

UTILIZAÇÃO DO CONCRETO BORRACHA NA PAVIMENTAÇÃO ASFALTICA BRASILEIRA

Ketlyn Fronza¹

Profº Esp. Engº Civil e Engº de Segurança do Trabalho Ademir Martine Júnior ²

RESUMO

A rodovia no Brasil é um tema cada vez mais importante, visto as condições nas quais se encontram as vias de trânsito, dada ainda aos números altos de acidentes existentes, no qual despertou a preocupação das pessoas, diante as manutenções, sinalizações, reparos e vida útil do pavimento. Portanto, em comparação com o asfalto tradicional, o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) Modificado com BMP (Borracha moída de Pneu), também conhecido como asfalto borracha, está gradualmente se tornando um pavimento asfáltico alternativo com maior durabilidade além dos benefícios encontrados para tal. Mediante tal cenário, o objetivo deste artigo é estudar o CBUQ Modificado pela BMP para demonstrar o benefício relacionado aos revestimentos asfalto já utilizado na implantação de rodovias no país. Foi realizado um estudo bibliográfico sobre a fabricação, utilização, execução e rentabilidade do asfalto borracha utilizado nas rodovias. Conclui-se ao final do estudo a relevância, bem como a importância e os benefícios da troca da pavimentação com o BMP, além de contribuir para o meio ambiente, provocando menos danos e impactos de acidentes.

Palavra-chave: Pavimentação. Asfalto borracha. Sustentabilidade.

¹ Graduando do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas do Vale do São Lourenço – EDUVALE. Jaciara – MT. E-mail: ketlyn_fronza@hotmail.com

² Orientador. Docente do curso de Engenharia Civil da faculdade de Ciências Sociais Aplicadas do Vale do São Lourenço – EDUVALE. Jaciara – MT. E-mail: ademir@eduvalesl.edu.br

ABSTRACT

The state of the road network in Brazil is an increasingly important theme, given the conditions in which the expressways are found, also given to the high numbers of existing accidents, in which it aroused people's concerns, given the maintenance, signs, repairs and floor life. Therefore, compared to traditional asphalt, CBUQ (Hot Machined Bituminous Concrete) Modified with BMP (Ground Tire Rubber), also known as rubber asphalt, is gradually becoming an alternative asphalt pavement with greater durability beyond the benefits found for this. Through this scenario, the objective of this article is to study the CBUQ Modified by BMP to demonstrate the benefit related to asphalt coatings already used in the implementation of highways in the country. The bibliographic study was conducted on the manufacture, use, execution and profitability of rubber asphalt used on highways. At the end of the study, the relevance, as well as the importance and benefits of the exchange of paving with the BMP, besides contributing to the environment, causing less damage and negative impacts, was concluded.

Keyword: Paving. Asphalt rubber. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A função do esforço coletividade de técnica do DNER (Departamento Nacional de Estruturas de Rodagem) deu origem a primeira edição do manual de pavimentação no ano de 1960.

A legislação ambiental brasileira aprovou em agosto de 1999, a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) de nº 258, na qual exige que os fabricantes e importadores de pneus sejam responsáveis pela coleta e destinação adequada desse material (BRASIL, 2009).

A legitimidade dessa exigência está fundamentada na Lei nº 6.938, de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, que criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente e lhe deu suas atribuições. A Lei e o Decreto referido, por sua vez, estão fundamentados no conteúdo dos artigos 23, inciso VI e VII e 235 da Constituição Federal (BRASIL, 2009).

A conclusão de obter a partir da combinação entre pó de borracha e pneus e ligante asfáltico, deu-se o asfalto ecológico que é considerado uma boa alternativa para conciliar o desenvolvimento urbano com a preservação ambiental. A produção do asfalto ecológico começa a partir da captação de pneus que seria descartado no meio ambiente. Esta ação, por si só, já representa um considerável avanço para a proteção ecológica, pois garante a reciclagem dos pneus e evita que grandes quantidades de lixo se acumulem na natureza (BRASIL, 2009).

Baseado nas informações, este artigo tem como objetivo avaliar os estudos realizados sobre as vantagens e desvantagens dos benefícios de resíduos de borracha de pneu na fabricação de concretos para utilização em pavimentação asfáltica. O objetivos específicos deste artigo é desenvolver pesquisas que desenvolvem o uso da borracha reciclada como agregação no concreto; tipos de pavimentos e concreto usinado betuminoso quente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

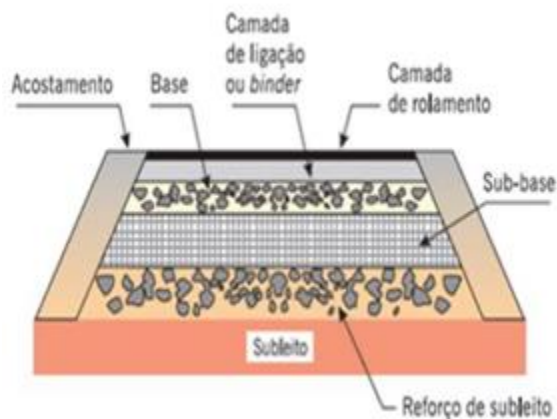
O artigo se apropriou de uma pesquisa bibliográfica, artigos, sites, normas regulamentadas, google acadêmico, no objetivo de oferecer uma solução ecológica e sustentável para operação do asfalto borracha, avaliando e comparando o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado à Quente) com as propriedades do concreto borracha na pavimentação asfáltica brasileira.

3 RESULTADOS E DISCUÇÕES

3.1 Quais os tipos de pavimentação?

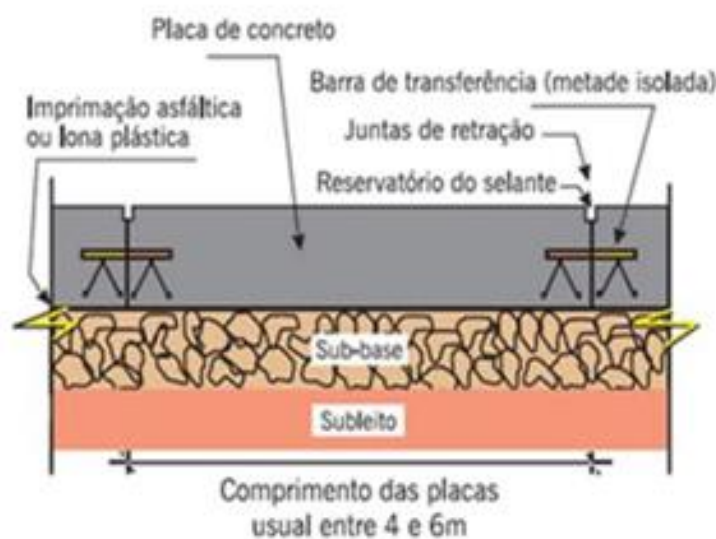
- Flexível – são camadas sofrem alterações elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas..
Exemplo: pavimentos constituído por uma base de brita(brita graduada, macadame)ou por uma camada asfáltica.
- Semirrígido – caracteriza-se por uma base acimentada por algum aglutinante com propriedades cimenticias. Exemplo: base de solo cimento, revestida por uma camada asfáltica.
- Rígido – este revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores, então absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo: pavimentos com base de concreto compactado a rolo, revestida por pavimento de concreto de cimento portland.

Figura 1 - Pavimento Flexível



Fonte: Bernucci (2010)

Figura 2 - Pavimentos Rígidos



Fonte: Bernucci (2010)

O trabalho tende destacar a reutilização de pneus na produção de massa asfáltica, de asfalto de borracha, na construção civil na qual se torna cada vez mais comum na pavimentação dando grandes manifestações e flexibilidade na produção de reutilização de pneus, vale destacar também porque é pouco aplicado no Brasil. Esse procedimento surgiu de forma inovadora em prol de se melhorar as estradas brasileiras e mundiais com materias recicláveis, ambientalmente correta e gerando menor custo de manutenção nas rodovias federais e nas estaduais (SILVA e COELHO, 2018).

Inicialmente foi empregado em atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos, como secante de juntas e trincas, sendo recomendado tanto para pavimentos rígidos quanto flexível a outros elementos podem ser empregados na produção do ligante asfalto-borracha, tais como óleos extensores, diluentes, dispersantes e outros, visando conferir ao produto final propriedades específicas (maior estabilidade, ajuste da viscosidade, aumento da aditividade, melhoria das condições elásticas etc...) (SILVA e COELHO, 2018).

Em busca de um pavimento menos sensível e com alta resistência, maior flexibilidade e coesão e com sua composição surge o concreto borracha na pavimentação asfáltica, desenvolvido para melhorar o pavimento e os problemas ocasionados por milhões de pneus descartados erroneamente no ambiente (SILVA e COELHO, 2018).

Figura 3 - Pavimentação com recapeamento em concreto asfáltico com ligante de borracha em Curitiba



Fonte: Sanches (2011)

3.2 Quando surgiu o concreto borracha na pavimentação asfáltica

Foi descoberto no ano de 1845, por Charles Goodyear, nos Estados Unidos, de forma casual, no qual o mesmo descobriu o processo de vulcanização quando deixou cair borracha e enxofre no fogão. A primeira aplicação prática da invenção foi a do seu uso na fabricação de rodas de carroças e carruagens. A borracha demonstrou que, além de ser mais resistente e mais durável, absorve melhor o impacto das rodas no solo, o que tornou o transporte mais confortável e funcional. Eliminou os ruídos resultantes do uso das rodas de ferro e madeira, uma fonte de poluição sonora que incomodava a população das cidades maiores, como São Paulo, da época. Com a substituição das carroças e carruagens pelo automóvel no século seguinte, cresce a importância dos pneus de borracha

. A indústria de pneus cresce junto com a indústria de automóvel, chegando hoje, no mundo, com a produção de 730.000.000 de pneus, ao mesmo tempo em que 800.000.000 são transformados em sucata por ano. No Brasil, são produzidos, nos tempos atuais, cerca de 32.000.000 de pneus. Um terço dessa produção é exportado para 85 países, ficando no Brasil os outros dois terços. Desses, cerca de 20.000.000 são transformados em sucata, por ano, aumentando o estoque de pneus velhos estocados, atualmente estimados em cerca de 45.000.000 (MARIANO, 2015).

Conjectura-se que o Brasil gere 30 milhões de pneus inservíveis por ano. Parte desses pneus acaba sendo enviados a depósitos clandestinos, causadores de poluição ambiental e até mesmo de algumas patologias. Porém, com o desenvolvimento de novas tecnologias é possível utilizar esses pneus como borracha pulverizada, que pode ser utilizada como matéria-prima modificadora dos asfaltos habituais. Esta modificação obtida é de grande benefício para melhoria do ligante e para que se tenha uma durabilidade maior das estradas brasileiras. (MARTINS, 2015)

A construção, o melhoramento e a necessidade por um melhor asfalto é determinada por impactos usuais, construtivos e condições climáticas. Como consequência o alto custo de manutenção a cada ano se torna um problema grave nas rodovias brasileiras. Em busca de um pavimento menos sensível e com alta resistência, maior flexibilidade e coesão e com sua composição surge o concreto borracha na pavimentação asfáltica que nos traz uma melhor pavimentação e os problemas ocasionados por milhões de pneus descartados que são jogados nas beiras das rodovias esses que causam o risco para o nosso meio ambiente (MARIANO, 2015).

Os grupos da engenharia civil se reuniram em um congresso para discutir junto com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução nº258/9 de 26 de agosto de 1999, sobre o descarte de pneus, nessa reunião ficou decidido que proibem as empresas, fabricantes e as importadoras pneumáticas o descarte de forma desordenada dos pneus inservíveis no meio ambiente sem uma destinação final adequada. Desde 1999 já foram reciclados no Brasil aproximadamente 200 milhões de pneus. Com o passar dos anos e a evolução das tecnologias vem aumentando o número de pneus reutilizados (BRASIL, 2009).

No Brasil, a Resolução nº 258 do CONAMA determinou que, a partir de 1º de Janeiro de 2002, os fabricantes e as empresas que importam pneus passaram a ser responsáveis pela coleta e destinação final, de forma ambiental pertinente, aos pneus inservíveis que existem no território brasileiro, na intensidade relativa às quantidades fabricadas e importadas (MARTINS, 2004).

No Brasil, a Resolução nos 258 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA determina que, a partir de 1º de janeiro de 2002, as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final, ambientalmente adequada, aos pneus inservíveis existentes no território nacional, na proporção relativa às quantidades fabricadas e/ou importadas. Inicialmente, para cada quatro pneus novos fabricados no Brasil ou importados, os fabricantes e importadoras deverão reciclar/reutilizar um pneu inservível. A exigência em relação às quantidades de pneus que vem aumentando a cada ano, até janeiro de 2005, quando, para cada quatro pneus novos fabricados no país ou importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação dos pneus usados darem um final a cinco pneus inservíveis; para cada três pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final nos pneus usados que devera ser jogados fora aonde que as empresas deverão destinar seus pneus para ser um lugar de coletas para a reciclagem de pneus (BRASIL, 2009).

3.3 Como pode ser utilizada a borracha reciclada em revestimentos de pavimento, e os equipamentos utilizados no concreto borracha na pavimentação asfáltica.

A borracha concreta pode ser usada e utilizada de pneus inservíveis para a confecção de asfalto ecológico. No Brasil, diariamente, são coletadas entre 180 e 250 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos, dentre estes resíduos, anualmente mais de 30 milhões de pneus são descartados de forma inadequada. Ocorre que esta prática tem gerado sérias consequências para o meio ambiente e para a saúde. Diante da análise deste quadro, é inegável a necessidade da conscientização da sociedade e do Estado em prol de uma política adequada para o descarte de resíduos sólidos, pois somente diante de mudanças de comportamento será assegurado os direitos fundamentais relacionados à saúde e ao meio ambiente (SINDIPNEUS, 2012).

Além da borracha, o pneu contém fibras e aço composta por uma mistura de borracha natural, borracha sintética e negro de fumo. A borracha natural fornece as propriedades elásticas, enquanto a borracha sintética proporciona a estabilidade térmica. Os materiais argilo-menerais e negro de fumo (carvão) têm como objetivo proporcionar um material mecanicamente mais resistente, mas são também responsáveis pela coloração negra dos pneus. A borracha natural é obtida principalmente através das seringueiras (na forma de látex), que “sangradas” por um corte na casca mais externa com uma faca que tem o corte transversal onde o seringueiro usa para sangra a seringa no período de madrugada antes do sol nascer (SINDIPNEUS, 2012).

Esses pneus são triturados e, em seguida, o pó de borracha resultante é misturado ao ligante asfáltico. O resultado dessa mistura é aplicado nas ruas, avenidas e estradas. No Brasil este tipo de asfalto é utilizado em rodovias que ligam o litoral sul e o interior de São Paulo à capital. Em países mais desenvolvidos, como nos EUA, esta técnica é aplicada há mais de 30 anos (SINDIPNEUS, 2012).

A utilização da borracha moída de pneus, após ser submetida a algum processo de trituração, pode ser incorporada às misturas asfálticas de duas formas distintas: “via seca” ou “via úmida”. O termo “via seca” define o método que mistura a borracha com o agregado mineral, antes da adição do ligante asfáltico. Neste caso, a borracha triturada recebe o nome de agregada-borracha. O termo “via úmido” define o método de mistura da borracha moída com o ligante asfáltico, antes da adição do agregado mineral, dando origem ao chamado “ligante asfalto-borracha”. O processo via seca emprega de 3% a 5% de borracha moída, em

relação à massa total de agregados minerais a quantidade de borracha incorporada ao cimento onde o processo via úmida, varia de 5% a 25% sobre a porcentagem de ligante de asfáltica (SINDIPNEUS, 2012).

A borracha sintética e o negro de fumo são derivados do petróleo. O negro de fumo é obtido principalmente através da queima de petróleo em fornos especiais. Os ingredientes químicos, tais como enxofre, plastificantes, aceleradores, antioxidantes necessários ao processo de manufatura do pneu, são fornecidos por várias indústrias químicas (LAGO, 2002).

Mediante o processo de retirada de circulação dos pneus usados nas cidades, o que não melhora significativamente o revestimento nas rodovias, uma vez que a borracha moída participa da massa como carga, não transferindo suas propriedades ao ligante asfáltico. No tratamento são processados e obtidos a partir da adição da borracha moída ao ligante asfáltico, em um tanque de reação, sob temperaturas entre 175 e 200°C. Após o período de reação, o produto obtido fica armazenado em outro tanque, que deve conter um sistema mecânico de agitação constante, a fim de manter a mistura dispersa, de forma a evitar a deposição das partículas que não reagiram parcial ou completamente com o ligante asfáltico (SINDIPNEUS, 2012).

3.4 QUAIS AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO BORRACHA NA PAVIMENTAÇÃO ASFALTICA BRASILEIRA

A Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) teve origem em um processo de discussão da temática contida no Projeto de Lei nº 1.259/95, sugerido pela ABIP e apresentado pelo Deputado Pedro Novais, e que tramita no Congresso Nacional. Essa discussão resultou na sensibilização dos membros do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que aceitaram a sugestão de Francisco Simeão, representando a ABIP, e aprovaram a Resolução com o número 258 e que foi publicada no Diário Oficial da União em 02/12/99. Pelos fundamentos jurídicos, essa Resolução tem eficácia legal, tornando obrigatório às empresas da indústria de pneus a recolherem e darem destinação ecologicamente correta a uma quantidade de pneus inservíveis proporcional à que colocam no mercado (BRASIL, 2009).

A conclusão de obter a partir da combinação entre pó de borracha de pneus e ligante asfáltico, o asfalto ecológico é considerado uma boa alternativa para conciliar o desenvolvimento urbano com a preservação do meio ambiente. Trata-se de um produto classificado como sustentável, uma vez que contribui para a redução da utilização de

matérias-primas não renováveis. A produção do asfalto ecológico começa a partir da captação de pneus que seriam descartados no meio ambiente. Esta ação, por si só, já representa um considerável avanço ecológico, pois garante que os pneus sejam reciclados assim evita que grandes quantidades de lixo se acumulem na natureza (MENDES e NUNES, 2009).

A utilização do asfalto ecológico traz vantagens não apenas para o meio ambiente, mas para a qualidade das ruas asfaltadas. Por ser produzido com pó de borracha, o asfalto ecológico “herda” as características dos pneus e garante muito mais estabilidade e aderência, justamente pelo contato da borracha do asfalto com a borracha dos pneus que estão nos veículos (MENDES e NUNES, 2009).

Figura 4 – Ação do Asfalto Ecológico



Fonte: Mendes (2009).

O asfalto ecológico é uma alternativa que concilia o desenvolvimento urbano com a preservação ambiental.

Estudos realizados nos Estados Unidos através de monitoramento e controle das pistas aponta que a durabilidade é o dobro daquela encontrada no asfalto comum, além do retardamento da reflexão de trincas, aplicação do ligante na pavimentação chega a ser 3 vezes menor que nos pavimentos convencionais, ou seja, as trincas levam 3 vezes mais tempo para aparecer nos pavimentos asfalto borracha. (MENDES, 2009).

3.5 Vantagens e Desvantagens

Quadro 01: Vantagens e Desvantagens do asfalto borracha

VANTAGENS	Aumento da vida útil do pavimento. (Durabilidade).
	Maior resistência á formação de trilhas de rodas, á reflexão de trincas e envelhecimento (Elasticidade).
	Proporciona pavimentos mais seguros.
	Conformáveis e silenciosos.
	Melhor relação custo-benefício do mercado.
	Aplicação, usinagem e estocagem simples.
	Não necessitam de agitação constante.
	Melhor aderência entre os agregados e o ligante
	Maior resistência ao envelhecimento
	Menor susceptibilidade térmica.
	Ecologicamente correto.
	Recuperação elástica superior.
DESVANTAGENS	Índices de temperatura mais elevados.
	Custo por tonelada mais elevado.
	Heterogeneidade.
	Odor

Fonte: Greca Asfaltos, (2008).

3.6 Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)

Objetivo do uso do concreto usinado betuminoso quente também pode ser definido como um concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ). Conforme definido por Senso (2001), o CAUQ origina-se de misturas realizadas a quente de materiais minerais com petróleo em sua mistura de cimento asfáltico, onde o mesmo pode ser utilizado como sendo um ótimo revestimento e também um regularizador de camadas.

Designado como a principal técnica de pavimentação asfáltica por aquecimento do ligante (pavimentação a quente), sendo muito utilizado na construção e reconstrução de pavimentos rígidos e flexíveis, as misturas asfálticas de pavimentação CBUQ são preparadas

em usinas, onde é realizado o processo de adição de agregados que devem estar aquecidos, secados e misturados com cimento asfáltico de Petróleo (CAP). É caracterizada por sua consistência medida através da viscosidade dinâmica ou absoluta e o tempo para realizar a movimentação de um volume regulando a pressão e temperatura (SENSO, 2001).

Uma das etapas mais importantes se não a mais importante no processo de pavimentação do solo consiste na compactação e nivelamento do mesmo, para que ocorra uma ótima execução do concreto betuminoso. Desta forma no processo de compactação a velocidade do rolo compressor não pode ser maior que 7 km/h, não realizando movimentos bruscos a ponto de danificar o pavimento formando deformações consideráveis (NOGUEIRA, 1961).

Senço (1997) traz a definição do BUQ, como um dos melhores e mais usados revestimentos asfálticos existentes, sendo o quente com alto controle de granulométrica e dosagem de ligante, podendo ser modificado em sua composição por polímero, de resistência e de elasticidade melhorando de forma significativa seu desempenho.

A aplicação do revestimento ocorre também a quente sendo sua escolha uma opção para diversas formas de pavimentação, onde o que designa quando e onde vai ser usados são diversos fatores como, por exemplo, a natureza e razão do serviço que está sendo realizada, a disponibilidade de máquinas e equipamentos para seu emprego, sendo designado como um pavimento flexível, porém possuindo inúmeras qualidades específicas, podendo citar a impermeabilidade, durabilidade e o preço acessível em sua fabricação. (SENÇO, 1997).

As altas temperaturas, os produtos ligantes saem do processador e misturador para os caminhões não perdendo muito tempo, pois devem ser transportados até o local de uso sem que sua temperatura não caia abaixo de 120°C. A aplicação com a temperatura ideal depende da distância da obra ao local de fabricação do CBUQ interferindo no seu transporte e aplicação, influenciam também a temperatura ambiente do local e o clima do dia, podendo interferir na qualidade e aplicação do material, assim podem atrapalhar ou até mesmo adequar o material para sua aplicação e compactação (BALBO, 2007).

Após ser utilizados e realizada, o CBUQ é aplicado no pavimento com a utilização da vibro acabadora realizando o processo de nivelamento, assim as camadas se unem realizando um processo de unificação da camada onde a compactação com o rolo pneumático realiza a perfeita nivelção do pavimento para que o tráfego ocorra perfeitamente (BALBO, 2007).

Segundo Nogueira (1961), para finalizar o processo é necessária ainda, a aplicação de um secante denominado de capa que é formado por betume a fim de cobrir os poro da camada de concreto betuminoso, e espalhar pedrisco fino, (pó de pedra), sendo compactados pelo rolo.

CONCLUSÃO

As pesquisas efetuadas para esse estudo mostram que são realizado mais de 70 milhões de pneus anualmente no Brasil e maior parte desses pneus são impropriamente descartados no meio ambiente.

Atendendo essas informações surge a possibilidade da utilização do resíduo de pneu inservível como mistura na produção de concreto, colaborando para proveito do pneu e evitando um descarte injusto no meio ambiente.

Conclui-se que seus custos podem ser mais elevados que os asfaltos convencionais, porém se ganha em resistência e tempo sem manutenção, evitando problemas estruturais nas camadas de pavimentação.

Comprovou-se que o uso de concreto com incorporação de borracha de pneu pode ser uma maneira para diminuir o risco de surgimento de fissuras, se comparadas a um concreto convencional.

Sendo assim, o objetivo foi alcançado, pois, foram encontrados vários estudos sobre a utilização desse resíduo de borracha de pneu na formação de concretos para ser utilizado na construção civil.

Com esse estudo, o aproveitamento do resíduo de borracha na fabricação de concreto, se torna uma solução ao problema ambiental em relação ao descarte de milhões de pneus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. MP8 Specification for Designing SMA. American Association of State Highways Transportation Officials, 2000.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 416 de 30/09/2009. Disponível em: [Resolução CONAMA nº 416 de 30/09/2009 - Federal - LegisWeb](#). Acesso em nov. 2021.
- BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: Materiais, projetos e restauração. São Paulo, Oficina de Textos, 2007.
- BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J.A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. Petrobras; Assoc. Brasileira das Empresas Distribuidora de Asfalto, RJ, 2010
- CONAMA www.mma.gov.br/port/conama. Acesso em 9 de maio de 2009.
- GRECA ASFALTOS. Informativo Trimestral GRECA ASFALTOS. Ano 1, no 1, setembro de 2008. Disponível em: <https://silو.tips/download/universidade-positivo-tiago-batista-estudo-comparativo-entre-as-caracteristicas>
- LEITE, L. F. M. Estudos de Preparo e Caracterização de Asfaltos Modificados Por Polímero. 93 f. Tese Doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004
- LAGO, 2002 Inspeção do molde da baba de rodagem -<https://www.flexityre.com.br/descricao-pneu-continuacao-3>
- MARIANO, LUIZ. História do Pneu. 2015. Disponível em: [História do Pneu, Brasil, Borracha História do Pneu \(portalsaofrancisco.com.br\)](#). Acesso em nov. 2021.
- MARTINS, H. A. F. A Utilização da borracha de pneus na pavimentação Asfáltica. Disponível em: <http://engenharia.anhembri.br/tcc-04/civil-14.pdf>. Acesso Em: 18 jul. 2015
- MENDES, Celso. et al. Asfalto Borracha – minimizado aos impactos ambientais gerado pelo descarte de pneus inservíveis no meio ambiente. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade Brasileira – UNIVIX. 2009. Acesso 10 de Setembro de 2018.
- NOGUEIRA, Cyro. **Pavimentação: projeto e construção**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1961.
- SILVA, Gabriella. COELHO, Mauro Frank Oguino. **Uso do asfalto borracha na pavimentação de rodovias**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 11, Vol. 01, pp. 96-117 Novembro de 2018.
- SINDIPNEUS. Manual TWI - Informações técnicas sobre pneus. 2012.
- SPECHT, L. P. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus**. Porto Alegre, Tese de Doutorado. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 278p. 2004.
- SENÇO, Wlastermiller de. Manual de técnicas de pavimentação. [S.l: s.n.], 1997.

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação: ed. São Paulo, Pini, 2001

SANCHES, 2011. Pavimentação com recapeamento em concreto asfáltico com ligante de borracha em Curitiba- http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/750/1/CT_EPC_2012_1_11.PDF