

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

SAMUEL PERES DE BARROS

**PAVIMENTAÇÃO:** asfalto borracha

Paracatu

2019

SAMUEL PERES DE BARROS

**PAVIMENTAÇÃO:** asfalto borracha

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC I).

Orientador: Prof. Msc. Renato Reis Silva

Paracatu

2019

SAMUEL PERES DE BARROS

**PAVIMENTAÇÃO:** asfalto borracha

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

Área de Concentração: Ciências exatas.

Orientador: Prof. MSc. Renato Reis Silva.

Banca examinadora:

Paracatu - MG, 22 de outubro de 2019.

---

Prof. Msc. Renato Reis Silva  
Centro Universitário Atenas

---

Prof. Esp. Matheus Dias Ruas  
Centro Universitário Atenas

---

Profª. Esp. Ellen Mayara Santos Cardoso  
Centro Universitário Atenas

Dedico a meus irmãos, minha namorada e em especial a minha mãe que esteve comigo nas dificuldades e nas vitórias conquistadas, por eles serem compreensivos e pacientes comigo esse tempo, pelos conselhos e a dedicação, e também a todos os meus amigos e colegas pelo apoio nos grupos de estudos e incentivo durante toda esta jornada de 5 anos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar saúde e paciência e por ter me conduzido nos momentos de dificuldade, onde a primeira coisa que vem na cabeça é desistir.

Agradeço ao meu orientador Renato Reis, pelo suporte no pouco tempo que lhe sobrou, pelas suas correções e incentivos.

Agradeço ao centro universitário, e seu corpo docente, em especial aos professores Carlos Eduardo Chula, Matheus Ruas, Ellen e Romero, pelos conhecimentos transmitidos, que me oportunizaram a janela que hoje vejo um horizonte superior.

A minha família, pelo amor, incentivo e amor incondicional.

A meus colegas e companheiros de estudos, que só somaram nesse período vitorioso.

Enfim, obrigado meu Deus por me conceder este momento inesquecível na minha vida.

## RESUMO

Aspectos tais como o tráfego constante de cargas pesadas nas vias e rodovias do Brasil, e o pouco investimento que é direcionado a conservação dos pavimentos asfálticos, contribuem para que uma grande parte da malha viária esteja degradada, apresentando uma diversidade de patologias, e por esta razão está causando atrasos e prejuízos consideráveis para quem trafega continuamente sobre a sua extensão. De fato, a camada superficial do pavimento asfáltico é a camada que mais sofre com a carga que é exercida sobre o pavimento. Mediante a real importância que o pavimento asfáltico representa para o desenvolvimento do país, visto que as vias e rodovias são utilizadas para movimentar mercadorias por todo o território nacional, é importante que seja aplicada uma técnica que torne a malha viária mais resistente. Como forma de responder ao problema, o objetivo do trabalho é comprovar que o asfalto borracha é plenamente viável e recomendável para ser utilizado na pavimentação asfáltica, principalmente na manutenção corretiva da camada de rolamento. No decorrer do trabalho são citados e analisados conceitos relacionados diretamente ao tema, as propriedades do asfalto borracha, a legislação vigente sobre esta tecnologia de pavimentos, o método de produção por via úmida, os tipos e técnicas de aplicação do asfalto borracha, e os aspectos vantajosos de se utilizar o asfalto borracha na camada de rolamento do pavimento asfáltico. Ao final foi comprovado que o asfalto borracha quando aplicado no pavimento, resulta em vários benefícios, como por exemplo, aumento da resistência e da flexibilidade, maior durabilidade, requer uma menor quantidade de manutenções, ou seja, é um método viável para ser utilizado na malha viária do Brasil.

**Palavras-chave:** Pavimento. Qualidade. Durabilidade.

## **ABSTRACT**

*Aspects such as the constant traffic of heavy loads on roads and highways in Brazil, and the little investment that is directed towards the conservation of asphalt pavements, contribute for a large part of the road network to be degraded, presenting a diversity of pathologies, and for this reason reason is causing considerable delays and losses for those who travel continuously over its length. In fact, the surface layer of the asphalt pavement is the layer that suffers most from the load that is exerted on the pavement. Due to the real importance that the asphalt pavement represents for the development of the country, since the roads and highways are used to move goods throughout the national territory, it is important that a technique is applied that makes the road network more resistant. As a way of responding to the problem, the objective of the work is to prove that rubber asphalt is fully viable and recommended to be used in asphalt paving, mainly in corrective maintenance of the rolling layer. In the course of the work, concepts related directly to the theme are cited and analyzed, the properties of rubber asphalt, the current legislation on this pavement technology, the wet method of production, the types and techniques of application of rubber asphalt, and the aspects advantageous of using rubber asphalt in the rolling layer of the asphalt pavement. At the end it was proven that rubber asphalt when applied to the pavement, results in several benefits, such as, for example, increased resistance and flexibility, greater durability, requires less maintenance, that is, it is a viable method to be used in road network in Brazil.*

**Keywords:** *Paviment. Quality. Durability*

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> - Asfalto borracha <i>in natura</i>	14
<b>FIGURA 2</b> - Esquema da produção do asfalto borracha via úmida pelo processo de mistura estocável (terminal blending)	18
<b>FIGURA 3</b> - Misturador manual usado para selar trincas	20
<b>FIGURA 4</b> - Aplicação de fragmentos de borracha em membranas reparadoras	21
<b>FIGURA 5</b> - Execução de um SAMI	22
<b>FIGURA 6</b> - Descarte de pneus no meio ambiente	25

## **LISTA DE SIGLAS**

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

BGS - Brita Graduada Simples

CAP - Cimento Asfáltico de Petróleo

CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente

DER - Departamento de Estradas de Rodagem

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura.

SAMI - Stress Absorving Membrane Interlayer

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>1.1 PROBLEMA</b>	<b>11</b>
<b>1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO</b>	<b>11</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
<b>1.3.1 OBJETIVO GERAL</b>	<b>11</b>
<b>1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>11</b>
<b>1.4 JUSTIFICATIVA</b>	<b>11</b>
<b>1.5 METODOLOGIA DE ESTUDO</b>	<b>12</b>
<b>1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	<b>12</b>
<b>2 DEFINIÇÕES, PROPRIEDADES, LEGISLAÇÃO E MÉTODO DE PRODUÇÃO DO ASFALTO BORRACHA POR VIA ÚMIDA</b>	<b>14</b>
<b>2.1 DEFININDO E CARACTERIZANDO A ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEU NA MASSA ASFÁLTICA</b>	<b>14</b>
<b>2.2 ESPECIFICAÇÕES DO ASFALTO-BORRACHA</b>	<b>16</b>
<b>2.3 REGULAMENTAÇÕES DO ASFALTO-BORRACHA</b>	<b>17</b>
<b>2.4 PROCESSO DE PRODUÇÃO POR VIA ÚMIDA</b>	<b>17</b>
<b>3 TIPOS E TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA</b>	<b>20</b>
<b>3.1 SELANTE DE JUNTAS E TRINCAS</b>	<b>20</b>
<b>3.2 FRAGMENTOS DE BORRACHA EM MEMBRANAS REPARADORAS</b>	<b>21</b>
<b>3.3 SAMI (STRESS ABSORVING MEMBRANE INTERLAYER)</b>	<b>22</b>
<b>3.4 TRATAMENTO SUPERFICIAL</b>	<b>23</b>
<b>3.5 PAVIMENTO RECAPEADO OU NOVO</b>	<b>23</b>
<b>4 ASPECTOS POSITIVOS DA UTILIZAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA</b>	<b>24</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Mediante a necessidade de desenvolver um pavimento asfáltico que pudesse oferecer uma maior qualidade, resistência e durabilidade; em condições de tráfego pesado e constante, e inclusive como forma de realizar a manutenção das vias e rodovias já existentes, desenvolveu-se o pavimento asfáltico com a adição de borracha proveniente de pneus inservíveis.

Pneus inservíveis ou imprestáveis são uma matéria prima disponível em abundância, em razão da imensa quantidade de pneus que são descartados diariamente, provenientes de uma frota de milhões de veículos que circulam diariamente através de todo o território brasileiro.

As consequências da não reutilização destes pneus inservíveis seriam inúmeras, começando pelo grave problema de poluição que ocorreria, ao serem estes lançados em áreas abertas, perto de rios e em lixões.

Os pneus quando lançados no meio ambiente, possuem um tempo de deterioração de centenas de anos, além de servir como morada para ratos, escorpiões, mosquitos da dengue e vários outros insetos.

Mediante as vantagens a serem comentadas no decorrer do trabalho, a inserção da borracha advinda destes pneus, seria um destino nobre que se daria a este produto. Dentre diversos aspectos de sua utilização pode-se acrescentar a economia no sentido financeiro, e a sustentabilidade, ou seja, ao se usar um material que seria descartado, ao invés de recorrer a um consumo maior de matéria-prima usada na pavimentação, pode-se preservar o meio ambiente, protegendo de uma maior exploração.

É importante que se tenha o pleno conhecimento desta tecnologia, analisando as formas em que a borracha é adicionada a massa asfáltica, os tipos de materiais que são adicionados a mistura asfáltica, e etc.

Além de conhecer as formas de aplicação do asfalto borracha, será apresentada uma série de vantagens de se utilizar o asfalto borracha na pavimentação de vias e rodovias.

## **1.1 PROBLEMA**

Com alto índice de deterioração dos pavimentos asfálticos flexíveis brasileiros, como é possível aumentar a durabilidade das vias usando o asfalto borracha?

## **1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO**

A) O asfalto-borracha é menos passível à formação de trilhas de roda, reduz o risco de aquaplanagem e melhora a frenagem e aderência dos veículos em comparação ao asfalto tradicional, garantindo maior segurança para os motoristas.

B) Além de ser mais resistente do que o asfalto tradicional, ainda proporciona um enorme ganho ambiental, pois reaproveita toneladas de pneus que seriam descartados na natureza.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GERAL**

Pesquisar a viabilidade de implantação do asfalto borracha em vias, onde se faz fundamental a manutenção corretiva da camada de rolamento.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Abordar as definições, propriedades, legislação, e tipos de produção do asfalto borracha.
- b) Elucidar técnicas de utilização da borracha para fabricação de asfaltos.
- c) Relatar os aspectos positivos do asfalto borracha

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

Sabe-se que os asfaltos brasileiros sofrem prematuramente com surgimento de inúmeras patologias, faz-se necessário novas soluções em materiais e técnicas construtivas para melhoria dos pavimentos.

Devido ao uso da borracha reciclada em pavimento ser uma solução para diminuir o problema e a deposição desse resíduo, e que a inclusão desse material na construção civil resulta em uma melhoria na propriedade dos materiais de pavimentação (RAMALHO, 2009).

Com a mesma ideia este projeto colabora para uma melhor compreensão do uso da borracha de pneus jogados no meio ambiente e utilizá-los como matéria prima da pavimentação dentro da engenharia civil colaborando para um melhor desempenho do asfalto convencional, além de dar um destino aos pneus velhos (FONTANA FILHO, 2009).

## **1.5 METODOLOGIA DE ESTUDO**

Esse projeto foi embasado em uma pesquisa descritiva explicativa proporcionando ao leitor uma maior compreensão sobre o tema abordado, com a intenção de tornar o texto o mais claro e explicativo possível.

A metodologia explicativa se justifica, pois, traz com sigilo uma abordagem dedutiva bem aprofundada no tema com um procedimento simples, objetivo e direto, pois, uma pesquisa explicativa pode ser a continuação de outra descritiva, sendo que a identificação de fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito detalhado.

Por fim, foi utilizada uma pesquisa bibliográfica descritiva sendo esta elaborada com base em material já publicado, com foco em artigos científicos, revista científica, outros meios impressos e eletrônicos relacionados com o tema e livros de autores como; Balbo José Tadeu, Bernucci, Liedi Bariani, Jacques, Guilherme Ebani e também o Manual do DNIT.

## **1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO**

No primeiro capítulo, trata-se de uma abordagem geral que envolve os conceitos relacionados diretamente ao tema, a legislação vigente sobre esta tecnologia utilizada em pavimentos, as propriedades e o método de produção do asfalto borracha por via úmida.

No segundo capítulo, versa demonstrar os variados tipos e as principais

técnicas de aplicação do asfalto borracha nas vias.

No terceiro capítulo, foi abordado os principais aspectos positivos do asfalto borracha, os quais em síntese, comprovam a viabilidade da utilização do asfalto borracha tanto em vias quanto em rodovias.

## 2 DEFINIÇÕES, PROPRIEDADES, LEGISLAÇÃO E MÉTODO DE PRODUÇÃO DO ASFALTO BORRACHA POR VIA ÚMIDA

Mediante a necessidade de desenvolver um pavimento asfáltico que pudesse oferecer uma maior qualidade, resistência e durabilidade; em condições de tráfego pesado e constante, e inclusive como forma de realizar a manutenção das vias e rodovias já existentes, desenvolveu-se o pavimento asfáltico com a adição de borracha proveniente de pneus inservíveis (SOARES; ASSIS, 2012).

A adição da borracha advinda destes pneus à massa asfáltica começará a ser analisada a seguir.

### 2.1 DEFININDO E CARACTERIZANDO A ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEU NA MASSA ASFÁLTICA

Ao se iniciar um estudo sobre a inserção da borracha de pneu na composição da massa asfáltica, pode-se primeiramente adotar um termo pelo qual será identificada esta tecnologia no decorrer do trabalho, referindo-se a este como “asfalto-borracha”, conforme pode ser visualizada a sua composição básica na Figura 1 (RAMALHO, 2009).

**Figura 1:** Alfalto borracha *in natura*.



**Fonte:** Izidoro (2010).

Algumas formas de se definir o “asfalto-borracha” são encontradas na literatura, uma destas é mencionada pela empresa brasileira responsável pelo refinamento de petróleo no Brasil, a Petrobrás, que no ano de 2009, citou que o asfalto borracha trata-se de um asfalto modificado por intermédio da inclusão em sua composição da borracha triturada retirada de pneus. Esta mesma fonte literária, ainda comentou sobre este processo, que ao destinar de maneira nobre os pneus inservíveis, é capaz de solucionar um grande problema ecológico; e inclusive através da utilização do asfalto borracha nas pavimentações, melhora-se as propriedades e a performance do revestimento (RAMALHO, 2009).

Segundo mencionado por Mendes e Nunes (2009), o “asfalto-borracha” constitui em uma camada que pode ser utilizada sobre o pavimento antigo ou na produção de um novo, a qual ocorre sobre uma base constituída por BGS (Brita Graduada Simples), adequadamente dosada em conformidade com o projeto da pavimentação.

De acordo com Brasil (2009), o “asfalto borracha”, apresenta em sua composição, além da borracha em questão, outros materiais, sendo os seguintes conforme especificados pela normatização brasileira: cimento asfáltico, agregados, material de enchimento (filer) e o melhorador de adesividade.

Conforme Mendes e Nunes (2009), referente aos demais itens constituintes do asfalto-borracha, este é composto por material betuminoso, agregado mineral (pedra britada, areia e pedregulho britado). A pavimentação deverá ocorrer em conformidade com o alinhamento, perfil, seção transversal típica e dimensões determinadas na fase de projeto.

Em se tratando do ligante recomendado para que seja utilizado na mistura asfáltica, este é o CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), o qual possui como objetivo fazer a colagem dos agregados, visto que o responsável por suportar as cargas é a brita, sendo necessário que haja um envolvimento entre a pedra e o pó de pedra, razão pela qual o CAP é indicado.

Quanto à porcentagem de borracha triturada a ser inserida na massa asfáltica, de acordo com especialistas do setor, quanto mais alto for o índice de borracha aplicada (5% no método industrial, ou até 20% pelo sistema “*in situ field blend*”, maior será a durabilidade do pavimento.

## 2.2 ESPECIFICAÇÕES DO ASFALTO-BORRACHA

Diversas são as especificações que o asfalto-borracha deverá possuir para que possa ser utilizado de modo adequado na pavimentação. De acordo com Bernucci (2008), algumas destas determinadas pelo DER (Departamento de Estradas de Rodagem) são mencionadas no Quadro 1 seguir.

**Quadro 1:** Especificação do asfalto-borracha (DER).

<b>Cimento asfáltico modificado com adição de borracha de pneumáticos</b>			
<b>Ensaio</b>	<b>Característica</b>	<b>Exigência</b>	
		<b>Mínima</b>	<b>Máxima</b>
DNER-ME 003/94	Penetração, 100g, 5s, 25°C, 0,1mm	25	75
DNER-ME 148/94	Ponto de fulgor, °C	235	-
DNER-ME 193/96	Densidade relativa, 25°C	1,00	1,05
ABNT NBR 6560/00	Ponto de Amolecimento, °C	55	-
NLT 329/91	Recuperação elástica por torção	50	-
ABNT NBR 14736/01	Efeito do calor e do ar		
	Variação em massa, %	-	1,0
	Porcentagem da penetração original	50	-
ASTM 2196/99	Viscosidade Brookfield a 175°C, cP	800	2500

**Fonte:** Bernucci et al (2008).

Em relação ao traço do asfalto-borracha, Mendes e Nunes (2009) menciona que este é distribuído: brita 0 (46,65%), pó de pedra (37,32%), pedrisco (9,33%), asfalto borracha (6,7%).

## **2.3 REGULAMENTAÇÕES DO ASFALTO-BORRACHA**

Além das especificações referentes ao asfalto-borracha apresentadas no Quadro 1, o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná editou e aprovou no ano de 2005 a especificação DER/PR-ES-P 28/05, a qual estabelece as características necessárias para a adição da borracha advinda de pneus inservíveis no CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), definindo que a quantidade deve ser de 15% em peso, no processo de via úmida (a ser analisado) (FONTANA FILHO, 2009).

Outras especificações relacionadas à adição de borracha a massa asfáltica, foram editadas e aplicadas pela ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) por meio da resolução número 39, na data de 24 de dezembro de 2008.

## **2.4 PROCESSO DE PRODUÇÃO POR VIA ÚMIDA**

Em conformidade com Soares e Assis (2011), como características gerais, no processo úmido de produção do asfalto-borracha, o percentual de borracha triturada é variável entre 18 e 25%, sofrendo este material uma alteração constante em uma determinada liga química, o que contribui para uma melhora considerável das propriedades desse tipo de concreto.

Outro aspecto é que nesta modalidade acontece uma transferência mais intensa no que tange às propriedades da elasticidade e da resistência ao envelhecimento para o ligante asfáltico original.

Ainda de acordo com os mesmos autores, no processo úmido ocorre um estudo preciso sobre todos os componentes da mistura, que envolve a borracha, os aditivos e o asfalto. Como aspectos que podem ser melhorados por este processo estão às propriedades da mistura envolvendo o asfalto e a borracha para um determinado período de tempo de digestão e temperatura de produção, a estabilidade da mistura no decorrer do tempo, e inclusive as proporções dos componentes tendo como objetivo alcançar as propriedades previstas para o ligante a ser produzido.

No processo de produção por via úmida ocorre uma reação entre a borracha e a massa asfáltica, a temperatura média no decorrer deste processo é oscilante entre 175 e 200 graus Celsius, o qual conduz a um inchamento de todas as partículas de borracha presentes (SOARES; ASSIS, 2011).

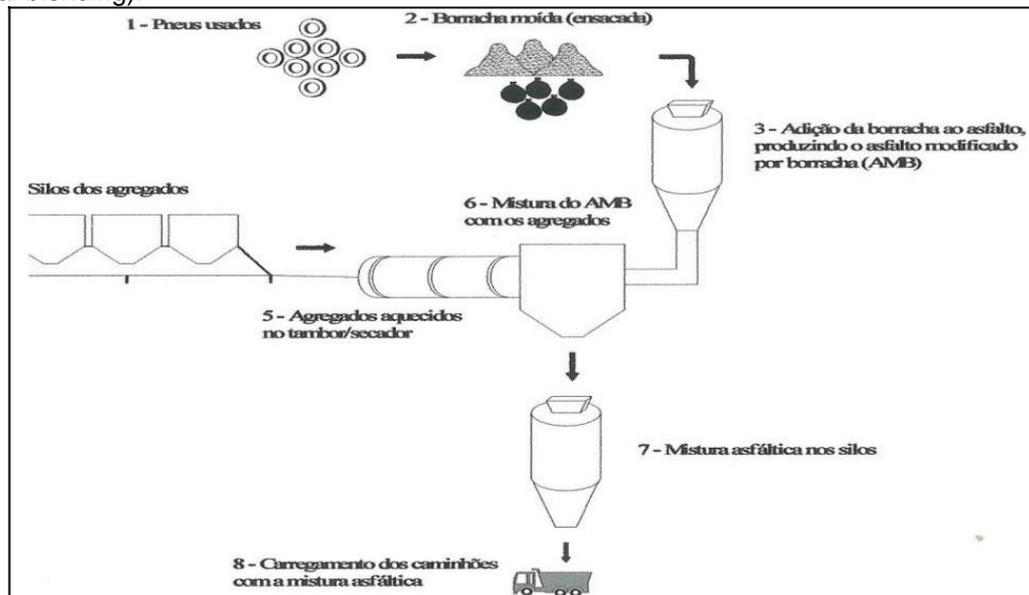
Em seguida a reação química, deverá ser armazenado toda a massa do asfalto-borracha produzida no interior de um tanque, o qual deverá estar equipado por um sistema mecânico de agitação constante, que terá a função de manter a massa de modo disperso, não permitindo a deposição das partículas que não conseguiram reagir.

Segundo foi mencionado por Bernucci (2008), quanto ao ligante adicionado por borracha, em relação ao processo de fabricação adotado é classificado em estocável e não estocável.

No sistema não-estocável a produção ocorre por intermédio de um equipamento misturador localizado no próprio local da obra, devendo a sua aplicação ocorrer logo após a sua produção, em decorrência da sua instabilidade.

Quanto ao sistema estocável também conhecido pelo termo “terminal blending” (Figura 2), apresenta em sua composição a borracha advinda de pneu inservível, moída em dimensões finíssimas, resultando nesta maneira em um ligante estável e homogêneo, sendo em seguida transportado ao local da pavimentação (FONTANA FILHO, 2009).

**Figura 2:** Esquema da produção do asfalto borracha via úmida pelo processo de mistura estocável (terminal blending).



Fonte: Fontana Filho (2009).

O sistema estocável ainda proporciona uma economia de tempo e financeira, visto que o ligante asfáltico alterado é produzido e enviado a diversos trechos de obra simultaneamente, ao contrário do sistema “continuous blending” onde em cada local existe a necessidade de ter um equipamento de produção do asfalto-borracha. Observa-se que referente ao controle de qualidade do asfalto-borracha produzido em um terminal apresenta uma melhor confiabilidade (FONTANA FILHO, 2009).

O asfalto-borracha processado em altíssimas temperaturas por meio de agitação em alto cisalhamento, podendo resultar desta forma na despolimerização e na desvulcanização da borracha, o que permite que tanto a borracha despolimerizada quanto a desvulcanizada alcancem a reação juntamente as moléculas do CAP, o que proporcionará uma maior viscosidade para o produto (PINTO NETTO, 2018).

### 3 TIPOS E TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA

A mistura asfáltica adicionada ao asfalto-borracha pode ser aplicada em diversos serviços distintos de pavimentação, oscilando desde o tratamento de selagem de trincas até em CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) (PINTO NETTO, 2018).

Originalmente, o asfalto borracha foi projetado e desenvolvido visando a sua utilização em atividades gerais de manutenção e inclusive reabilitação, ou seja, como recurso para que possa alongar o período de vida útil das vias e rodovias que cruzam todo o território nacional (PINTO NETTO, 2018).

Ao se aplicar inicialmente o asfalto-borracha, pôde-se perceber que esta tecnologia é capaz de retardar a formação de trincas por meio de reflexão e também através de fadiga (MORRIS; McDONALD, 1976, apud ODA, 2005, p. 50).

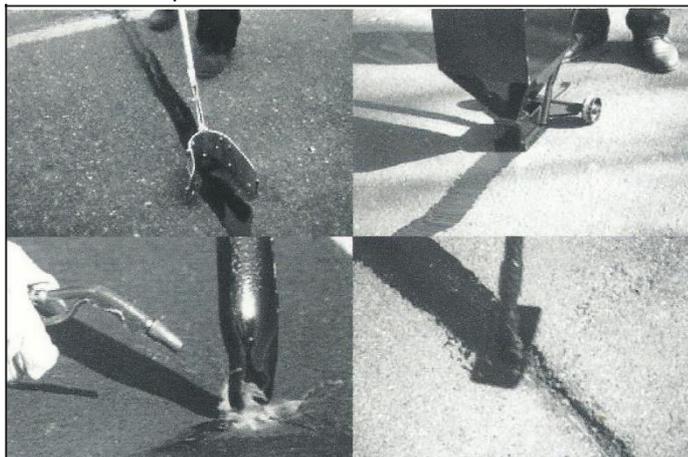
A partir de então o uso de asfalto-borracha na pavimentação vem sendo intensificado nas mais diversas formas, como será analisado na sequência.

#### 3.1 SELANTE DE JUNTAS E TRINCAS

Em concordância com Lacerda (2001), uma das maneiras mais simples de se utilizar o asfalto-borracha na pavimentação é o selamento de trincas e fissuras. Ressaltando que a selagem é fundamental quando se pretende impedir que haja a infiltração de água por meio de uma abertura na superfície do pavimento.

A Figura 3 ilustra a selagem realizada por meio de um aplicador manual.

**Figura 3:** Misturador manual usado para selar trincas.



**Fonte:** Crafcó (1980, apud ODA, 2005, p. 51).

A opção por um determinado tipo de selante pode alterar conforme as características da região em que o serviço será executado, como por exemplo, em razão do clima ou do volume do tráfego (ODA, 2005).

Além do Brasil, a selagem utilizando-se o asfalto-borracha é amplamente utilizada em diversas regiões dos Estados Unidos.

### 3.2 FRAGMENTOS DE BORRACHA EM MEMBRANAS REPARADORAS

Segundo Lacerda (2001), o asfalto-borracha é bastante utilizado na forma de uma membrana de mistura de asfalto, sendo esta aplicada como se fosse um adesivo em uma área da pista danificada. Logo após ocorrer a limpeza, deverá ser aplicado o asfalto em questão, coberto por uma fina mistura de asfalto e pedra.

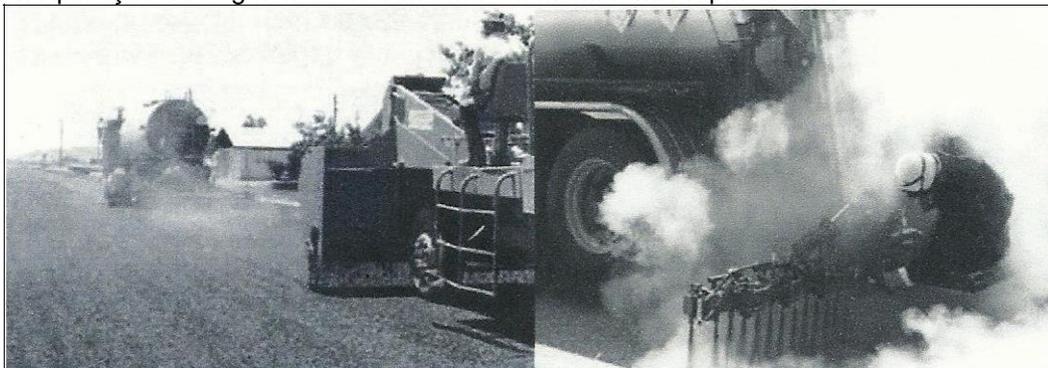
As propriedades referentes à flexibilidade e elasticidade da membrana poderão evitar que se desenvolvam pequenas rachaduras adicionais e que seja prevenida a propagação das rachaduras já existentes no pavimento.

Neste processo os materiais são distribuídos de forma similar ao processo com massa asfáltica convencional, em média 2,7 litros por metro quadrado de asfalto-borracha em diluição, além de 19 quilos por metro quadrado de agregados.

Segundo foi mencionado por Pinto Netto (2018), as principais vantagens desta forma de aplicação do asfalto-borracha estão relacionadas à alta resistência às tensões advindas do tráfego, em particular as que podem causar trincas por reflexões e pelas alterações climáticas.

Por intermédio da Figura 4, pode-se notar a execução de um SAM, ou seja, a sigla utilizada para esse tipo de serviço.

**Figura 4:** Aplicação de fragmentos de borracha em membranas reparadoras.



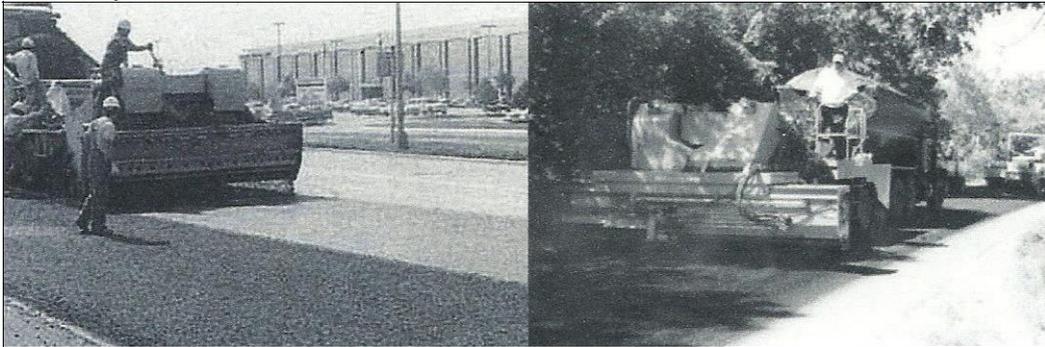
Fonte: Oda, 2005.

Pode-se observar que embora neste processo haja um uso maior de borracha, elevando o custo final, entretanto é uma aplicação viável devida à durabilidade do serviço concluído.

### 3.3 SAMI (STRESS ABSORVING MEMBRANE INTERLAYER)

No processo em que ocorre o uso de asfalto-borracha denominado como SAMI, este é aplicado entre as camadas de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), no caso de se tratar de uma execução de reabilitação (Figura 5) (PINTO NETTO, 2018).

**Figura 5:** Execução de um SAMI.



**Fonte:** Oda, 2005.

Este processo pode ser classificado de duas formas: o SAMI constituído de duas camadas e o de três, sendo o primeiro caso constituído de um lançamento entre pavimento e em média 25 a 75 milímetros de uma camada de reforço de CBUQ. Em se tratando do SAMI com três camadas, este é executado primeiramente por meio do lançamento de uma camada de nivelamento de CBUQ, e em seguida ocorre o SAMI, sendo sobre ele aplicada uma camada de reforço de CBUQ com dimensões entre 25 e 75 milímetros.

A execução com três camadas é indicada quando o pavimento possui problemas com trincas ou quando o recapeamento acontece sobre um pavimento do tipo rígido. Uma execução do SAMI pode ser analisada por meio da Figura 5 (ODA, 2005).

### **3.4 TRATAMENTO SUPERFICIAL**

Neste tratamento superficial usa-se o asfalto-borracha com a função de prevenir ou evitar que ocorram trincas por reflexão. No processo de aplicação, é distribuída uma camada com em média 20% de borracha na superfície do pavimento, em sequência lança-se uma camada de agregados uniformemente inseridos sobre o ligante. Referente à espessura do asfalto-borracha, esta dependerá diretamente da granulometria do agregado, em média variando entre 6 a 9 milímetros (PINTO NETTO, 2018).

### **3.5 PAVIMENTO RECAPEADO OU NOVO**

Pode-se usar o asfalto-borracha, em substituição ao asfalto convencional ao se produzir o asfalto a ser utilizado na pavimentação, o que reduz o acúmulo de deformação permanente que surge nas trilhas de roda, as trincas por origem térmica ou fadiga, considerando-se estes os maiores problemas na pavimentação asfáltica (ODA, 2005).

Na aplicação do asfalto-borracha deve-se considerar a temperatura do produto, tanto no momento do lançamento quanto da compactação, em virtude do aumento da viscosidade.

#### 4 ASPECTOS POSITIVOS DA UTILIZAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA

Os aspectos positivos referentes ao uso do asfalto borracha na pavimentação tanto de vias urbanas quanto de rodovias, podem ser mencionados sobre três âmbitos: as vantagens técnicas, as ecológicas, além dos fatores de custo e benefício (ODA, 2005).

Primeiramente observando o aspecto que envolve o custo e benefício, não é segredo que o custo do asfalto-borracha é superior ao asfalto convencional, o que é mencionado por Oda (2005), citando que o valor é em média entre 25 a 30% superior ao asfalto convencional, pelo motivo de este ter um processo de produção mais complexo.

Este custo maior do asfalto-borracha é relatado por Balbo (2007, p. 32) “[...] é cerca de 15% a mais caro: um quilômetro custa R\$ 240 mil, enquanto o comum fica em torno de R\$ 200 mil”.

Quanto a este valor, existem discordâncias, como a mencionada por Rodovias & Vias (2009, apud RAMALHO, 2009, p. 46), onde diz que o quilômetro do pavimento produzido com asfalto-borracha possui o valor médio de R\$ 103.500,00 reais, frente ao pavimento convencional, sendo este estimado em R\$ 90.000,00.

Entretanto diversos aspectos apontam para uma maior adoção a favor do asfalto-borracha, começando pelo fato de que este pode ser executado com uma espessura menor que o convencional, fato este que iguala os custos dos mesmos. Esta informação é comprovada por outra fonte literária, no caso Pinto Netto (2018).

Outro fator que contribui para um uso mais pleno do asfalto-borracha é a sua maior durabilidade e qualidade, um baixo número de intervenções, além de um total menor que o convencional no que diz respeito a manutenções periódicas (RAMALHO, 2009).

Como consequência da durabilidade, o período de vida útil do asfalto-borracha é superior ao convencional, o que é um fator estimulante a sua adoção pelas empresas responsáveis pelas pavimentações (RAMALHO, 2009).

Este aspecto é fundamentado mediante a declaração de Rosa (2009, p.

1) “A Ecovias<sup>1</sup> já evitou o descarte de 306 mil pneus no meio ambiente e investiu R\$

---

<sup>1</sup> Empresa que administra rodovias.

30 milhões no recapeamento com o asfalto borracha. Todos os recapeamentos estão sendo feitos com ele".

Por estas e outras razões o asfalto-borracha pode até ter um custo superior ao asfalto convencional, entretanto sua aplicação na pavimentação é plena viável em razão do seu custo-benefício.

Sobre o aspecto ecológico, um importante benefício da utilização do asfalto borracha em pavimentações, é a redução significativa do descarte de pneus inservíveis na natureza. De fato, a presença destes pneus em aterros ou outros locais inadequados (Figura 6), causam sérios problemas ambientais, poluindo o meio ambiente, além de servir como locais de proliferação de insetos (SOARES; ASSIS, 2012).

**Figura 6:** Descarte de pneus no meio ambiente.



**Fonte:** Portal O Norte, 2019.

Dentre outros aspectos ecológicos favoráveis pode-se mencionar que ocorre uma menor probabilidade de haver o assoreamento de rios, os quais podem ocorrer realmente em consequência direta da presença de pneus nestes locais. Também há a diminuição do consumo de petróleo, em razão de: “[...] pela substituição de parte do asfalto por borracha moída de pneus e também pela maior durabilidade que será alcançada na vida útil de nossas estradas” (SILVA, 2018, p. 10).

As vantagens técnicas são bem expressivas quando se trata do pavimento composto por asfalto borracha, conforme foi expresso pelo autor Pinto Netto (2018), tem-se a abreviação da suscetibilidade térmica; a superfície asfáltica torna-se mais flexível; obtêm-se uma maior adesão frente aos agregados utilizados na composição asfáltica; o pavimento torna-se mais resistente a: oxidação, trincas e demais patologias; propicia uma espessura mais fina da camada do asfalto; a superfície fica mais durável; diminui-se o ruído advindo do tráfego de veículos, em média 75%.

Segundo o mesmo autor, o asfalto borracha é menos passível à formação de trilhas de roda, reduz o risco de aquaplanagem e melhora a frenagem e aderência dos veículos em comparação ao asfalto tradicional.

Dentre outras vantagens técnicas do asfalto-borracha, podem-se mencionar as seguintes:

“[...] alta viscosidade possibilita maior recobrimento do pavimento, o que propicia redução da sensibilidade a variações térmicas; aumento da elasticidade, que melhora a aderência do pneu ao pavimento, aumenta a resistência à ação química de óleos e combustíveis e reduz ruído (três a cinco decibéis) (ANP, 2009, apud RAMALHO, 2009, p. 43).

De acordo com Soares e Assis (2012), a performance obtida pelo asfalto-borracha por intermédio das estruturas com simulador de tráfego, comprovou que quanto ao recapeamento de concreto asfáltico alterado por asfalto-borracha teve um comportamento bem melhor mediante ao realizado com concreto convencional.

Ao se realizar uma comparação referente à vida útil do recapeamento feito com asfalto-borracha frente a um confeccionado em asfalto convencional, pode ser observado que o asfalto convencional estava totalmente trincado depois de 98.000 ciclos de carga de eixo de 10 tf, e no caso do asfalto-borracha, a reflexão de trincas era de somente incipiente depois de 123.000 ciclos com igual carga de eixo (RAMALHO, 2009).

Mediante todos os aspectos positivos mencionados, pode-se sim concluir que o asfalto borracha é um método de pavimentação viável, em razão de resultar em tantos benefícios; devendo ser a sua utilização mais incentivada no Brasil, principalmente na manutenção corretiva da camada de rolamento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conformidade com o problema proposto para este trabalho, nota-se que no Brasil tem-se uma malha viária de tamanho continental, interligando milhares de cidades. Grande parte de sua extensão se encontra degradada em razão do intenso tráfego de veículos leves e pesados, além de haver uma escassez de procedimentos de manutenção, em razão do pouco investimento e da falta de interesse dos órgãos governamentais.

Mediante a situação apresentada, surgiu a questão: é possível ampliar a durabilidade das vias utilizando-se o asfalto borracha? Em resposta a esta pergunta foi validada uma primeira hipótese levantada: o asfalto borracha possui uma resistência elevada, reduzindo significativamente o risco de surgir patologias, como no caso das trilhas de roda, e também diminui-se a ocorrência de aquaplanagem, e promove uma melhor frenagem e aderência dos pneus sobre o pavimento. Sendo estas vantagens inquestionáveis que o asfalto borracha tem mediante o pavimento asfáltico tradicionalmente usado no Brasil.

Outra hipótese validada refere-se ao fato de que além de ser vantajoso sobre os aspectos citados, o asfalto borracha contribui para que o meio ambiente seja preservado, no sentido de que evita-se que milhões de pneus sejam descartados discriminadamente de forma abundante na natureza; proporcionando uma finalidade plenamente sustentável a uma quantidade cada vez maior de pneus inservíveis.

O objetivo principal foi alcançado, visto que foi comprovada a viabilidade do asfalto borracha quando este é utilizado nas vias brasileiras, como recurso adequado na manutenção corretiva da camada de rolamento, na malha viária brasileira.

Conclui-se enfatizando que o uso do asfalto borracha nas camadas de rolamento, é eficaz e devidamente indicado considerando-se as suas propriedades e vantagens que são diversas frente ao asfalto tradicional comumente utilizado nas vias nacionais.

## REFERÊNCIAS

- BALBO, Jose Tadeu. **Pavimentação asfáltica**: Materiais, projeto e restauração. v. 1. 1 ed. 1 reimpressão. São Paulo: Oficina dos textos, 2007.
- BERNUCCI, L. L. B. et al. **Pavimentação asfáltico**: formação básica para engenheiros. 2008.
- BRASIL. Especificações para cimento asfáltico de petróleo (CAP). 1993. Apud. FONTANA FILHO, A. **Análise laboratorial de misturas asfálticas abertas usinadas a quente com a utilização de diferentes ligantes**. 2009.
- FONTANA FILHO, A. **Análise laboratorial de misturas asfálticas abertas usinadas a quente com a utilização de diferentes ligantes**. 148f. 2009. Monografia (Mestrado). Curso de Engenharia Geotécnica. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2009.
- IZIDORO, N. **Asfalto com borracha de pneu dura 30% mais que asfalto comum**. 2010. Disponível em: <[https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=asfalto-borracha-pneu&id=020125100615#.Xa4RGWZv\\_IU](https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=asfalto-borracha-pneu&id=020125100615#.Xa4RGWZv_IU)> Acesso em: 02 out. 2019.
- LACERDA, L. P. de. **Pneus descartados no Brasil - subsídios para uma reflexão sobre o problema na Bahia**. 59f. 2001. Monografia (Graduação). Curso de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2001.
- MENDES, C. B. A.; NUNES, F. R. **Asfalto borracha**: minimizando os impactos ambientais gerados pelo descarte de pneus inservíveis no meio ambiente. 2009. 73 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil. Faculdade Brasileira, Vitória, 2009.
- ODA, Sandra; NASCIMENTO, Luis Alberto Herrmann do; EDEL, Guilherme. **Aplicação de asfalto-borracha na Bahia**. 2005. Disponível em: <[http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0672\\_05.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0672_05.pdf)> Acesso em: 08 out. 2019.
- PINTO NETTO, Quincio. **Asfalto-borracha**: estudo do comportamento mecânico. 1 ed. São Paulo: Novas Edições Acadêmicas, 2018.
- PORTAL O NORTE. **Saiba como descartar de forma correta pneus velhos**. 2013. Disponível em: <<https://www.portalnorte.com.br/noticias/araguaina-59236-saiba-com-descartar-de-forma-correta-pneus-velhos/59236/>> Acesso em: 13 out. 2019.
- RAMALHO, A. V. F. **Uma análise dos benefícios com a utilização do asfalto borracha nas rodovias do Brasil**. 2009. 77f. Monografia (Graduação). Curso de Tecnologia em Logística com ênfase em transporte. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. São Paulo, 2009.

ROSA, Paulo. **Asfalto de borracha dura 40% mais**. 2009. Disponível em: <<http://estradas.com.br/asfalto-de-borracha-dura-40-mais/>> Acesso em: 11 out. 2019.

SILVA, Natanael Firmino da. et al. Asfalto de borracha: um destino adequado para pneus usados, promovendo benefícios ao meio ambiente e alternativas para pavimentos. **Rev. Cient. de Ciências Apl. da FAIP** - ISSN: 2525-8028 v. 5, n. 10, nov. 2018.

SOARES, R. A.; ASSIS, E. M. de. **O uso da borracha de pneus na pavimentação como uma alternativa ecologicamente viável**. 2012.