

**UNIVERSIDADE POTIGUAR - UnP
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MAYRON DENNIS NASCIMENTO DE FRANÇA

ASFALTO-BORRACHA: USO DO ASFALTO-BORRACHA NO BRASIL

**NATAL-RN
2023**

ASFALTO-BORRACHA: USO DO ASFALTO-BORRACHA NO BRASIL¹

RUBBER ASPHALT: USE OF RUBBER ASPHALT IN BRAZIL

Mayron Dennis Nascimento de França²
Claudia Patricia Torres Cruz³

RESUMO

O asfalto-borracha é um processo de pavimentação no qual é utilizado borracha de pneus triturados junto ao concreto asfalto para obtenção de um asfalto inovador e mais durável. O objetivo deste artigo é mostrar uma alternativa para reutilização de pneus que seria descartado na natureza sem ser reaproveitado da maneira correta assim contribuindo para a redução do descarte de pneus e diminuindo a necessidade de extração de petróleo, comparando de modo geral o uso do asfalto convencional x asfalto-borracha no Brasil. A metodologia aplicada neste artigo é uma revisão sistemática utilizando as principais bases de pesquisas sobre o tema asfalto-borracha. Após a análise foi constatado as vantagens do asfalto-borracha de pneus que seria inutilizáveis no asfalto-borracha em relação ao asfalto convencional, uma delas é a sua durabilidade, que pode ser até três vezes maior, isso significa que as estradas construídas com asfalto-borracha têm uma vida útil mais longa. Uma das principais desvantagens é o custo inicial mais elevado em comparação ao asfalto convencional. Isso acontece porque o processo de produção do asfalto-borracha é mais complexo e demanda equipamentos específicos, o que encarece o produto. Depois de analisar todos os benefícios do uso do asfalto-borracha, podemos concluir que essa é uma alternativa extremamente viável para melhorar as condições das nossas estradas. Além de ser mais resistente e durável, o asfalto-borracha também é mais sustentável e econômico a longo prazo.

Palavras-chave: Asfalto; Borracha; Reutilização; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Rubber asphalt is a paving process where rubber from shredded tires is used together with asphalt concrete to obtain an innovative and more durable asphalt. The objective of this article is to show an alternative to reuse tires that would be discarded in nature without being reused in the correct way thus contributing to the reduction of tire disposal and reducing the need for oil extraction, comparing in general the use of conventional asphalt x rubber asphalt in Brazil. The methodology applied in this article is a systematic review using the main research bases on the topic of rubber asphalt. After the analysis it was found the advantages of rubber asphalt from tires that would be unusable in the rubber asphalt compared to conventional asphalt, one is its durability, which can be up to three times higher, this means that roads built with rubber asphalt have a longer life. One of the main disadvantages is the higher initial cost compared to conventional asphalt. This is because the production process for rubber

¹ Artigo apresentado à Universidade Potiguar, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, em 2023.

² Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar. E-mail: mayron.dennis.md96@gmail.com

³ Doutora em Física da Matéria Condensada e docente da Universidade Potiguar. E-mail: claudiacruz@unp.br

asphalt is more complex and requires specific equipment, which makes the product more expensive. After analyzing all the benefits of using rubber asphalt, we can conclude that this is an extremely viable alternative to improve the conditions of our roads. In addition to being more resistant and durable, rubber asphalt is also more sustainable and economical in the long term.

Key words: Asphalt; Rubber; Reuse; Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, pelo menos 450 mil toneladas de pneus são descartadas por ano. Isso equivale a cerca de 90 milhões de unidades utilizadas em carros de passeio, caminhões, entre outros tipos de veículos, onde trafegam principalmente em rodovias que são usadas para transportar 62% das cargas no país e 96% dos transportes de passageiros. Quanto ao descarte, é feito de forma errada, em muitas das vezes os pneus se tornam um problema para o meio ambiente. Eles demoram em média 600 anos para se decomporem na natureza e podem, inclusive, se tornarem criadouros do mosquito *Aedes aegypti*, o transmissor da dengue, Zika e da Chikungunya (SEST; SENAT, 2022).

Para reduzir os danos ambientais provocados pelo descarte de pneus que ultrapassaram o seu período de vida útil foi instituída no Brasil, pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a Resolução nº301/2002, que exige dos fabricantes a destinação adequada de 100% dos pneus que entrar no mercado de reposição. Em 2017, numa obra de restauração da BR-040/RJ, foi possível transportar a massa asfáltica borracha, um avanço na área no Brasil (Pinto, 2017).

A borracha processada pode ser utilizada em várias áreas e uma delas é no asfalto-borracha ou asfalto ecológico onde foi normalizada no Brasil em 2009 pelo Departamento Nacional de infraestrutura de Transporte (DNIT).

O uso do asfalto-borracha traz uma redução das distâncias de frenagem sob chuva, redução dos riscos de hidroplanagem, aumento da distância de visibilidade e diminuição da projeção de água – spray – (DUMKE et al, 2005).

De acordo com Douglas Pereira (2018), o asfalto-borracha melhora no desempenho, prolonga a vida útil do asfalto e o aparecimento de rachaduras demora mais para surgir. O uso desse tipo de material tem um menor desgaste e uma menor manutenção (LUAN e OTAVIO, 2018).

Pode-se compreender como uma desvantagem para o uso do asfalto-borracha o fato de exigir um investimento inicial maior do que o asfalto convencional, pois para

utilização do primeiro tem-se um custo de 20% a 25% maior do que para o segundo. Uma pesquisa realizada pela empresa Greca Asfalto, no estudo do Ecoflez (2009), apontou que o custo da produção asfáltica por tonelada é equivalente a R\$ 200,00 (duzentos reais) para o convencional e R\$ 230,00 (duzentos e trinta reais) para o asfalto-borracha.

O objetivo deste artigo é fazer uma revisão sistemática sobre o tema asfalto-borracha e seu uso no Brasil, apresentando as vantagens e desvantagens da utilização nas rodovias e estradas brasileiras e como surgiu a ideia do uso desse tipo de asfalto, os aspectos ecológicos e econômicos.

2 METODOLOGIA

Este artigo foi realizado em três etapas conforme ilustrado no fluxograma da Figura 1, a seguir.

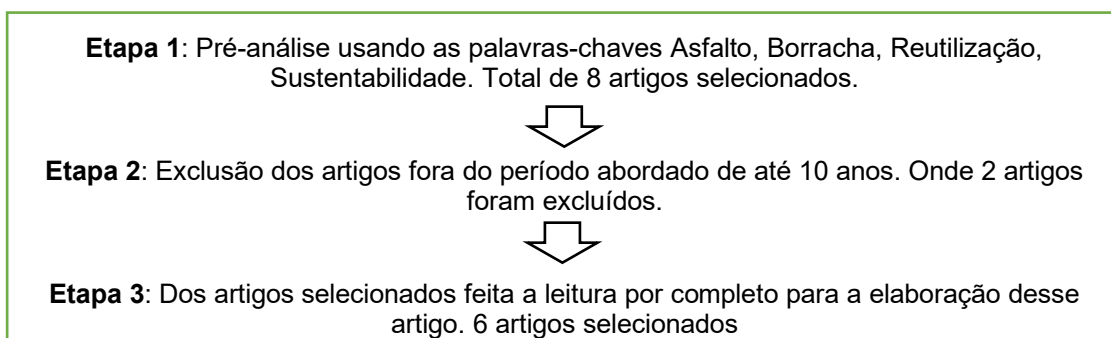
A abordagem metodológica utilizada neste trabalho foi uma revisão sistemática, a qual objetiva localizar e sintetizar a literatura sobre um tema, por meio de procedimentos organizados e replicáveis em cada etapa do processo.

Na primeira etapa foi realizada uma revisão sistemática utilizando bases de dados como a Scielo, Capes e o *Google* acadêmico. Nesta análise foram pesquisados artigos, teses, monografias com as seguintes palavras-chave: Asfalto, Borracha, Reutilização e Sustentabilidade.

Na segunda etapa foi feita a exclusão dos artigos fora do período de pesquisa, que foi dos últimos 10 (dez) anos. Por fim, na terceira etapa, dos artigos selecionados foi feita a leitura completa objetivando a elaboração deste.

No fluxograma da Figura 1, verifica-se o processo de análise dos artigos, mostrando o passo a passo da seleção dos artigos finais.

Figura 1 – Processo de análise dos artigos



Fonte: Autor, 2023.

No Fluxograma 2, verifica-se os títulos dos artigos e os anos das respectivas publicações, tendo sido critério de exclusão para se chegar ao resultado final.

Figura 2 – Artigos selecionados na pesquisa.

Título dos artigos	Ano da publicação	Exclusão (sim/não) mais de 10 anos	Referência
Concreto asfáltico drenante com febras de celulose, ligante modificado por polímero e asfalto-borracha.	2005	SIM	PEDRO, 2005.
Realização e acompanhamento de dois trechos experimentais com asfalto-borracha no estado do Ceará.	2005	SIM	PINHEIRO, SOARES, 2005.
Estudo das vantagens do asfalto-borracha em relação ao asfalto convencional.	2018	NÃO	HONÓRIO, CORREIA, 2018.
Utilização do asfalto-borracha em relação ao asfalto convencional.	2017	NÃO	SANTOS, SILVA, BERTEQUINI, 2017.
Análise de viabilidade do asfalto-borracha para pavimentos flexíveis.	2022	NÃO	SANTOS, 2022.
Análise da utilização do asfalto-borracha na pavimentação como uma solução técnica e sustentável.	2021	NÃO	SOUZA, MATA, GUEDES, 2021.
Asfalto com adição de borracha de pneus inutilizados.	2018	NÃO	OVIEDO, 2018.
Viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha.	2016	NÃO	ZATARIN, SILVA, ANEMAM, BARROS, CHRISOSTOMO, 2016.

Fonte: Autor, 2023.

3 REVISÃO SISTEMÁTICA

3.1 ASFALTO-BORRACHA

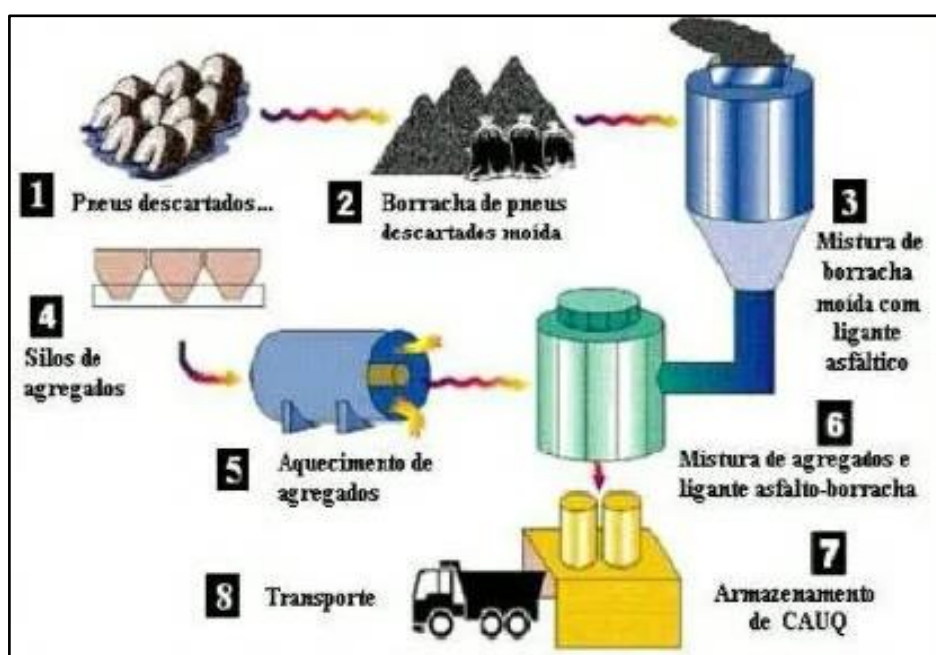
Segundo Luan e Otavio (2018), “O asfalto-borracha surgiu em 1940 pela Companhia de Reciclagem de Borracha, U.S. *Ruber Reclaiming Company*” (WICKBOLDT, 2005). O produto passou por testes rigorosos por alguns anos e mostrou ser cerca de 40% mais resistente que o asfalto convencional. O asfalto-borracha é um revestimento de pavimento constituído de cerca de 14% de pó de pneu moído por pertencer à linha de asfaltos modificados também conhecido como AMB – asfalto modificado por borracha. A borracha que, antes seria descartada de qualquer jeito, passa a ser utilizada na forma de ligante asfalto-borracha, empregada nas atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos como selante de juntas e trincas, sendo recomendado tanto para pavimentos rígidos quanto flexíveis.

A faixa seladora de borracha asfáltica utiliza em torno de 1000 pneus por km selado de estradas de duas pistas, já no sistema árido, a utilização é maior, girando em torno de 4.500 e 7.500 pneus por km de estrada de duas pistas (GRECA ASFALTOS, 2011).

Para que a borracha dos pneus possa ser incorporada no asfalto é necessário que ela seja triturada e separada do aço presente na sua composição, após ser triturada a borracha passa por outro processo, o da granulação que a transforma em partículas com, aproximadamente, o diâmetro de 1,5mm a 3mm. A Figura 1 demonstra como é produzido o asfalto-borracha.

O processo de produção do asfalto-borracha é dividido em 7 etapas. De acordo com a Figura 3: na etapa 1, pneus inservíveis são descartados; na etapa 2, a borracha de pneus será moída até chegar a um pó de borracha de aproximadamente 1,5 mm a 3 mm; na etapa 3, o pó de borracha é misturado ao ligante asfalto CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo); na etapa 4, nos silos de agregados são postos para serem aquecidos; na etapa 5, os agregados são aquecidos em um tonel a, aproximadamente, 180°C; na etapa 6, a mistura do ligante asfalto com a borracha em pó e os agregados previamente aquecidos são postos em um tanque de mistura; na etapa 7, armazenamento do asfalto-borracha; na etapa 8, o transporte para a obra onde será utilizado.

Figura 3 – Processo de mistura estocável do asfalto de borracha.



Fonte: Adaptada de Mendes e Nunes, 2009.

3.2 O uso do asfalto-borracha no mundo

No mundo, o asfalto modificado com borracha, vem sendo utilizado desde o ano 1940, um exemplo notório dos adeptos do produto são os Estados Unidos da América (EUA) onde, aproximadamente, 70% da malha viária é desse tipo de material, daí se espalhou para o mundo, como uma solução ecológica e sustentável.

Segundo Pinto (2018), a produção do asfalto-borracha em 1985 era em torno de 900 toneladas/ano e em 2011 saltou para 37.000 toneladas/ano. A Figura 4, abaixo, destaca as percentagens de utilização do asfalto-borracha em alguns países pelo mundo, de continentes distintos como América e Europa.

Figura 4 – Percentagens do asfalto-borracha em alguns países



Fonte: Asfalto de qualidade, 2015.

Tomando por base a figura acima, na Europa 93% das rodovias são pavimentadas, correspondendo assim na região com maior percentagem no mundo. Já a Angola é o país que apresenta a menor, dentre os países demonstrados, com apenas 10% das rodovias pavimentadas. Os EUA apresentam 65% das rodovias pavimentadas e o Brasil, para efeito de comparação, só possui 12% pavimentado, sendo que boa parte desses 12% necessita de manutenção, conforme está demonstrado na Imagem 1, a seguir.

Imagem 1 – Trecho da rodovia RN-117 que dá acesso a Tenente Ananias.



Fonte: Autor, 2023.

A necessidade de manutenção nas rodovias brasileiras é evidenciada nas Imagens 1 e 1.1. A primeira é uma fotografia de determinado trecho da Rodovia RN-117, que dá acesso ao município de Tenente Ananias-RN. A segunda da RN-203, acesso a cidade de São Tomé-RN, ambas em estado crítico.

Imagem 1.1 – Trecho da RN-203 que dá acesso a São Tomé-RN



Fonte: Autor, 2023.

A Imagem 1.2, abaixo, é uma fotografia recente da RN-041, trecho que dá acesso ao Município de Guimarães, um dos municípios mais importantes para o Estado do Rio Grande do Norte, em termos econômicos, onde, provavelmente, seria muito útil e vantajosa a implementação do asfalto-borracha.

Imagem 1.2 – Trecho da RN-041, dá acesso a Guimarães.



Fonte: Autor, 2023.

A partir dessa amostra de imagens, pode-se inferir, considerando o percentual acima destacado, as condições e situação de grande parte das estradas brasileiras.

3.3 O uso do asfalto-borracha no Brasil

No Brasil o uso do asfalto-borracha em pavimentação foi aprovado em 1999, através da Resolução nº 258, de 26 de agosto de 1999, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Observa-se na Tabela 1, a destinação dos pneus inutilizáveis no Brasil. Foi verificado que desde o ano de 2011 até o ano de 2019 foi destinado para reciclagem, pelas fabricantes, um percentual de 103,29% dos pneus.

Tabela 1 – Meta de destinação Nacional

Percentuais alcançados pelos fabricantes de pneus no Brasil				
ANO	META (t)	DESTINAÇÃO (t)	CUMPRIMENTO (%)	VOLUME EXCEDENTE (t)
2011	280.119,09	285.138,58	101,79	5.019,49
2012	301.152,88	317.150,53	105,31	15.997,65
2013	352.756,79	377.212,84	106,93	24.456,05
2014	378.086,32	404.491,60	106,98	26.405,28
2015	412.327,46	417.132,63	101,17	4.805,17
2016	404.022,40	404.382,13	100,09	359,73
2017	442.929,21	450.792,99	101,78	7.863,78
2018	426.393,51	446.988,93	104,83	20.595,42
2019	429.994,72	437.401,90	101,72	7.407,18
2020	-	-	-	-
TOTAL	3.427.782,3	3.540.692,13	103,29	112.909,75

Fonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) -
Elaboração Reciclanip

“[...] No Brasil, o processo úmido vem sendo adotado pela tecnologia terminal *blend*. O ligante é modificado em reatores específicos em fábricas de emulsões e de asfaltos borrachas modificados, por meio da incorporação de borracha finamente granulada ao asfalto e aditivos 21 (óleos extensores, por exemplo). O processo é controlado para atingir especificações que possibilitem a estocagem do asfalto-borracha tendo o intuito de preservar boa qualidade ao cimento asfáltico (PINTO; PINTO, 2018)”. HONÓRIO., CORREIA. (2018). Pág. 20.

Observa-se na Tabela 2, os custos por tonelada da produção do asfalto. No que tange ao Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), percebe-se um valor menor que o CBUQ com asfalto-borracha.

Tabela 2 – Comparação do revestimento CBUQ Convencional x revestimento CBUQ com asfalto-borracha

CBUQ com CAP 50/70	R\$ 200,00 por tonelada
CBUQ com Asfalto-borracha	R\$ 230,00 por tonelada

Fonte: Greca Asfalto, 2009.

Esse tipo de asfalto foi adotado no Brasil em 2001, na rodovia BR-116, Estado do Rio Grande do Sul, trecho Guaíba-Camaquã, sendo a pioneira na utilização do material. Mais adiante, também foi adotado em outros estados, como por exemplo, nos trechos das rodovias BR-470, Vale do Itajaí; SC-423, em Rio do Campo; e SC-478, em Timbó Grande. Na capital do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, toda a Avenida Beira Mar Norte foi pavimentada com asfalto-borracha. Em Garopaba, na Rodovia SC-434 também foi utilizado na revitalização do trecho.

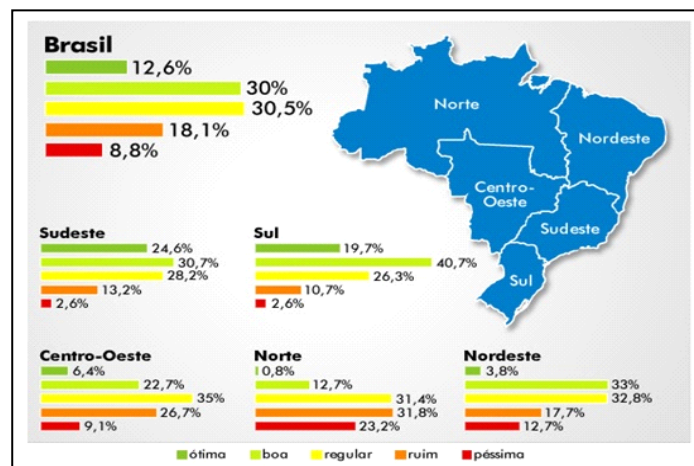
São José dos Campos, uma das principais cidades do interior de São Paulo, teve a maior obra rodoviária de sua história realizada com esse material, quase 9 km da Via Cambuí foram construídos com o asfalto modificado com borracha. Mais um exemplo fica na região Norte, no Estado do Tocantins, teve um trecho de cerca de 3 km da BR-153 que o usou na construção, com um tráfego de 8 a 10 mil veículos por dia, o trecho, em Crixás do Tocantins, foi um dos primeiros da região.

“[...] Outro exemplo claro quanto à aplicação de massa asfáltica borracha no Brasil foi citado por Cordeiro e Pinto (2017) na obra da BR BR-040/RJ, sob administração da CON CER, a qual foi realizada restauração dos quilômetros 45 e 64, na região de Itaipava (RJ). A empresa transportou asfalto-borracha até o canteiro de

obras a uma temperatura entre 175 °C e 180 °C. Para manter a homogeneidade do ligante, os tanques das carretas-tanque foram dotados de agitadores e bomba de asfalto de alto desempenho para o constante bombeamento e agitação do ligante, com isolamento térmico. O caminhão possuía um “mecanismo” para manter o ligante em constante movimento, com a finalidade de evitar a sedimentação da borracha introduzida no asfalto” (Pág. 24, HONÓRIO, CORREIA, 2018).

Na Figura 5, verifica-se o estado das rodovias no Brasil, a qual apresenta algumas discrepâncias entre as Unidades Federativas. Nessa, pode-se perceber que a região Sudeste tem a maior percentagem de ótimas rodovias (24,6%), seguida pela região Sul (19,7%); já a região Norte tem o pior percentual do país com apenas 0,8%, seguida pela segunda pior, a Nordeste, com tímidos 3,8% de rodovias pavimentadas.

Figura 5 – Percentagem das rodovias pavimentadas no Brasil.



Fonte: Pesquisa da Confederação Nacional dos Transportes (CNT), 2023.

3.4 Vantagens e desvantagens do uso do asfalto-borracha

3.4.1 Vantagens

Um dos principais aspectos no início da fabricação do asfalto modificado com borracha como meio alternativo para melhorar algumas características do asfalto convencional, foi o estudo da viabilidade econômica, trazendo a comparação de gastos na produção de ambos os asfaltos, que enfatizou para além dos aspectos técnicos, indicando pontos que tornam a modificação do asfalto com borracha mais vantajosa financeiramente.

Na Figura 6, identifica-se uma comparação de manutenção e execução que teve um custo de 11,69% maior para o asfalto convencional em um período de 7 anos.

Figura 6 – Comparação dos custos do asfalto convencional x asfalto-borracha (ecoflex).

GRANDEZAS	CÁLCULO	UNIDADE	TIPO DE ASFALTO		
			CAP 50/70	ASFALTO BORRACHA (ECOFLEX)	
A	Execução do pavimento com preparo de base em extensão	-	m	200	200
B	Custo de execução do pavimento com preparo de base	-	R\$/m ²	46,66	77,22
C	Manutenção do pavimento no período de 7 anos	-	% m ²	70%	10%
D	Custo geral da manutenção do pavimento	-	R\$/m ²	67,30	67,30
E	Percentual de Custo Manutenção do pavimento	C x D	R\$/m ³	47,11	6,73
E	Custo de execução + manutenção do pavimento	B + E	R\$/m ²	93,77	83,95

Fonte: SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, 2012.

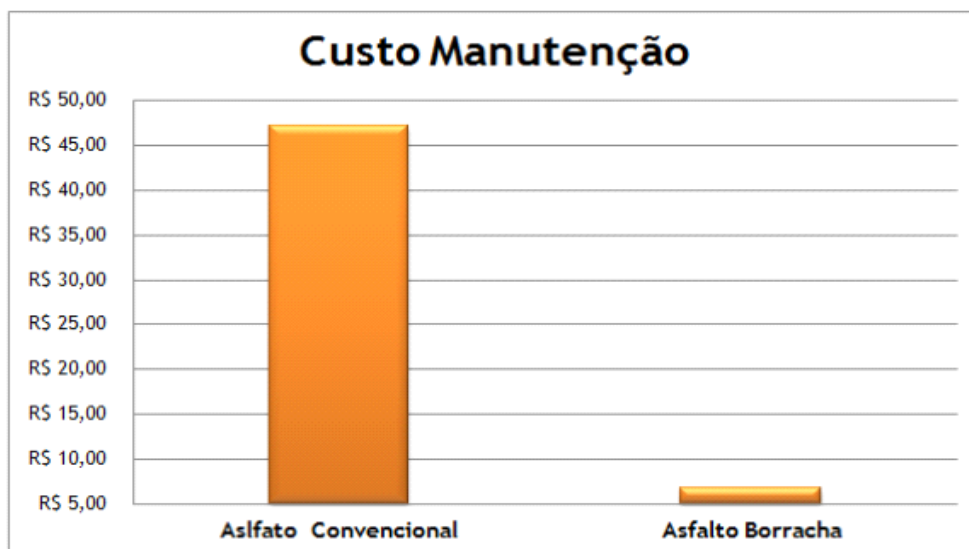
Sob a ótica ambiental é possível apresentar pontos positivos e negativos. “[...] Os pontos abordados a seguir, demonstram algumas características que tratam da comparação da viabilidade ambiental tanto no processo de reuso dos pneus descartados, como na produção do asfalto modificado que possui em seu processo de fabricação, métodos que são prejudiciais ao meio ambiente, assim como no asfalto convencional” (Pág. 11, RODRIGUES; PAES; SILVA, 2019).

Como ponto positivo, pode-se citar a economia dos recursos naturais, proporcionada pela reciclagem dos pneus, pelo menor uso de combustíveis não renováveis (ex.: carvão, óleo) devido ao poder calorífico do pneu (SANTOS; BOTINHA; LEAL, 2013). Bem como, pela redução da demanda de petróleo e asfalto ao substituir uma parte do asfalto por borracha, além de ter uma maior durabilidade e maior vida útil, reduzindo manutenções (NOHARA, et al., 2005).

É importante ressaltar também que os riscos de incêndios e desastres ambientais seriam reduzidos em função do uso desse tipo de material asfáltico. De acordo com Beduschi (2014), esses problemas são derivados dos descartes dos pneus em locais irregulares assim podendo obstruir rios e lagos, além de ficarem expostos em solo sofrendo degradação.

A Figura 7, a seguir, demonstra os valores dos custos de manutenção, por meio de um demonstrativo de comparação no que tange ao custo de manutenção do asfalto convencional e asfalto-borracha.

Figura 7 – Demonstrativo do custo de manutenção.



Fonte: SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, 2012.

Respalhando-se na figura 7, identifica-se um custo entre R\$ 45,00 a R\$ 50,00 para o asfalto convencional, e entre R\$ 5,00 a R\$ 10,00 para o asfalto-borracha. Ficando assim, notadamente demonstrando, a diferença minorada entre os valores, sendo muito mais baixo o custo de manutenção para o asfalto-borracha.

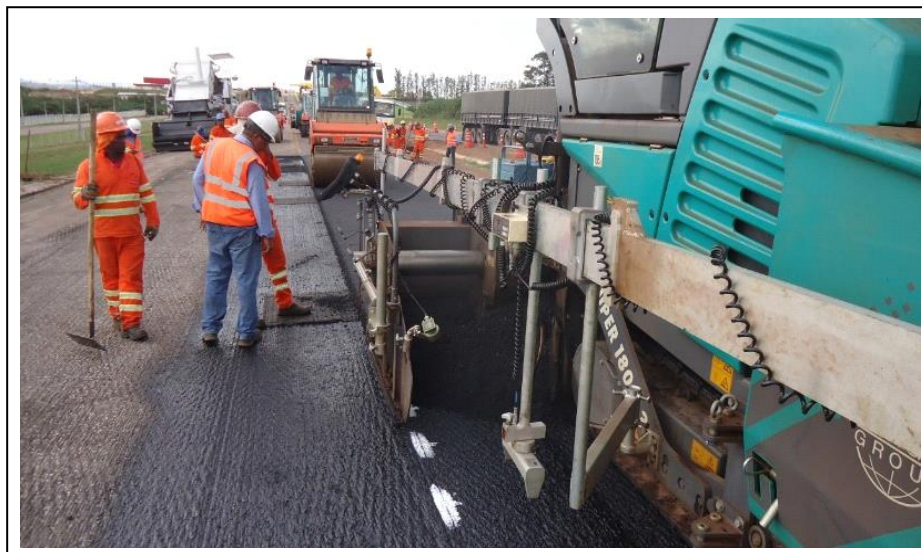
3.4.2 Desvantagens

Um dos pontos negativos é o aumento da emissão de gases poluentes que podem ser mutagênicos e cancerígenos, nocivos à saúde humana. O forte odor provocado pela digestão da borracha no processo de modificação do CAP (Cimento Asfalto de Petróleo) com borracha e na aplicação do produto na pista, a emissão de fumaça gerada pelo uso de altas temperaturas na fabricação do asfalto modificado.

O asfalto-borracha para ser produzido tem um custo maior de 20% a 25% quando feita a comparação com o convencional.

A Imagem 2, demonstra a aplicação do asfalto-borracha. É perceptível que muitos funcionários estão respirando os gases, possivelmente moradores, pedestres que trafegam próximo ao canteiro também poderiam respirar os gases nocivos à saúde humana, conforme anteriormente citado.

Imagem 2 – Aplicação do asfalto-borracha na rodovia.



Fonte: Asfalto de qualidade, 2015.

4 CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo é demonstrar os principais aspectos acerca da aplicação do asfalto-borracha no Brasil, comparando com os avanços obtidos nos últimos 10 (dez) anos pelo mundo com o asfalto convencional, que é o mais utilizado no país.

Essa demonstração perpassou pontos como os custos de produção e de manutenção, considerando melhorias na malha viária brasileira, aumentando a porcentagem de rodovias pavimentadas, tendo em vista ter um custo menor de manutenção, reduzindo os gastos e aproveitando de forma mais eficaz e efetiva a verba destinada às obras asfálticas, aumentando a extensão do trecho pavimentado.

De acordo com os resultados das comparações dos estudos apresentados, foi possível concluir a viabilidade do asfalto-borracha, sendo economicamente viável, ecologicamente sustentável e tecnicamente mais durável.

A figura 7, neste estudo, destaca a efetividade no custo de manutenção mais baixo do asfalto-borracha, tomando por base um país como o Brasil que demanda bastante manutenção de rodovias e estradas, afirmação que pode ser corroborada pelos dados constantes na figura 5. Melhoria à economia e à locomoção da população em geral, seriam pontos relevantes a serem considerados, visando a ampliação do uso desse tipo de asfalto nos trechos rodoviários brasileiros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2011. 74 p. Acesso em 22 de maio de 2023.

GRECA ASFALTOS. **Linha ECOFLEXPAVE**. 2019. Disponível em: http://www.flaxpave.com.br/leiamais_ecoflex/13_estudo_ecoflex_2009.pdf. Acesso em 24 de maio de 2023.

HONÓRIO, CORREIA. (2018). **Estudo das vantagens do asfalto-borracha em relação ao asfalto convencional**. Trabalho de Conclusão do Curso. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/100>. Acesso em 23 de maio de 2023.

JULIANO. **Asfalto de qualidade: rodovias pavimentadas e não-pavimentadas no Brasil: a saída pelas concessões**. Blogger. Quinta, 30 de julho de 2015. Disponível em: <http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2015/>. Acesso em 23 de maio 2023.

OVIEDO, Douglas Pereira. **Asphalt with rubber addition of unusable tires**. 2018. Número total de folhas 33. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Uniderp, Campo Grande, 2018. Disponível em : <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/asfalto-com-adicao-de-borracha-de-pneus-inutilizados.htm>. Acesso em 24 de maio de 2023.

PEDRO. (2005). **Concreto asfáltico drenante com fibras de celulose, ligante modificado por polímero e asfalto-borracha**. Florianópolis, SC, 2005, 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/103024>. Acesso em 24 de maio de 2023.

PINHEIRO, Jorge Henrique Magalhães; SOARES, Jorge Barbosa. (2005). **Realização e acompanhamento de dois trechos experimentais com asfalto-borracha no Estado do Ceará**. Transportes, São Paulo-SP, v. 13, n. 1, p. 57-66, 2005 Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/58846>. Acesso em 24 de maio de 2023.

RODRIGUES, PAES, ; SILVA, . **Análise do Asfalto-borracha na Pavimentação no Brasil: Uma revisão de literatura**. 2019. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/bitstream/handle/10899/29291/Barbara%20Sarabia%20Rodrigues%20-%20protegido.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 23 de maio de 2023.

SANTOS, Daiane Xavier dos, SILVA, Fernanda Rosante da, BERTEQUINI, Aline Botini Tavares.(2017). **Utilização do asfalto-borracha em relação ao asfalto convencional**. Trabalho de Conclusão do Curso. Disponível em: <http://www.unitoledo.br/repositorio/handle/7574/236>. Acesso em 23 de maio de 2023.

SANTOS, W. R. (2022). **Análise de viabilidade do asfalto-borracha para pavimentos flexíveis**. Trabalho de Conclusão do Curso. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/23436>. Acesso em 23 de maio de 2023.

SOUZA, Iago Nascimento Ribeiro Teixeira de. MATA, Mauro Sérgio Santos da. GUEDES, Rudgero Oliveira. **Análise da utilização do asfalto-borracha na pavimentação como uma solução técnica e sustentável**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 06, Ed. 12, Vol. 04, pp. 05-19. dezembro de 2021. ISSN: 2448-0959, Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/asfalto-borracha>. Acesso em 22 de maio de 2023.

ZATARIN, A. P. M., Silva, A. L. F. da, Anemam, L. dos S., Barros, M. R., & Chrisostomo, W. (2016). **Viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha**. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 5(2), 649–674. Disponível em: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v5e22016649-674>. Acesso em 22 de maio de 2023.