

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

COSTA, Andressa Patrinely

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (patrinnycost@gmail.com)*

BARBOSA, Isa Lorena Silva

*Professora Mestra, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (isa\_barbosa@hotmail.com)*

### **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. Este trabalho foi desenvolvido 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 mesmo que benéfica pode trazer riscos ambientais, populacionais e de redução da vida útil do pavimento em 4 anos, quando não descartado de maneira adequada conforme demonstrado nos cálculos e o impacto financeiro que a restauração pode trazer aos cofres públicos, servindo como base para estudos futuros voltados 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.

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o principal modal utilizado na malha viária brasileira, ele apresenta vantagens em relação aos outros modais, pois é mais flexível o acesso aos pontos de embarque e desembarque, segundo a Confederação Nacional de Transportes – CNT (2017).

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 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.

## 2 PAVIMENTAÇÃO

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 ou pavimentos de cimento Portland que é o revestimento de placa de concreto de cimento Portland e flexíveis ou pavimentos asfálticos que é 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.

O pavimento é classificado em rígidos ou pavimentos de cimento Portland que é o revestimento de placa de concreto de cimento Portland e flexíveis ou pavimentos asfálticos que é 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.

Balbo (2007) define os tipos de pavimentos em 3 estruturas básicas: pavimento flexível, pavimento rígido e pavimento semirrígido. O revestimento asfáltico é composto por algumas camadas sendo: subleito, reforço do subleito, reforço da sub-base, base e revestimento de base asfáltica.

### 3 VIDA ÚTIL

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 com ligante asfáltico de petróleo (CAP), sendo este de uma grande complexidade em razão de seu comportamento em sua estrutura geral. (ROAD EXPERTS , 2018)

Os custos do ciclo de vida engloba todos os gastos provenientes da construção, manutenção e ou restauração do pavimento.

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**

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

Fonte: AUTORA, 2018.

#### **4 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. 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, retadamento da reflexão de trincas nas novas camadas servindo de etapa preliminar a reciclagem. (ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, 2011)

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. Usa-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.

A Tabela 2 apresenta o quantitativo de km da malha rodoviária brasileira, para desenvolvimento dos cálculos do material fresado gerado da restauração de pavimentos asfálticos.

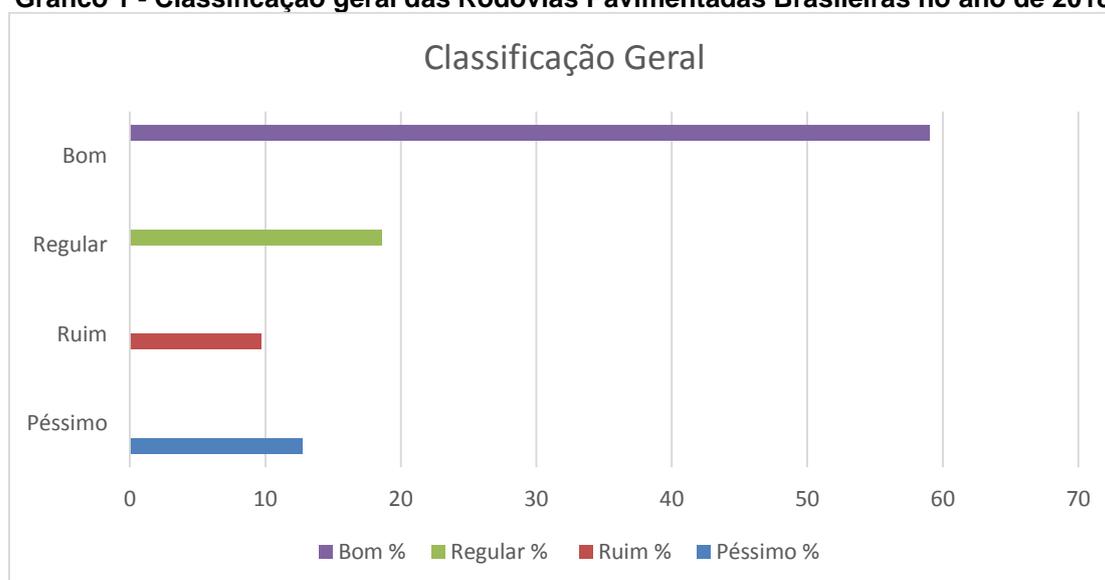
**Tabela 2 - Rodovias federais brasileiras**

2018	T <sub>r</sub> (Total de rodovias existentes)	120.539,4 km	100%
	R <sub>p</sub> (Rodovias pavimentadas)	65.529,6 km	$(R_p \times 100) \div T_r = 54\%$
	R <sub>np</sub> (Rodovias não pavimentadas)	10.728,9 km	$(R_{np} \times 100) \div T_r = 9\%$
	R <sub>p</sub> (Rodovias planejadas)	44.280,9 km	$(R_p \times 100) \div T_r = 37\%$
2008	R <sub>p</sub> (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: AUTORA, 2018.

Conforme pode ser visto no gráfico 1 e com base nos dados obtidos no Índice de Condição da Manutenção - ICM (2018) que mostra 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.

**Gráfico 1 - Classificação geral das Rodovias Pavimentadas Brasileiras no ano de 2018**



Fonte: AUTORA, 2018.

A Equação 1 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).

$$\begin{aligned}Q_f &= R_p \times E \times L & (1) \\Q_f &= 65.529,6 \times 0,05 \times 7,2 \\Q_f &= 23.590,656 \text{ m}^3\end{aligned}$$

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 ( $F_t=2,5$ ). Tem-se que:

$$\begin{aligned}Q_f &= 23.590,656 \times F_t \\Q_f &= 23.590,656 \times 2,5 \\Q_f &= 58.976,64 \text{ m}^3\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}(1 \text{ l} \times 58.976,64) \div 0,001 \text{ m}^3 &= 58.976.640,0 \text{ l} \\58.976.640,0 \div 1900 \text{ kgm}^3 &= 31.040,34 \text{ kg} \\Q_f &= (31.040,34 \text{ kg} \times 1t) \div 1000 \text{ kg} = 31,04 \text{ t}\end{aligned}$$

Cálculo de custos, onde:

$C_t$  = Custo total

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

$$C_t = Q_f \times P_u \quad (2)$$

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

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)

$$C_{cbuq} = Q_f \times P_{ucbuq} \quad (3)$$

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

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

$$T_{gastos} = C_t + C_{cbuq} \quad (4)$$

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

Caso hoje fosse restaurado apenas os 22,4% correspondentes as rodovias ruins observaríamos 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).

$$Q_f = R_r \times E \times L \quad (5)$$

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

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

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 ( $F_t = 2,5$ ). Temos que:

$$Q_f = 4.611,37 \times F_t$$

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

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

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

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

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

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

Cálculo de custos, onde:

$C_t$  = Custo total

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

$$C_t = Q_f \times P_u$$

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

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)

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

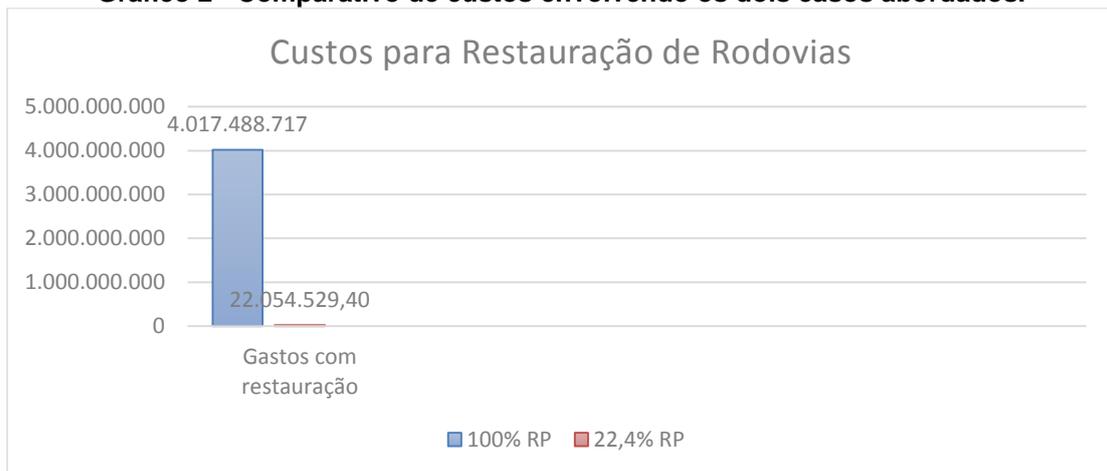
$$C_{cbuq} = 161.951,31 \times 135,18 = 21.892.578,09 \text{ milhões}$$

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

**Gráfico 2 - Comparativo de custos envolvendo os dois casos abordados.**



Fonte: (Autor, 2018)

## 5 IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO PELO MATERIAL FRESADO

Com base no artigo 1º da Resolução CONAMA 001 (BRASIL, 1986), é considerado impacto ambiental 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 Órgão competente e do IBAMA.

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 significamente 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.

## 6 RESULTADOS

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 m<sup>3</sup> que podem ir diretamente para o meio ambiente causando danos graves devido a seus componentes contagiantes. Essa quantidade de material fresado quando transformada de m<sup>3</sup> para t e multiplicada pelo fator de redução do pavimento gera uma alta taxa de fresado na medida de 31,04 t.

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 m<sup>3</sup> 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 22.054.529,4 milhões. 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

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

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.

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

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.

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

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

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

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 (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 (2018). **SICRO – REGIÃO CENTRO-OESTE**. Referência Maio de 2018. 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.

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.

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](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3928/1/CT_EPC_2014_2_01.pdf)>. Acesso em 25 de out. 2018.