço do subleito



Fonte: Emconbras Pavimentação & Terraplanagem (2014)

2.3.2.3 Sub-base

A sub-base conforme pode ser visto na imagem 10, é uma camada complementar à base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito (BALBO, 2007).

Serve para controle de deformações ocasionadas pelo piso, repassando para a fundação o esforço recebido pelo piso (LEVY, 2009).

Figura 10 - Execução da sub-base do pavimento



Fonte: Andrade (2018)

2.3.2.4 Base

A base recebe e distribui à camada subjacente os esforços que recebe do tráfego de veículos. A figura 11 mostra como é feito o procedimento (MARQUES, 2006).

Na composição da base contém solos, brita e mistura de solos. Sua execução consiste na secagem dos materiais na pista, em seguida o material é espalhado, compactado e dá-se início ao acabamento conforme as dimensões estabelecidas em projeto (ES 141 DNIT, 2010).

Figura 11 - Execução da base do pavimento



Fonte: Andrade (2018)

2.3.2.5 Revestimento de base asfáltica

O revestimento de base asfáltica é o constituído pela mistura de agregados e cimento asfáltico que recebe as cargas oriundas do tráfego de veículos. Ele resiste aos esforços horizontais e melhora as condições de rolamento proporcionando um trânsito seguro. Como pode ser visto na figura 12.

Bernucci et al. (2008) diz que: O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento – em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de binder, embora essa designação possa levar a uma certa confusão, uma vez que esse termo é utilizado na língua inglesa para designar o ligante asfáltico.

Figura 12 - Execução do revestimento de base asfáltica



Fonte: Nakamura (2011)

2.4 VIDA ÚTIL DO PAVIMENTO

Para ser definida a escolha do pavimento a sua vida útil é um dos fatores primordiais, pois cada tipo de revestimento tem distintas formas de comportamento, levando em consideração o efeito de tráfego e agentes naturais. No Brasil as rodovias pavimentadas em sua maior parte foram realizadas com pavimentos flexíveis, sendo este de uma grande complexidade em razão de seu comportamento em sua estrutura geral (ROAD EXPERTS, 2018)

Em concordância de sua temperatura de aplicação, agentes externos e frequência de utilização os materiais asfálticos têm distintas formas de reações, manifestando assim comportamento viscoelástico. Materiais betuminosos que sofrem a ação de altas temperaturas e baixo tráfego reagem diferentemente caso sejam empregados em temperaturas baixas e alto tráfego. Para pavimentos asfálticos é analisada a viscoelasticidade linear para que não haja deformações permanentes, sendo que materiais betuminosos empregados em alta temperatura podem gerar mais facilmente esta deformação em sua superfície, pois diminuem sua elasticidade (PORTELA et al., 2015).

Concretos asfálticos tem sua fabricação em usinas, onde os ligantes são aquecidos buscando inicialmente a retirada de umidade e logo após misturados, estando em alta temperatura tem sua ação viscoelástica aumentada criando assim maior facilidade de mistura com os agregados. A influência da exatidão de sua fabricação é essencial em sua durabilidade e qualidade, pois o excesso do aquecimento pode causar a sua queima, acarretando perda de

flexibilidade e sua falta de aquecimento causando problemas com o recobrimento dos agregados, não alcançando os parâmetros necessários (ROAD EXPERTS , 2018)

O desgaste do pavimento no decorrer da sua vida útil é avaliado também caso o local de emprego sofra com temperaturas elevadas e o tráfego lento, pois, leva-se em consideração a diminuição da consistência do ligante, esta deformação ocorre principalmente em estações de verão nos primeiros anos da implantação do pavimento, surgindo assim trincas térmicas que diferem do trincamento por fadiga (ROAD EXPERTS , 2018)

Os custos do ciclo de vida engloba todos os gastos provenientes da construção, manutenção e ou restauração do pavimento. Santos (2011) fala em seu artigo sobre a análise do ciclo de vida dos pavimentos reforçando a importância do dimensionamento e análise do custo do ciclo de vida de um pavimento que favorece a a seleção de alternativas eficazes para a estrutura do pavimento.

Portanto se deve levar em consideração para análise de degradação do pavimento: a deformação permanente, os trincamentos por fadiga, trincamentos por retração térmica, perda de adesão agregado/ligante e a suscetibilidade a umidade. Sendo que alcançando a qualidade necessária, o pavimento terá sua vida útil garantida.

3 METODOS UTILIZADOS PARA A RESTAURAÇÃO DE RODOVIAS COM PAVIMENTO FLEXIVEL

A restauração é feita para devolver o perfeito funcionamento de um bem deteriorado ou avariado. Ela possui medidas de adaptação para a rodovia com base nas condições atuais e futuras do tráfego, proporcionando uma vida útil duradoura ao pavimento GTTR (DNER, 1997).

A crise do petróleo nos anos 70 e a extinção do Fundo Rodoviário Nacional nos anos 80 fizeram com que o sistema rodoviário ficasse enfraquecido sem investimentos suficientes para a sua manutenção e expansão.

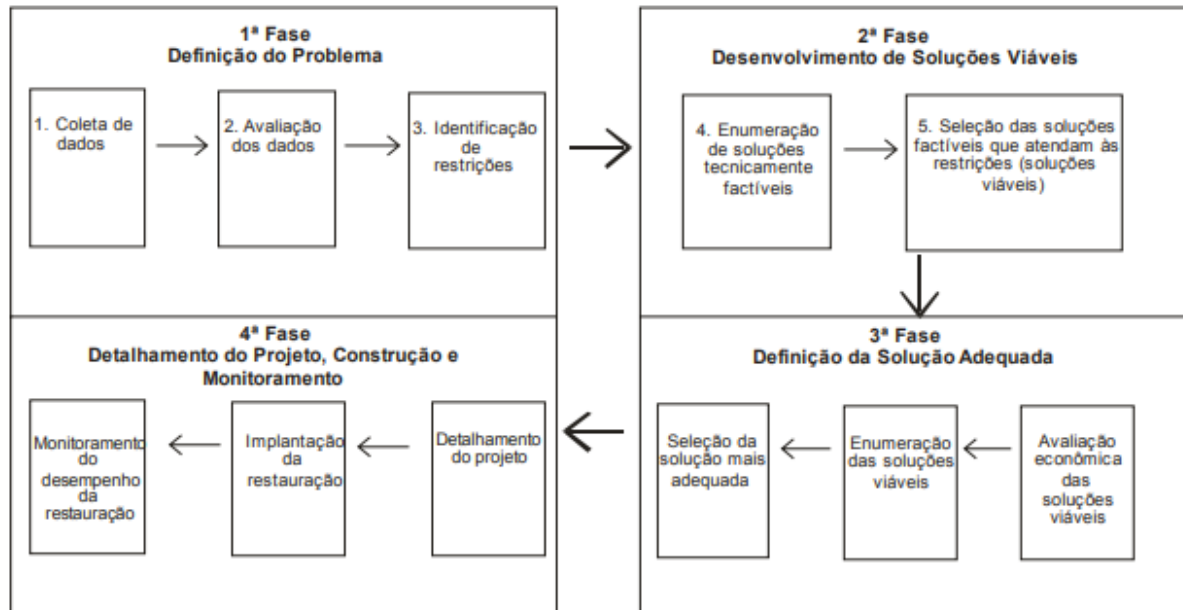
O Manual de Restauração de Pavimentos asfálticos - MRPA (DNIT, 2006) estabelece que a vida útil de boa parte da malha já foi superada devida a idade do pavimento e o fluxo intenso do tráfego, sendo necessário a restauração do pavimento. O intuito deste manual é analisar as deteriorações que venham a ocorrer nos pavimentos asfálticos, dispondo de técnicas de restauração para a execução de pavimentos flexíveis.

3.1 PROCESSO DE RESTAURAÇÃO

Em cada projeto de restauração, será realizado etapas para a definição de medidas adequadas de restauração, onde será determinado as causas dos defeitos dos pavimentos, as soluções possíveis e a adoção do método mais adequado com base nas restrições de cada projeto. Segundo Bernucci et al. (2008) estes defeitos são: área trincada, deformações permanentes e irregularidade longitudinal.

O MRPA (DNIT, 2006) estabelece 4 etapas para o processo de restauração, como ilustrado no quadro 1. Aos pavimentos que se encontram próximos de alcançar o estágio final do ciclo de vida correspondente conforme os parâmetros estabelecidos pelo MRPA, faz-se necessário o processo de restauração do mesmo com base em projeto de Engenharia apropriado e regido por Normas e Leis. Com base nas condições de investimento e demanda da via será feito a escolha do método mais eficaz para cada situação.

Quadro 1 - Etapas do Processo de Restauração



Fonte: MRPA, (2006)

1º Etapa: Definição do problema

Etapa inicial do processo de restauração do pavimento asfáltico, onde são coletados os dados das condições atuais do pavimento com base em três ferramentas para detectar estes problemas:

- Coleta de dados – condição do pavimento, estrutura do pavimento, características geométricas, propriedades do solo e dos materiais de construção, solicitação do tráfego, condições climáticas, condições de drenagem e segurança.
- Avaliação dos dados – O minucioso estudo dos dados coletados servirá para identificar de forma precisa as causas e tamanho da deterioração do pavimento, por isso, faz-se necessário a veracidade.
- Identificação de restrições – O método utilizado para a restauração depende das restrições existentes no projeto, sendo eles: limitação do recurso financeiro, controle do tráfego, vida útil de projeto, problemas na geometria da rodovia, gabarito mínimo nas obras-de-arte especiais, disponibilidade de materiais e equipamentos, mão-de-obra especializada e o programa do órgão rodoviário para a rede.

2º Etapa: Desenvolvimento de soluções

São analisados todas as soluções possíveis que sejam eficientes na restauração e prevenção de defeitos futuros. Após, inicia-se os estudos de pré-dimensionamento.

3º Etapa: Definição da Solução Adequada

A solução mais adequada é a que se enquadra na avaliação econômica, que leva em consideração os vários tipos de custos ao longo do ciclo de vida do pavimento. Fatores não monetários também são considerados nessa etapa, como: vida de serviço, duração da construção, problemas de controle de tráfego, confiabilidade, facilidade de construção ou conservação. Utiliza-se primeiro o fator monetário e após o monetário para a seleção da alternativa mais adequada.

O MRPA dispõe de alguns fatores que influenciam para a escolha da solução adequada, como: condição atual do pavimento com base nos defeitos atuantes, característica do tráfego, condições ambientais e de drenagem, topografia do terreno, vida útil e idade do pavimento, característica demográfica entre outros.

4º Etapa: Projeto, Construção e Monitoramento

Após a escolha do método de restauração a ser utilizado, da-se sequência no projeto e preparação dos orçamentos. Mas, isso não garante que o projeto não esteja sujeito a variações de custo e execução nessa fase de preparação, caso isso ocorra, é necessário a revisão do método escolhido como sendo o mais viável. É importante o acompanhamento contínuo da execução das obras nos pavimentos.

3.2 TÉCNICAS PARA A RESTAURAÇÃO

O estudo do pavimento é dividido em 2 segmentos. O primeiro trata-se da avaliação funcional, onde é verificadas as condições do pavimento, analisando os defeitos superficiais. O segundo é a avaliação estrutural, onde analisa a capacidade que o pavimento tem para suportar as cargas exercidas sobre ele, por meio da deflexão superficial que resultará da carga aplicada (BERNUCCI et al., 2008).

3.2.1 Técnica para problemas funcionais

Para melhorar os defeitos do pavimento são utilizados alguns revestimentos para a sua conservação.

3.2.1.1 Lama asfáltica

Sela os revestimentos betuminosos, na sua composição estão presentes: emulsão asfáltica, material de enchimento (filer), agregado miúdo e água. A especificação de serviço - ES 314 (DNER, 1997) estabelece os procedimentos de execução e controle da aplicação da lama asfáltica.

A caixa de distribuição tem que ser mantida com massa, para que seja feito a sua aplicação, este processo é feito a uma velocidade constante. As falhas na aplicação deverão ser corrigidas logo após o ocorrido, sejam elas a falta ou o excesso de massa e irregularidades nas emendas das faixas. A faixa trabalhada tem que ser reaberta ao tráfego após a massa ter adquirido uma consistência capaz de resistir ao tráfego sem se desgastar, em trechos sem tráfego é recomendado o uso de rolos pneumáticos para uma melhor coesão da lama asfáltica.

3.2.1.2 Tratamento superficial simples e duplo

O Departamento de Estradas de Rodagem – DER ET-DE-P00/021 (2006), diz que o tratamento superficial é a camada constituída por uma ou mais aplicações de ligante asfáltico sobre a base, sendo caracterizado como camada simples ou dupla, modificado ou não por polímeros e agregado mineral.

A ES 308 (DNER, 1997) estabelece os procedimentos de execução e qualidade do tratamento superficial simples e a ES 309 (DNER, 1997) discorre sobre o tratamento superficial duplo, que é uma camada de revestimento constituída da adição de uma ou duas aplicações de ligante betuminoso, com uma cobertura de agregado mineral o qual é submetido a compressão.

Esta Norma descreve as etapas de execução do tratamento superficial simples:

1. Inicia-se fazendo a limpeza da pista imprimida ou pintada;
2. A temperatura de aplicação do ligante betuminoso é determinada com base na viscosidade do material;

3. O ligante betuminoso deve ser aplicado em etapa única na largura da faixa a ser tratada;
4. Devem ter cuidado na execução das juntas transversais e longitudinais para evitar erro na dosagem do ligante betuminoso aplicado;
5. Após espalhar a camada do agregado conforme especificações de projeto, inicia-se a compressão do agregado;
6. Em seguida, deve ser feito a varredura do material solto;
7. Se for duplo, executa-se a segunda camada de forma idêntica à primeira;
8. O tráfego somente será liberado após o termino da compressão,

3.2.1.3 Micro pré-misturado a quente com asfalto polímero

O Departamento de Estradas de Rodagem – ET-DE-P00/026 (2006) define-o como sendo uma mistura feita em usinas apropriadas, executado, espalhado e compactado a quente a uma temperatura superior a 10°C e aplicado em uma superfície limpa.

É uma mistura constituída de agregado, filer e cimento asfáltico de petróleo modificado do tipo SBS. Ele é aplicado como camada de regularização ou inibidora de trincas ES 388 (DNER, 1999).

3.2.1.4 Microrrevestimento asfáltico a frio

Consiste na mistura de agregados, filler, emulsão asfáltica, água, cimento e aditivos caso necessário, ele é espalhado sobre uma superfície preparada como sendo uma camada selante ou antiderrapante de pavimentos, ideal para o uso em rodovias conforme a NBR 14948 (ABNT, 2003).

3.2.1.5 Concreto asfáltico

Mistura executada a quente, composta de agregado, filer caso necessário e cimento asfáltico. Ele pode ser empregado como revestimento, base ou reforço do pavimento. Toda a etapa de produção, estocagem e aplicação deve ser cuidadosa para que não afete o meio ambiente ES 031 (DNIT, 2006).

3.2.1.6 As trincas isoladas podem ser tratadas por selagem, o que permite o retardamento da sua evolução.

Essa técnica evita a infiltração da água ou material afim, essa água que infiltra faz com que o material perca a sua elasticidade. A selagem reduz a deterioração do pavimento, o que provoca um aumento da sua vida útil (TÉCHNE, 2006).

As etapas do processo de restauração da via devido as trincas isoladas, com o uso do produto selante, está retratado na figura 13.

Figura 13 - Etapas do Processo de Restauração



Fonte: Bernucci et al., (2008)

BERNUCCI et al. (2008) define algumas técnicas para a sua aplicação no processo de restauração da rodovia, sendo:

- Reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina + camada porosa de atrito;
- Microrrevestimento asfáltico + camada porosa de atrito (o microrrevestimento tem função de reduzir a reflexão de trincas e impermeabilizar o revestimento antigo);
- Remoção por fresagem + reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina + microrrevestimento (quando a superfície antiga apresenta grau elevado de trincamento e/ou desagregação e existe condição de ação abrasiva acentuada do tráfego);
- Remoção por fresagem + reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina + tratamento superficial simples + microrrevestimento a frio (quando a superfície antiga apresenta grau elevado de trincamento e a superfície nova necessita de melhor condição de rolamento, proporcionada pelo microrrevestimento, e de liberação da pista com menor arrancamento de agregados possível);
- Remoção por fresagem + reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina + camada porosa de atrito (quando a superfície apresenta grau elevado de trincamento e/ou desagregação e existe necessidade de boa aderência e escoamento superficial);
- Remoção por fresagem + microrrevestimento asfáltico + camada porosa de atrito (quando a superfície apresenta grau elevado de trincamento e/ou desagregação. O microrrevestimento tem a função de reduzir a reflexão de trincas e impermeabilizar a camada antiga, e a camada porosa de atrito a de aderência e escoamento superficial). (BERNUCCI et al., 2008)

3.2.1.7 Pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito

Consiste em uma camada porosa de atrito, constituído de agregado, filer e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero SBS. É empregado com a função de camada porosa de atrito ES 386 (DNER, 1999).

3.2.2 Técnica de Restauração de Pavimentos com problemas estruturais

O comprometimento estrutural do pavimento é tratado com alternativas que venham a restabelecer a capacidade estrutural através da reciclagem do material para o tratamento das camadas existentes e ou recapeamento, que pode ser feito através da aplicação de novas camadas de concreto asfáltico que resiste as deformações permanentes em vias com um tráfego maior, misturas descontínuas e o pré-misturado a quente, eles podem ser usados isolados ou misturados (BERNUCCI et al., 2008).

A reflexão de trincas deve ser considerada no projeto de restauração, este problema pode ser solucionado através dos seguintes métodos:

3.2.2.1 Remoção por fresagem

A fresagem é um processo de remoção de uma parte da camada desgastada do pavimento sem prejudicar a camada que está em bom estado, seguido da colocação de uma nova camada. A figura 14 retrata a utilização desta técnica, onde mostra a máquina de fresagem fazendo a remoção do material fresado e colocando-o dentro do caminhão para que seja feito o manuseio correto até seu destino final.

Essa técnica pode ser feita a quente ou a frio, deixando a superfície mais uniforme, proporcionando um tráfego mais confortável. É utilizada para fazer a remoção de pavimentos betuminosos melhorando o coeficiente de atrito em zonas de pistas com frequentes derrapagens, retadamentoda reflexão de trincas nas novas camadasservindo de etapa preliminar a reciclagem (ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, 2011).

Figura 14 - Utilização do método da fresagem em obra de recuperação de pavimento



Fonte: Schneider et al., (2015)

Para dar início a execução do processo de fresagem do material seja durante o dia ou a noite, é necessário identificar o espaço reservado para a obra, colocando placas e faixas para alertar sobre a restauração do trecho utilizado, assim, será evitado transtornos e até mesmo acidentes (BONFIM, 2007).

É necessário o uso de caminhão-pipa para molhar os dentes do cilindro fresador evitando seu desgaste e diminuir a propagação da poeira gerada pelo ato da fresagem. Use-se também os caminhões basculantes para fazer a remoção dos entulhos e material fresado que ficam sobre a pista. Na falta de equipamento apropriado para a sua realização pode ser feito o uso do disco ou rompedor pneumático.

Após a fresagem faz-se necessário a limpeza da pista afim de tirar todo o excesso do material, para que não venham a prejudicar o tráfego assim que for liberada a pista. Uma alternativa benéfica para o meio ambiente é reciclar este material fresado, isso evita que os resíduos gerados sejam descartados em aterros e de forma inadequada na natureza.

De acordo com Bonfim (2007), a fresagem pode ser classificada quanto à espessura de corte e à rugosidade:

1. Quanto à espessura de corte

- Fresagem superficial: É destinada apenas à correções superficiais do pavimento, não sendo necessário o seu posterior recapeamento pois ela possibilita níveis mínimos de conforto e segurança na pista. Pode ser utilizada para reparar defeitos de exudação e deformação plástica;
- Fresagem rasa: Esse procedimento geralmente é executado sobre a camada superior do pavimento, podendo chegar à camada de ligação tendo em média 5 cm de corte. É utilizado para a correção de defeitos funcionais e em remendos superficiais garantindo aos usuários da via maior qualidade no rolamento.
- Fresagem profunda: É a que consegue atingir camadas mais profundas do pavimento como: ligação, base e sub-base. Geralmente é utilizada em pavimentos com necessidade de reparos estruturais, serviços de pequenos remendos e requadramento de buracos.

2. Quanto a rugosidade

- Fresagem padrão: Também conhecida como fresagem standard, devido ao cilindro oferecido no equipamento. Utiliza-se este processo para projetos que visam a aplicação de uma nova camada de revestimento, a distância lateral entre os dentes de corte é de aproximadamente 15 mm.
- Fresagem fina: Possui cilindros fresadores com distância lateral entre os dentes de corte de 8 mm, o que permite menores sulcos e rugosidade na pista. É utilizada para proporcionar melhores condições de tráfego aos usuários devido ao processo de regularização da via.

- Microfresagem: Ela possui dentes de corte laterais com distância de 2 a 3 mm. A sua aplicação consiste na remoção sutil da camada do revestimento, geralmente utilizada para fazer a remoção de faixas de sinalização horizontal da pista, dispensando uma camada posterior de revestimento.

3.2.2.2 Camadas intermediárias de alívio de tensões

Esta camada atua dissipando a movimentação e dissipação das trincas presentes, geralmente é executada sobre a superfície do pavimento, onde será construído o recapeamento incluindo asfalto modificado com polímero para alívio das tensões (MRPA (DNIT, 2006)).

3.2.2.3 Camadas de dissipação de trincas

São granulares e com agregados de dimensões 75 mm e 100 mm de espessuras, tipicamente um pré-misturado a quente que é executado sobre o antigo pavimento seguido da aplicação do recapeamento do asfalto (BERNUCCI et al., 2008).

3.2.2.4 Espessura de recapeamento aumentada

Para pavimentos com estrutura comprometida é necessário medidas que devolvam o estado normal da via, acrescentando novas camadas ou fazendo o tratamento das camadas existentes.

Ao aumentar a camada de recapeamento faz-se a limitação da propagação das trincas devido a redução da velocidade de propagação da mesma, os esforços de flexão e cisalhamento sob a carga e a temperatura na camada de revestimento, segundo BERNUCCI et al. (2008). Contudo, o aumento da espessura não previne o reaparecimento de trincas, ele apenas reduz a sua velocidade de propagação principalmente em pavimentos muito deteriorados com presença de trincas, a espessura tem que ser dimensionada e tratada para que o aumento da espessura do recapeamento faça efeito, segundo CORDEIRO et al. (2017).

3.2.2.5 Reciclagem do revestimento existente

A reciclagem do revestimento reduz e pode eliminar as camadas com trincas. Este método é utilizado fazendo uso dos materiais provenientes da fresagem e adições que convenham na mistura utilizada, seja agentes rejuvenescedores, ligantes asfálticos, agregados, espuma de asfalto e até mesmo cimento.

A dificuldade de conseguir equipamentos especializados e pessoas preparadas e com conhecimento sobre o material utilizado dificultou o processo de reciclagem do material no início da utilização desta técnica, o que não permitia que todas as regiões fizessem uso desse procedimento. Atualmente existem equipamentos que trituram o pavimento, tornando-o uma escolha considerável para a restauração de rodovias pois reduz a aquisição de novos materiais. A utilização deste material fresado minimiza os impactos ambientais e melhora a característica do material utilizado na pavimentação rodoviária (HILÁRIO, 2016).

3.2.2.6 Emprego de revestimentos asfálticos fazendo uso de ligantes modificados

A adição de polímero ou de borracha moída modifica os ligantes, o que proporciona menor absorção de tensões e retardamento do reaparecimento das trincas de reflexão. A camada mais fina com ligante modificado serve para dissipar parcialmente as trincas, em seguida é executado um novo revestimento (BERNUCCI et al., 2008).

A borracha deixa o asfalto duradouro, flexível, resistente e confortável para os usuários. Este processo de aplicação da borracha pode ser feito a seco, sendo indicado para misturas asfálticas a quente, abertas ou fechadas, as partículas de borracha poderão ser adicionadas aos agregados antes mesmo da adição do cimento asfáltico ou úmido quando as partículas de borracha são adicionadas ao cimento asfáltico antes deste ser adicionado ao agregado, podendo ser aplicado no selamento de trincas (MARTINS, 2004).

4 IMPACTOS AMBIENTAIS DEVIDO A FRESAGEM DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Com base no artigo 1º da Resolução CONAMA 001 (BRASIL, 1986), impacto ambiental é qualquer ação do homem que venha a alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, que afetam o bem estar da população, atividades sociais e econômicas, as condições estéticas e sanitárias e a qualidade dos recursos ambientais.

A restauração de rodovias com duas ou mais faixas de rolamento deveram conter documento de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA que serão submetidos a aprovação do Orgão competente e do IBAMA. A Resolução CONAMA 001 (1986), estabelece as atividades técnicas para a elaboração destes documentos, que podem ser compreendidos como:

- Estudo de Impactos Ambientais

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

c) o meio sócio-econômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados. (CONAMA 001, 1986)

- Relatório de Impacto Ambiental

I - Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;

II - A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação a área de influência, as matérias primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnica operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;

III - A síntese dos resultados dos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência do projeto;

IV - A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;

V - A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização;

VI - A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado;

VII - O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;

VIII - Recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral). (CONAMA 001, 1986).

Os quadros 2 e 3 apresentam os impactos ambientais provenientes das obras rodoviárias, com base no Manual de Pavimentação do DNIT (2006).

Quadro 2 - Avaliação de impactos ambientais de estudos e projetos rodoviários

FASES DE ESTUDOS E PROJETOS			
AÇÃO	IMPACTO/EFEITOS AMBIENTAIS	ATRIBUTOS	MEDIDAS MITIGADORAS
Estudo de Viabilidade	geração de renda e emprego expectativa de desenvolvimento regional	benéfico, direto, regional, temporário, imediato e reversível	
	especulação imobiliária; geração de conflitos de uso e ocupação do solo; pressão sobre o patrimônio natural e cultural; tensão social	adverso, direto/indireto, regional, temporário, curto prazo e reversível	compatibilidade com planos e programas governamentais; esclarecimento público sobre o empreendimento; considerações dos recursos ambientais e unidades de conservação
Estudo de Traçado/ Projeto Básico	geração de renda e emprego; perspectiva de desenvolvimento regional; melhoria de infra-estrutura	benéfico, direto/indireto, regional estratégico, imediato, médio e longo prazo e reversível	

Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Quadro 3 - Avaliação de impactos ambientais de estudos e projetos rodoviários (continuação)

<p>especulação imobiliária; geração de conflitos de uso e ocupação do solo; pressão sobre o patrimônio natural e cultural; tensão social; aumento do fluxo de tráfego e do risco de acidentes; potencial de degradação das áreas de intervenção</p>	<p>adverso, direto/indireto, regional, temporário, curto prazo e reversível</p>	<p>compatibilidade com planos e programas governamentais; discussão das alternativa de traçado; avaliação dos conflitos de uso e operação do solo; análise das condições físicas, biológicas e sócio-econômicas; observação dos aspectos de segurança de tráfego; plano de reabilitação das áreas degradadas.</p>
--	--	--

Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Os quadros 4, 5, 6 e 7 mostram a relação dos efeitos das ações empregadas pelo homem e os impactos que elas podem trazer ao meio ambiente.

Quadro 4 - Avaliação de impactos ambientais de obras rodoviárias

FASE DE ENGENHARIA E OBRAS			
AÇÃO	IMPACTOS/EFEITOS AMBIENTAIS	ATRIBUTOS	MEDIDAS MITIGADORAS
Desapropriação de Terras	parcelamento do solo alteração da modalidade de uso; tensão social; deslocamento de população; perdas de áreas produtivas relocamento de infra-estrutura.	adverso, direto, local permanente imediatos e irreversível	estudo de alternativas de traçado; avaliação real do patrimônio; planejamento de assentamento.
Alocação de Mão-de-Obra	geração de renda, emprego, impostos e tributos; incremento de estrutura produtiva e estrutura de serviços.	benéfico, direto, local temporário, imediatos e reversível	
	potencial de atração de imigrantes; aumento dos riscos de doenças socialmente transmissíveis; aumento da demanda de infra-estrutura urbana; alteração e hábitos e costumes	adverso, direto, local temporário imediatos e reversível	recrutamento local de mão-de-obra; prevenção e controle de saúde humana; aplicação de recursos em investimentos sociais; melhoria dos serviços de assistência social e segurança pública.
Infra-estrutura e Obras de Apoio (canteiro de obras e alojamento)	alteração do perfil das encostas; disposição de efluentes do solo; contaminação das águas superficiais e subterrâneas; remoção da cobertura vegetal; conflito de uso do solo.	adverso, direto/indireto, local temporário, imediatos e reversível	implantação em locais adequados; terrenos favoráveis; controle de drenagem; efluentes e resíduos sólidos; reabilitação das áreas degradadas.
Remoção da Cobertura Vegetal	alteração de micro-clima; degradação de solos; alterações de habitats e da paisagem.	adverso, direto/indireto, local permanente, imediatos/médios e longo prazo e irreversível	revegetação da faixa de domínio; desmate restrito às áreas de intervenção; proteção de árvores de valor paisagístico e/ou imunes de corte; obter licença de desmatamento junto aos órgãos florestais competentes.

Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Quadro 5 - Avaliação de impactos ambientais de obras rodoviárias (continuação)

Terraplenagem (cortes, aterros, bota-foras e áreas de empréstimo)	emissão de material particulado, ruído e vibrações; alteração do perfil das encostas; degradação dos solos e riscos de erosão; aumento de carga sólida e redução da disponibilidade hídrica; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural; modificação na forma de ocupação do solo.	adverso, direto/indireto, local permanente, imediato/médio e longo prazo e reversível/irreversível	otimização da compensação de cortes e de aterros; limitação da terraplenagem às áreas de intervenção; controle de estabilidade geotécnica de taludes; controle de erosão e reabilitação das áreas degradadas; proteção de nascentes e cursos d'água
Remoção de Rocha	emissão de gases e material particulado; ruídos e vibrações; alteração do perfil das encostas; degradação dos solos e riscos de erosão; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural.	adverso, direto, local, permanente, imediato, irreversível	plano de fogo adequado; controle de estabilidade geotécnica; controle de erosão e reabilitação das áreas degradadas; proteção do patrimônio natural e cultural.

Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Quadro 6 - Avaliação de impactos ambientais de obras rodoviárias (continuação)

FASE DE ENGENHARIA E OBRAS			
AÇÃO	IMPACTOS/EFEITOS AMBIENTAIS	ATRIBUTOS	MEDIDAS MITIGADORAS
Túneis	ruídos e vibrações; alteração na drenagem e recarga de aquíferos; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural.	adverso, direto, local permanente, imediato, reversível/irreversível	plano de fogo adequado; controle de estabilidade geotécnica; controle da drenagem interna e externa; proteção do patrimônio natural e cultural.
Extração de Minerais Classe II (brita, areia, cascalho)	emissão de material particulado; ruídos e vibrações; alteração do perfil das encostas; degradação dos solos e riscos de erosão; poluição hídrica e degradação dos ecossistemas aquáticos; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural; degradação da vegetação.	adverso, direto/indireto, local permanente, imediato/médio e longo prazo e reversível/irreversível	plano de fogo adequado; controle de estabilidade geotécnica; controle de erosão e reabilitação das áreas degradadas; proteção do patrimônio natural e cultural; avaliação ambiental dos locais dos jazimentos.
Preparação da Base e Pavimentação	alteração do microclima; ruídos e vibrações; alteração no "run-off".	adverso, direto/indireto, local temporário/permanente, imediato e reversível/irreversível	revegetação adequada da faixa de domínio; dimensionamento adequado do sistema de drenagem.
Acessos de Serviços	alteração do perfil das encostas; degradação dos solos e dos riscos de erosão; aumento da carga sólida e redução da disponibilidade hídrica; degradação da vegetação, da paisagem e do patrimônio natural e cultural.	adverso, direto/indireto, local temporário/permanente, imediato/médio e longo prazo e reversível/irreversível	restrição à abertura de vias de acesso; controle de reabilitação das áreas degradadas; proteção de nascentes e cursos d'água; proteção do patrimônio natural e cultural.
Obras e Drenagem	degradação dos solos e riscos de erosão alteração no "run-off"	adverso, direto/indireto, local, permanente, imediato e irreversível	dimensionamento adequado do sistema de drenagem; dissipação de energia e controle de erosão.

Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Quadro 7 - Avaliação de impactos ambientais de obras rodoviárias (continuação)

Obras-de-Arte	degradação de vegetação ciliar; alteração da paisagem e degradação do patrimônio natural e cultural; alteração da modalidade de uso do solo.	adverso, direto, local permanente, imediato, irreversível	limitação da área de intervenção; redução das áreas de desmate; proteção do patrimônio natural e cultural; reabilitação das áreas degradadas.
Usina de Asfalto	emissão de gases e material particulado; ruídos e vibrações; alteração da paisagem e conflito de uso do solo local.	adverso, direto, local, temporário, imediato, reversível	implantação de sistema de tratamento de emissões; avaliação ambiental dos locais de reabilitação das áreas degradadas.

Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

O quadro 8 mostra a relação dos impactos gerados por serviços de abertura de tráfego, conservação e manutenção das rodovias .

Quadro 8 - Avaliação de impactos ambientais em operações rodoviárias

FASE DE OPERAÇÃO			
AÇÃO	IMPACTOS/EFEITOS AMBIENTAIS	ATRIBUTOS	MEDIDAS MITIGADORAS
Abertura de Tráfego	emissão de gases particulados; aumento de pressão sonora; aumento do fluxo de tráfego; risco de acidente.	adverso, direto, local/regional, permanente, imediato, irreversível	monitorização e controle de ruídos e emissões atmosféricas; sinalização de segurança; fiscalização de tráfego.
	gerações de impostos e tributos; fomento da estrutura produtiva e de serviços; melhorias das condições de acessibilidade; melhoria do fluxo de circulação de mercadorias e produtos; indução do crescimento econômico; melhoria do nível de vida.	benéfico, direto/indireto, regional, permanente, imediato/médio e longo prazo, irreversível	
Conservação e Manutenção	acompanhamento e controle de erosão e reabilitação de áreas degradadas; proteção e limpeza da faixa de domínio; campanhas de educação ambiental e de trânsito; proteção da sinalização de segurança.	benéfico, direto, regional, permanente, curto prazo, irreversível	

Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

4.1 IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO PELO MATERIAL FRESADO

A fresagem de material trás grandes vantagens sejam elas em questões de custo ou qualidade da pista e do trânsito, possibilitando ao usuário da via maior segurança ao tráfegar

sobre ela. Tendo em vista que as solicitações aplicadas sobre o pavimento não fará com que ele sofra avarias devido a sua restauração.

Quando se trata de material fresado ou resíduos asfáltico, tem que ser levado em consideração toda a composição do material betuminoso que é utilizado para o revestimento, pois, alguns destes componentes da mistura podem afetar significativamente o meio ambiente.

Schroh et al. (2015) demonstra o potencial contaminante de resíduos asfálticos devido a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) na sua composição, os HPAs são poluentes ambientais e pode desenvolver câncer. A adição de 4,5% do copolímero de estireno e butadieno melhoram a o desempenho dos ligantes, mas, por não ser um material inerte ele acaba se tornando um produto contaminoso

Os HPAs podem ser emitidos pela queima de combustíveis, descarga de veículos automotores, entre outros fatores que afetam o solo (SISINNO, 2002).

No solo, os HPAs estão presentes na camada superior do pavimento, sendo considerado fator contaminante para o solo, a qualidade de vida e os recursos hídricos pois podem receber o escoamento de materiais resultantes da restauração das rodovias principalmente em períodos chuvosos, devido a lixiviação dos componentes químicos desses materiais que podem chegar até o subsolo (SCHROH, 2015).

5 ESTUDO DE CASO

Com a chegada da indústria automobilística o governo passou a investir de forma significativa no crescimento da malha rodoviária brasileira, tornando-a o modal mais utilizado em comparação aos demais, correspondendo a 65% do transporte de cargas do Brasil conforme dito por Tito Silva, gerente multimodal de cargas da Agência Nacional de Transportes Terrestres ao ser entrevistado no Encontro Nacional de Comércio Exterior, 2017.

O uso elevado das vias acompanhado do excesso de peso que os veículos carregam acima do permitido por lei, acarreta no desgaste do pavimento, quanto maior a solicitação que o veículo imprime sobre ele menor será a sua vida útil. Portanto desenvolvido uma análise dos impactos ambientais envolvidos no processo de restauração, fazendo uso do método da fresagem para a execução da obra, levando em consideração todo o contexto do excesso de peso, das balanças de pesagem, da qualidade das rodovias existentes no Brasil e os custos envolvidos.

Os pavimentos são feitos para suportar o peso específico determinado em projeto, de acordo com as características do local e a demanda do trecho delimitado, para que não seja necessário manutenção. De acordo com a auditoria realizada pelo Tribunal de Contas da União (2012) no Brasil os pavimentos são calculados para suportar 8,2 toneladas por eixo ao longo de dez anos.

O estudo feito por Barbosa et al. (2017) mostra que através dos fatores: número de solicitações do eixo padrão (N), volume médio diário de veículos, tipos de eixo, fator de veículo, fator de equivalência de carga e o fator climático regional influenciam na vida útil do pavimento quando estes veículos não trafegam com cargas dentro do especificado por lei. Com base nos cálculos apresentados pelos autores observou-se que ao acrescentar cargas acima do permitido pode haver uma redução da vida útil do pavimento. Os resultados obtidos estão representados na tabela 1.

Tabela 1 Impacto do acréscimo de peso nas rodovias

Acréscimo de peso de carga (%)	Redução da vida útil do pavimento (anos)
10	5
15	6
20	7

Fonte: (Autor, 2018)

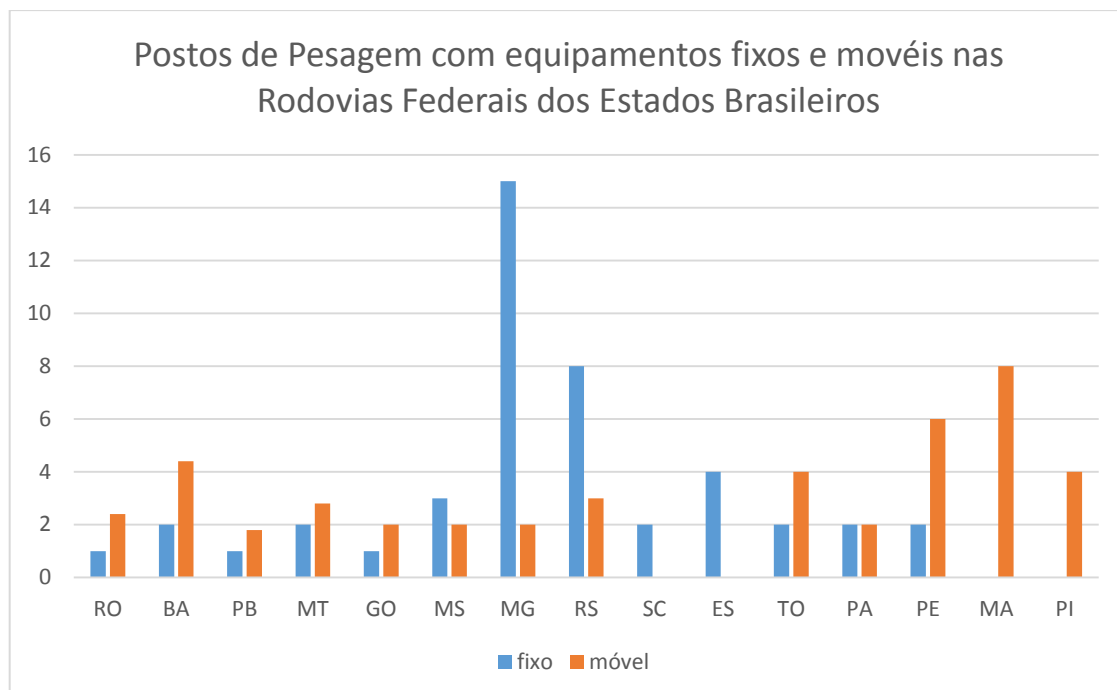
Um método eficiente para a conservação das rodovias é a utilização de balanças em pontos estratégicos para fazer o controle de peso dos veículos, afim de reduzir os gastos com restauração de pavimentos. O DNIT (2006) dispõe sobre o Plano Diretor Nacional Estratégico de Pesagem que apresenta os fatores influenciadores na fiscalização de peso dos veículos, conforme visto na tabela 2.

Tabela 2 Fatores que influenciam na fiscalização de peso dos veículos

SISTEMÁTICA OPERACIONAL	<p>Para que seja feita a fiscalização e a pesagem do veículo é indispensável equipamentos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipamento para contagem volumétrica de veículos; • Câmera equipada com OCR ; • Equipamento para controle de velocidade e dimensão do veículo; • Painéis de mensagens, para orientação aos usuários,
LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS	<p>A localização dos postos são determinadas com base nos seguintes critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação dos principais corredores de transporte rodoviário e os principais centros industriais e agrícolas; • Localização dos principais pontos de distribuição de cargas; • Localização das balanças já implantadas; • Análise do grau de importância dos pontos demandados,
TECNOLOGIA	<p>Pesquisas sobre os sistemas, projetos, normas e especificações aceitas e seguidas por fornecedores e usuários.</p>
ASPECTOS LEGAIS	<p>Documentos oficiais que amparam o controle de peso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Código Nacional de trânsito de 1974; • Lei 9503 de 1997; • Os artigos 99, 100, 101, 256, 257 e 275 do Código de trânsito Brasileiro,
METROLOGIA	<p>Uso do artigo 99 do Código de trânsito Brasileiro.</p>
PROJETOS DE ENGENHARIA	<p>Faz-se necessário a execução de três projetos sendo eles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projeto geométrico; • Projeto e sinalização; • Projeto Civil,
COMPONENTE AMBIENTAL	<p>Seguem a Resolução 237 de 1997 – Conselho Nacional do Meio Ambiente, preservando todos os fatores ambientais para a aplicação dos postos de pesagem veiculares (PPVS).</p>

O Edital nº 594 (DNIT, 2007) ressalta a quantidade de postos de pesagem existentes no Brasil no ano base do lançamento do edital abordado, ele especifica a identificação, localização e quantidade de postos existentes por lote, sendo as BRs 364, 116, 230, 174, 364, 020, 163, 050, 153, 262, 365, 040, 381, 116, 101, 262, 354, 392, 290, 285, 282, 010, 232, 290, 316, 135, onde foram instalados os postos de pesagem. O gráfico 1 mostra a quantidade de postos de pesagem nos estados brasileiros.

Gráfico 1 - Postos de Pesagem com equipamentos fixos e móveis nas Rodovias Federais Brasileiras



Fonte : (Autor, 2018)

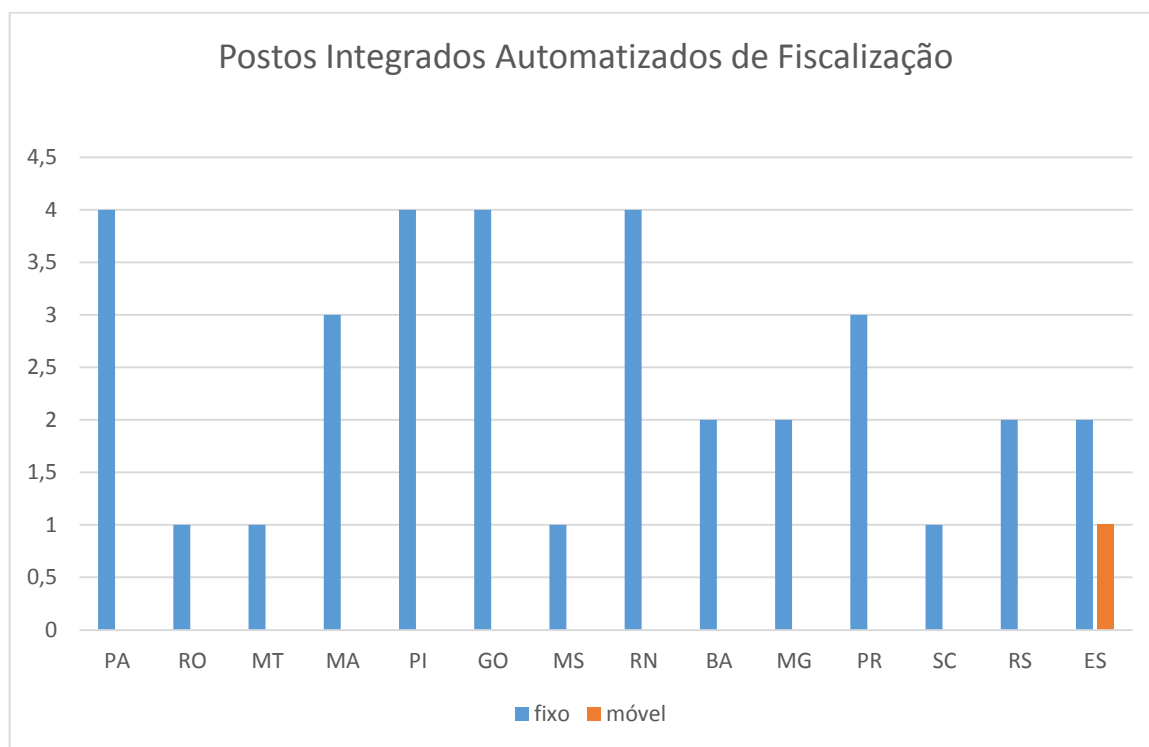
Goiás possui um dos maiores pólos farmoquímicos do Brasil localizado no Distrito Agro-Industrial (DAIA) na cidade de Anápolis – GO, noticiado em sites e redes sociais pelo seu crescimento industrial. Tendo o estado de Goiás, uma grande movimentação de cargas seja de importação e exportação, há um déficit de PPVS em comparação a outros estados que não possuem a mesma localização e áreas para expansão.

No entanto, não adianta ter um método que venha a preservar a vida útil do pavimento se os departamentos responsáveis pela manutenção não o executarem. No decorrer dos anos muitos postos passaram por um processo de desinstalação com o objetivo de serem relocados, porém o trabalho não foi finalizado por falta de fiscalização dos órgãos competentes. Deixando o local propício a acidentes em decorrência da má condição da pista.

Para obter um resultado mais eficiente e melhorar os instrumentos de fiscalização, foi desenvolvido pelo DNIT em parceria com o Laboratório de transportes e Logística um novo modelo de posto de pesagem para implementação no ano de 2017, que utiliza o mínimo de intervenção humana para executar a fiscalização.

De acordo com a matéria do site Pé na estrada (2015), desde de 1970 a 2017 dos PPVS instalados no país, 73 estão em funcionamento sendo 41 fixos e 32 móveis. Segundo Rodrigues (2017) serão o novo modelo licita 35 novos Postos Integrados Automatizado de Fiscalização - PIAF distribuídos em 14 estados como pode ser visto no gráfico 2.

Gráfico 2 - Postos Integrados Automatizados de Fiscalização



Fonte: (Autor, 2018)

Os dados obtidos pelo Anuário de Estatísticas Consolidadas (CNT 2018) mencionam que o Brasil possui 120.539,4 km de rodovias federais, que correspondem a um valor alto, no entanto, poderia ser maior se houvesse investimento por parte dos órgãos envolvidos juntamente com o governo. Com base no ano de 2008 à 2018 se analisarmos seu crescimento nesse período nota-se que não houve avanço no que tange a investimentos destinados às obras rodoviárias, seja para criação de novas rodovias ou manutenção das já existentes. A tabela 3 apresenta os cálculos detalhados do aumento das rodovias federais.

Tabela 3 Rodovias federais brasileiras

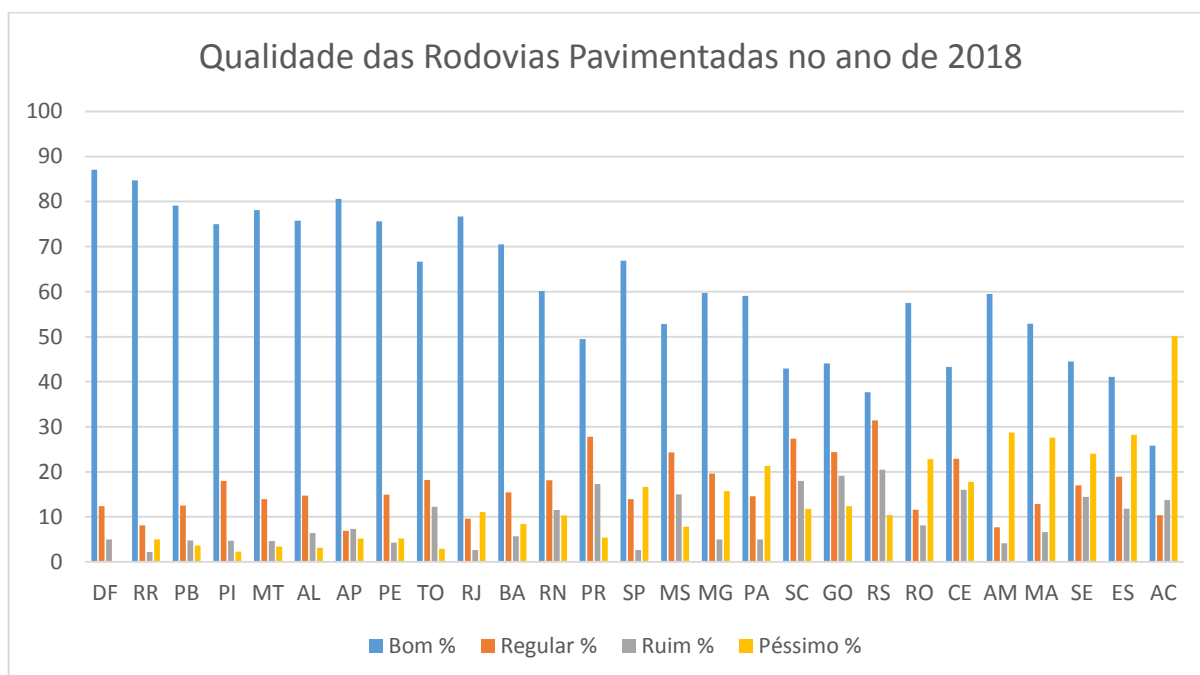
2018	Tr (Total de rodovias existentes)	120.539,4 km	100%
	Rp (Rodovias pavimentadas)	65.529,6 km	$(Rp \times 100) \div Tr = 54\%$
	Rnp (Rodovias não pavimentadas)	10.728,9 km	$(Rnp \times 100) \div Tr = 9\%$
	Rp (Rodovias planejadas)	44.280,9 km	$(Rp \times 100) \div Tr = 37\%$
2008	Rp (Rodovias pavimentadas)	61.304,4 km	
Crescimento nos últimos 10 anos		$((65.529,6 - 61.304,4) \times 100) \div 61.304,4 = 0,7\%$	

Fonte: (Autor, 2018)

A matéria sobre o Índice de Condição da Manutenção (ICM) publicada pelo Ministério dos Transportes, Portos e Avaliação Civil (2018), mostra o 1º resultado obtido pelo indicador de qualidade divulgado em outubro de 2017, o resultado mais recente é o de outubro de 2018, conforme pode ser visto no gráfico 3, todos os resultados ficam disponíveis no site do DNIT.

A pesquisa é feita mensalmente por 35 equipes compostas de engenheiros e técnicos do DNIT, que percorrem os km da malha federal pavimentada e que não estão sob concessão, cada equipe percorre aproximadamente 1.500 km por mês (ICM BRASIL 2018).

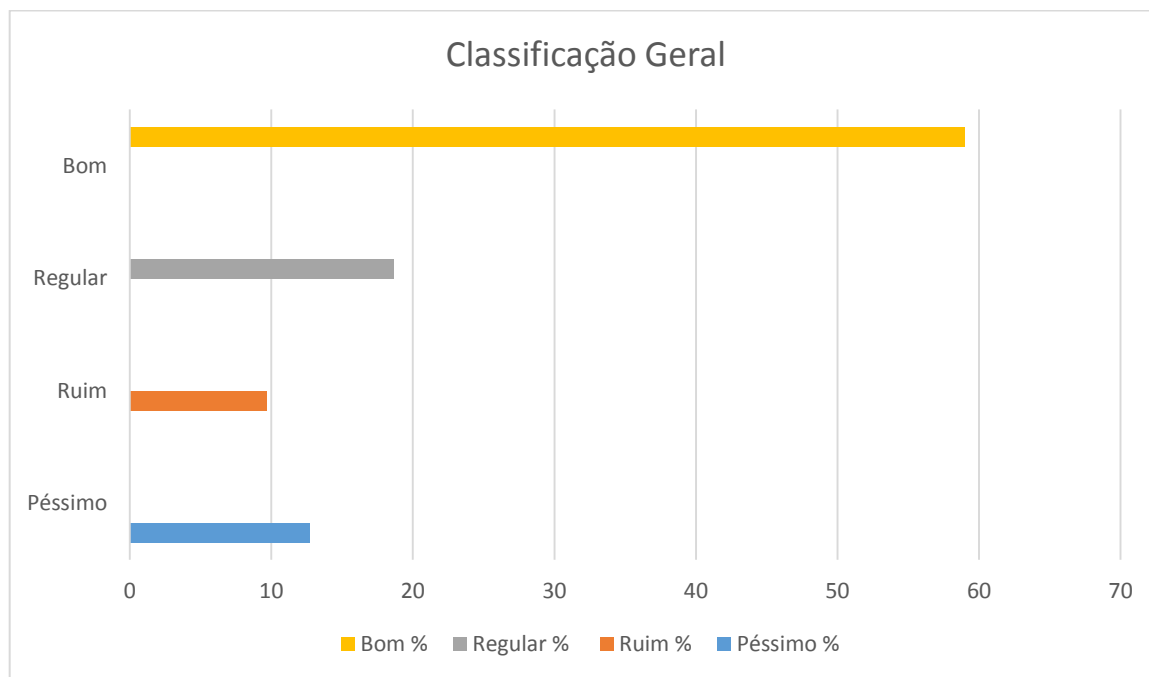
Gráfico 3 - Qualidade das Rodovias Pavimentadas Brasileiras no ano de 2018



Fonte: (Autor, 2018)

O gráfico 4 apresenta a classificação das rodovias federais pavimentadas no Brasil com base em estudos feitos sobre o ano de 2018.

Gráfico 4 - Classificação geral das Rodovias Pavimentadas Brasileiras no ano de 2018



Fonte: (Autor, 2018)

Com base nos dados obtidos sobre a qualidade das rodovias, nota-se que 33.765,14 (59%) estão em bom estado de conservação, 10.657,82 (18,6%) estão regular, 7.261,00 (12,7%) apresentam condições ruins e 5.548,37 (9,7%) estão em péssimo estado de conservação. A vida útil de uma parte da malha rodoviária já foi superada, destes 22,4% necessitam de manutenção ou restauração para que possam oferecer mais conforto e segurança ao usuário.

A restauração possui medidas de adaptação para a rodovia com base nas condições atuais e futuras do tráfego, proporcionando uma vida útil duradoura ao pavimento. As etapas de projeto são: determinação das causas dos defeitos dos pavimentos, soluções possíveis e a adoção do método mais adequado com base nas restrições de cada projeto.

Diante dos inúmeros métodos que podem ser utilizados para a realização da restauração, a fresagem do material foi o escolhido para a realização do estudo dos impactos ambientais causados pela restauração do pavimento.

A fresagem é um processo de remoção da parte desgastada do pavimento, seguida da sua substituição por uma nova camada, sem prejudicar as camadas que estão em boas condições. Ele deixa a superfície mais uniforme proporcionando um trânsito mais seguro,

porém, os resíduos do material fresado que ficam dispostos no meio ambiente podem gerar contaminação do mesmo e afetar a qualidade de vida dos usuários.

O estudo feito por Schroh et al. (2015) mostra que nas amostras de resíduos asfálticos utilizados para ensaio continham a presença de HPAs, encontraram naftaleno em todas as amostras o que evidencia um potencial de contaminação ambiental.

A equação a seguir mostra a quantidade de material fresado que é lançado ao meio ambiente como forma de contaminação, independente da sua composição, onde:

Q_f = Quantidade de material fresado

R_p = Rodovias pavimentadas

R_r = Rodovias ruins

E = Espessura do pavimento = 5,0 cm de acordo com o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006).

L = Largura média do pavimento = 7,2 m de acordo com o Manual de projeto geométrico (DNER, 1999).

$$Q_f = R_p \times E \times L$$

$$Q_f = 65.529,6 \times 0,05 \times 7,2$$

$$Q_f = 23.590,656 \text{ m}^3$$

Para saber o impacto que este material pode causar na vida útil do pavimento projetado para 10 usando um fator de redução da vida útil do pavimento de 10 para 4 anos ($F_t = 2,5$). Temos que:

$$Q_f = 23.590,656 \times F_t$$

$$Q_f = 23.590,656 \times 2,5$$

$$Q_f = 58.976,64 \text{ m}^3$$

Convertendo os m^3 obtidos para toneladas, usando densidade (d) = 1900 kgm^3 para o material asfáltico obtêm-se:

$$(1 \text{ l} \times 58.976,64) \div 0,001 \text{ m}^3 = 58.976.640,0 \text{ l}$$

$$58.976.640,0 \div 1900 \text{ kgm}^3 = 31.040,34 \text{ kg}$$

$$Q_f = (31.040,34 \text{ kg} \times 1t) \div 1000 \text{ kg} = 31,04 \text{ t}$$

Cálculo de custos, onde:

C_t = Custo total

P_u = Preço unitário (m^3) = 35,12 correspondente à fresagem continua de revestimento betuminoso independente da espessura do pavimento, de acordo com a tabela de preço unitário (DNIT, 2018).

$$C_t = Q_f \times P_u$$

$$C_t = 23.590,656 \times 35,12 = 828.503.838,7 \text{ milhões}$$

Cálculo da recomposição de CBUQ, onde:

C_{cbuq} = Custo da recomposição de CBUQ

P_{ucbuq} = Preço unitário do CBUQ (t) = 135,18 corresponde à CBUQ de pavimento independente da espessura do pavimento, de acordo com a tabela de preço unitário (DNIT, 2018)

$$C_{cbuq} = Q_f \times P_{ucbuq}$$

$$C_{cbuq} = 23.590,656 \times 135,18 = 3.188.984.878,00 \text{ bilhões}$$

Total de gastos incluindo o custo de fresagem e a recomposição do CBUQ:

$$T_{gastos} = C_t + C_{cbuq}$$

$$T_{gastos} = 828.503.838,7 + 3.188.984.878,00 = 4.017.488.717 \text{ bilhões}$$

Caso hoje fosse restaurado apenas os 22,4% correspondentes as rodovias ruins observariamos que os gastos reduziriam consideravelmente se comparados a restauração total das rodovias pavimentadas existentes no Brasil, onde:

Q_f = Quantidade de material fresado

R_p = Rodovias pavimentadas

R_r = Rodovias ruins

E = Espessura do pavimento = 5,0 cm de acordo com o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006).

L = Largura média do pavimento = 7,2 m de acordo com o Manual de projeto geométrico (DNER, 1999).

$$Qf = Rr \times E \times L$$

$$Qf = 12.809,37 \times 0,05 \times 7,2$$

$$Qf = 4.611,37 \text{ m}^3$$

Para saber o impacto que este material pode causar na vida útil do pavimento projetado para 10 usando um fator de redução da vida útil do pavimento de 10 para 4 anos ($Ft = 2,5$). Temos que:

$$Qf = 4.611,37 \times Ft$$

$$Qf = 4.611,37 \times 2,5$$

$$Qf = 11.528,43 \text{ m}^3$$

Convertendo os m^3 obtidos para toneladas, usando densidade ($d = 1900 \text{ kgm}^3$) para o material asfáltico obtêm-se:

$$(1 \text{ l} \times 11.528,43) \div 0,001 \text{ m}^3 = 11.528.430,0 \text{ l}$$

$$11.528.430,0 \div 1900 \text{ kgm}^3 = 6.067,59 \text{ kg}$$

$$Qf = (6.067,59 \text{ kg} \times 1 \text{ t}) \div 1000 \text{ kg} = 6,07 \text{ t}$$

Cálculo de custos, onde:

$Ct =$ Custo total

$Pu =$ Preço unitário (m^3) = 35,12 correspondente à fresagem contínua de revestimento betuminoso independente da espessura do pavimento, de acordo com a tabela de preço unitário (DNIT, 2018).

$$Ct = Qf \times Pu$$

$$Ct = 4.611,37 \times 35,12 = 161.951,31 \text{ mil}$$

Cálculo da recomposição de CBUQ, onde:

$Cc\text{buq} =$ Custo da recomposição de CBUQ

$Puc\text{buq} =$ Preço unitário do CBUQ (t) = 135,18 corresponde à CBUQ de pavimento independente da espessura do pavimento, de acordo com a tabela de preço unitário (DNIT, 2018)

$$C_{cbuq} = R_p \times L \times P_{ucbuq}$$

$$C_{cbuq} = 161.951,31 \times 135,18 = 21.892.578,09 \text{ milhões}$$

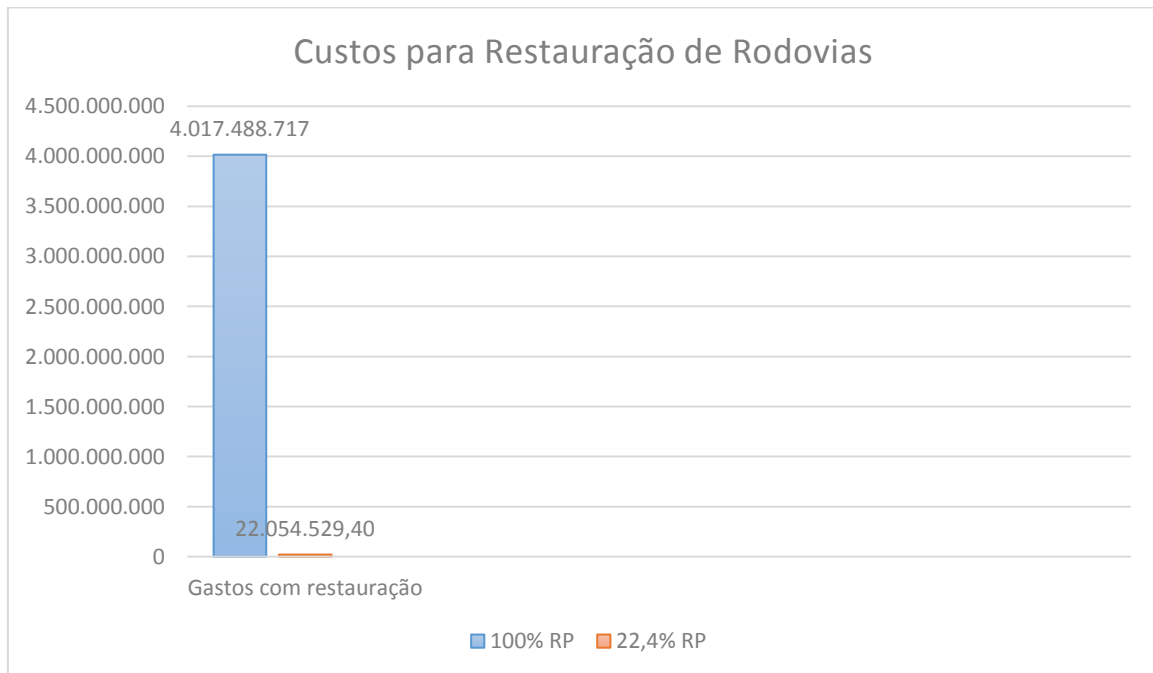
Total de gastos incluindo o custo de fresagem e a recomposição do CBUQ:

$$T_{gastos} = C_t + C_{cbuq}$$

$$T_{gastos} = 161.951,31 + 21.892.578,09 = 22.054.529,4 \text{ milhões}$$

O gráfico 5 representa os resultados obtidos no comparativo dos 2 (dois) casos abordados, visando obter uma análise melhor dos resultados.

Gráfico 5 - Comparativo de custos envolvendo os dois casos abordados.



Fonte: (Autor, 2018)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme resultados obtidos neste trabalho, é possível perceber que o acréscimo de peso nos caminhões de transporte de cargas faz com que a vida útil do pavimento reduza consideravelmente, pois estará transportando além do pré-dimensionado em projeto.

Quanto aos impactos devido ao descarte inadequado do material fresado, nota-se que geralmente está presente na sua composição os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), que são poluentes ambientais e que podem desenvolver o câncer. O que leva a necessidade de aperfeiçoar e fiscalizar o descarte deste material devido a seus efeitos nocivos para o solo e os seres vivos.

A quantidade de material fresado que é gerado das rodovias federais de pavimentos flexíveis é de 23.590,656 m³ que podem ir diretamente para o meio ambiente causando danos graves devido a seus componentes contagiante. Essa quantidade de material fresado quando transformada de m³ para t e multiplicada pelo fator de redução do pavimento gera uma alta taxa de fresado na medida de 31,04t.

Ao comparar os resultados obtidos da quantidade de material fresado do total de rodovias existentes e o total de rodovias ruins com necessidade de restauração nota-se que 6,07 t de material fresado é lançado ao meio ambiente em decorrência da restauração dos 4.611,37 m³ de extensão das malhas em condições ruins.

Mediante análise dos cálculos nota-se que um pavimento dimensionado para resistir a 10 anos tem sua vida útil reduzida para 4 anos devido as toneladas de material fresado que é descartado no meio ambiente de forma inadequada.

Analisando os gastos envolvidos no processo de restauração de uma rodovia têm-se que ao optarem por restaurarem todas as rodovias federais existentes no Brasil os gastos nos cofres públicos serão de 4.017.488.717,00 bilhões, se, ao invés de reformarem todas as rodovias existentes, optarem por reformar apenas os 22,4% que estão em condições ruins os gastos serão no valor de 22.054.529,4milhões. Todo este investimento gasto a mais com as rodovias poderiam ser evitados com o controle do peso.

Há muitas linhas de estudo que podem ser seguidas objetivando o excesso de peso nas rodovias e o descarte do material fresado no meio ambiente, no sentido de aprofundar e comparar os impactos que eles podem causar em outros pavimentos, solos e seres humanos. Para isso algumas propostas são apresentadas:

- Colocação de balanças em todos os trechos súper demandados e com fluxo de tráfego intenso, para controlar o excesso de peso. Isso ajudará a manter a estrutura física do pavimento em boas condições para uso.
- Fazer uso do material fresado na restauração das rodovias, para eliminar o descarte desses resíduos em aterros ou meio ambiente e a exploração de jazidas minerais. Utilizando esse resíduo como camada estrutural, pois a sua reutilização trás economias para o investidor, evitando gastos com novos agregados.

REFERÊNCIAS

ANAPRE (2009). **SUBLEITO e SUB-BASE – suas especificações**. Boletim técnico 15 edição. Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho. Disponível em: <http://www.anapre.org.br/boletim_tecnico/edicao15.asp>. Acesso em 13 de fev. 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003). NBR14948: Microrrevestimento asfáltico a frio. Rio de Janeiro.

As Razões da Via Ápia na Antiga Roma. **REVISTA OE**, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://revistaoe.com.br/as-razo-es-da-via-apia-na-antiga-roma/>>. Acesso em 12 de fev. 2018.

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

Brasil. (1997). Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503.htm>. Acesso em 12 de fev. 2018.

BERNUCCI, L. et al. **Pavimentação Asfáltica** 3. ed. Rio de Janeiro: Gráfica Imprinta, 2008.

Breve Histórico do Rodoviarismo Federal no Brasil. Histórico do Rodoviarismo. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/historico/>>. Acesso em 12 de fev. 2018.

BITTENCOURT, E. R. (1958). **“Caminhos e Estradas na Geografia dos Transportes”**. Editora Rodovia, Rio de Janeiro.

BARBOSA, I. L.; SOARES, V. F. **ANÁLISE NUMÉRICA DO EFEITO DO SOBREPESO SOBRE O PAVIMENTO RODOVIÁRIO. Construindo**, Belo Horizonte, dez. 2017. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/5529/3017>>. Acesso em 25 de out. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 – In: Resoluções, 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 12 de fev de 2018.

BRASIL, Tribunal de Contas da União. **AUDITORIA OPERACIONAL. AVALIAÇÃO DA SISTEMÁTICA DE PESAGEM DE VEÍCULOS ADOTADA NAS RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS. DEFICIÊNCIAS NO SISTEMA NACIONAL DE PESAGEM DE VEÍCULOS. DETERMINAÇÕES. RECOMENDAÇÕES. CIÊNCIA AOS INTERESSADOS. ARQUIVAMENTO**. Disponível em: <<https://contas.tcu.gov.br/etcu/ObterDocumentoSisdoc?seAbrirDocNoBrowser=true&codArqCatalogado=5851884&codPapelTramitavel=49793965>>. Acesso em 25 de out. 2018.

CNT, Brasil. **Transporte rodoviário: Por que os pavimentos das rodovias do BRASIL não duram?**. 2017. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimentos_nao_duram.pdf>. Acesso em 12 de fev 2018.

CNT, Brasil. Anuário de Estatísticas Consolidadas 2018. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2018/>>. Acesso em 12 de fev. 2018.

CORDEIRO, C. Et al. **PAVIMENTOS SEMIRRÍGIDOS: PREVENÇÃO E TRATAMENTO DA REFLEXÃO DE TRINCAS**. Revista Unifacs, Salvador, 2017. Disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/viewFile/4949/3298>>. Acesso em 20 de out. 2018.

Decreto nº 4.711, de 29 de maio de 2003. Dispõe sobre a coordenação de Sistema Nacional de Trânsito. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4711.htm>. Acesso em 12 de fev. 2018.

DNER ES (1997). ES -700/97. Glossário de termos técnicos rodoviários. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens.

DNER ES (1997). ES -314/97. Pavimentação – Lama asfáltica. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens.

DER ET – DE (2006). P00/021/2006. Tratamentos Superficiais. Departamento de Estradas de Rodagem.

DNER ES (1997). ES -308/97. Pavimentação – tratamento superficial simples. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens.

DNER ES (1997). ES -309/97. Pavimentação – tratamento superficial duplo. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens.

DER ET – DE (2006). P00/026 /2006. Pré-Misturado a Quente. Departamento de Estradas de Rodagem.

DNER ES (1999). ES -388/99. Pavimentação – micro pré-misturado a quente com asfalto polímero. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens.

DNER ES (2006). ES -031/2006. Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens.

DNER ES (1999). ES -386/99. Pavimentação – pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens.

DNIT (2010). Manual de implantação básica de rodovias. Publicação IPR – 742. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

DNIT (2018). **Índice de Condição de Manutenção**. ICM 2018. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/icm/ICMBRASIL2018.pdf>>. Acesso em 26 de out. 2018.

DNIT (1999). **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Publicação IPR – 706. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

DNIT (2018). **SICRO – REGIÃO CENTRO-OESTE**. Referência Maio de 2018. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

DNIT (2006). **Manual de Pavimentação**. Publicação IPR – 719. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

DNIT (2010). **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço**. Publicação ES 141. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

DNIT (2010). **Pavimentação – Reforço do subleito - Especificação de serviço**. Publicação ES 138. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

DNIT (2006). **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Publicação IPR – 720. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

DNIT (2006). **Plano Diretor Nacional Estratégico de Pesagem**. Audiência Pública. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

DNIT (2007). **Concorrência Pública**. Edital nº 594/2007. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de infra-estrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

Fresagem de Pavimentos. **Engenharia e Construção**, 2011. Disponível em: <<https://www.engenhariaeconstrucao.com/2011/10/fresagem-de-pavimentos.html>>. Acesso em 14 de fev. 2018.

Hilário, Ronderson Q. **USO DE PAVIMENTO RECICLADO ADICIONADO COM CIMENTO PARA USO COMO REFORÇO DE BASE PARA RODOVIAS – ESTUDO DE CASO: BR-120**. 2016. 163f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/7036/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_UsoPavimentoReciclado.pdf>. Acesso em 24 de out. 2018.

MARTINS, H. A. F. **A Utilização da borracha de pneus na pavimentação** asfáltica, 2004. Disponível em: <<http://engenharia.anhemi.br/tcc-04/civil-14.pdf>>. Acesso em 24 de out. 2018.

MARQUES, Geraldo. **Pavimentação**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>>. Acesso em 13 de fev. 2018.

MASCARENHAS NETO, Joze Diogo. **Methodo para construir as estradas em Portugal**. Porto: Officina de Antonio Alvarez Ribeiro, 1790.

Pé na Estrada, **Tecnologia de pesagem de carga será aplicada nas rodovias brasileiras em 2017**. 2015. Disponível em: <<https://www.penaestrada.com.br/tecnologia-de-pesagem-de-carga-sera-aplicada-nas-rodovias-brasileiras-em-2017/>>. Acesso em 26 de out. 2018.

Pires, F. **Primeira Rodovia Pavimentada do Brasil. Rank Brasil - Recordes brasileiros**. 2018. Disponível em: <http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/06tv/Primeira_Rodovia_Pavimentada_Do_Brasil>. Acesso em 12 de fev. 2018.

PORTELA, E. Et al. **ANÁLISE VISCOELÁSTICA DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS**. ANPET. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Evandro_Parente_Junior/publication/268188107_ANALISE_VISCOELASTICA_DE_PAVIMENTOS_ASFALTICOS_PELO_METODO_DOS_ELEMENTOS_FINITOS/links/55b0e01908aeb92399175532/ANALISE-VISCOELASTICA-DE-PAVIMENTOS-ASFALTICOS-PELO-METODO-DOS-ELEMENTOS-FINITOS.pdf>. Acesso em 13 de fev. 2018.

ROAD EXPERTS . 2018. **TEMPERATURA E DURABILIDADE DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. Disponível em: <<http://www.roadexpertsla.com/pt-br/noticias/detalhes/temperatura-e-durabilidade-dos-pavimentos-asfalticos>>. Acesso em 13 de fev. 2018.

RODRIGUES, Leonardo S. **Coordenação de Operações – Plano de Pesagem**. 2017. 18 slides. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cvt/audiencias-publicas/audiencias-publicas-2017/arquivos-de-eventos/ap-23-11.2017/ap-23-11-2017-leonardo-rodrigues-dnit>>. Acesso em 26 de out. 2018.

Santos, Caio R. Gonçalves. **DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS: UMA ABORDAGEM PROBABILÍSTICA.**

2011. 295f. Dissertação de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Disponível em: <file:///C:/Users/User/Desktop/Tese_Caio_R_G_Santos.pdf>. Acesso em 13 de fev. 2018.

Selagem asfáltica de fissuras de pavimentos. **Revista técnica**. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/110/artigo286007-1.aspx>. Acesso em 14 de fev. 2018.

Schroh, Mariana R. Et al. **INVESTIGAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL ASSOCIADO À DISPOSIÇÃO EM SOLO DE RESÍDUOS ASFÁLTICOS.** 59f. Dissertação de Graduação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3928/1/CT_EPC_2014_2_01.pdf>. Acesso em 25 de out. 2018.

SISINNO, C. Et al. **Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em resíduos sólidos industriais: uma avaliação preliminar do risco potencial de contaminação ambiental e humana em áreas de disposição de resíduos.** Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <https://www.scielosp.org/article/csp/2003.v19n2/671-676/>>. Acesso em 25 de out. 2018.

18º ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA: **Contribuição ao estudo de materiais fresados incorporados a um solo argilo siltoso para o uso em camadas de pavimentos flexíveis.** 2015. Disponível em: <http://sinicesp.org.br/44rapv/trabalhos/TrabalhoFinal_143.pdf>. Acesso em 12 de fev. 2018.