

O USO DA BORRACHA DE PNEU NA PRODUÇÃO DE ASFALTO BORRACHA: UMA SOLUÇÃO AMBIENTAL

Lara Suzana Silva Fernandes¹
Roberto Vinicius de Lima Oliveira de Souza²
Paulo Góes Martins³

RESUMO

O acúmulo de pneus usados é um problema que prejudica a todos de forma direta ou indireta, a acomodação final desses pneus representa um problema ambiental e de difícil solução. Este trabalho propõe-se a investigar a aplicabilidade da borracha proveniente de pneu na produção de asfalto borracha como uma solução ambiental. Para tanto foi desenvolvida uma pesquisa de natureza qualitativa, que se caracteriza como uma análise bibliográfica, englobando técnicas de levantamento bibliográfico. Os resultados apontam que a aplicação do asfalto borracha, não só é uma solução para parte dos problemas ambientais provenientes dos pneus usados lançados na natureza, como também uma solução técnica para as rodovias brasileiras que sofrem com a falta de qualidade. Conclui-se, no entanto, que adicionar a borracha processada proveniente de pneu aos ligantes asfálticos nas obras de pavimentação do território brasileiro pode se provar bastante promissor, pois esse é um método que aumenta a vida útil das vias trazendo uma maior durabilidade e também traz bens enormes ao meio ambiente.

Palavras-chave: Asfalto Borracha. Meio Ambiente. Solução Ambiental. Pneus Inservíveis.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o planeta passa por uma tribulação, que é a produção de resíduos criados para suprir as necessidades humanas, uma dessas demandas é a crescente necessidade de pneus novos para suprir a frota de carros que só cresce no planeta. Os pneus antigos ou desgastados se tornam um problema para todo o ambiente, pois o mesmo é feito de um material que demora bastante tempo para se degradar. Sendo assim necessário um grande cuidado na armazenagem do mesmo, pois ele pode se tornar criadouro de animais peçonhentos, mosquitos, insetos, roedores e aracnídeos.

A crescente preocupação com o meio ambiente traz inúmeros dilemas, um desses problemas é a crescente quantidade de pneus descartados, assim como o lugar mais adequado para esse descarte. Uma das possíveis soluções é reutilizar esses pneus através da reciclagem, pois mesmo após sua degradação ele demora muito para se decompor naturalmente.

Em 1972 aconteceu a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, conhecida como Conferência de Estocolmo, que abriu os olhos das nações em relação aos problemas ambientais existentes resultantes do crescimento econômico e industrial desenfreados. Este foi o ponto de

¹ Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Católica do Salvador, UCSAL 2020.2. (lara.fernandes@ucsal.edu.br).

² Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Católica do Salvador, UCSAL 2020.2. (roberto.souza@ucsal.edu.br).

³ Professor orientador : Graduado em Engenharia Civil pela UFBA - Universidade Federal da Bahia, pós-graduado em Metodologia e Didática do Ensino Superior - UCsal - Universidade do Católica do Salvador. (e-mail: paulo.martins@pro.ucsal.br).

partida para a fomentação de estudos a fim de melhorar as condições ambientais e, principalmente, resolver o passivo ambiental já instalado.

Em meio ao crescimento tecnológico e industrial, a indústria automobilística adquiriu lugar de destaque em todo o mundo e, mesmo com crises de petróleo nos anos 70, se instalou como principal modal de transporte no Brasil. Alves et al. (2015) afirmou que o Brasil possui uma média de 2,3 veículos por habitante, ocupando a sétima colocação mundial na fabricação de pneus de carros de passeio e quinta colocação na fabricação de pneus para caminhões, ônibus e camionetes.

É notório que a preocupação com o descarte adequado do pneu usado deva ser uma prioridade, pois quando disposto de forma inadequada, segundo Alves et al. (2015), gera vetores de propagação de doenças como a Febre Amarela, Dengue e Malária, além da degradação ambiental por ser proveniente de material não biodegradável.

Oda et al., (2001) relatou que um dos processos de reaproveitamento da borracha dos pneus inúteis que obteve melhores resultados é a inclusão da borracha nos ligantes asfálticos para produzir o asfalto-borracha, sendo este processo largamente utilizado nos EUA .

Então, a prática do asfalto borracha foi uma das formas pensadas para amenizar a quantidade de pneus lançados na natureza, sendo eles difíceis de descartar até mesmo nos aterros sanitários, pois ocupam grande espaço e podem se tornar focos de incêndio.

O estudo se fez necessário, pois existem diversos estudos sobre o asfalto borracha, porém pouco se conhece acerca de sua real importância para a natureza e como é a transformação do pneu até o pó, que é o produto final usado para realizar a mistura.

Nesse contexto, esta pesquisa tem como problema: quais as vantagens ambientais do uso da borracha de pneu na elaboração do asfalto? Quais melhorias serão apresentadas na área de saneamento ambiental? Quais vantagens econômicas de descartar o pneu corretamente? Como é possível descartar os pneus inservíveis corretamente? Qual o acréscimo na durabilidade do pavimento de borracha?

Hoje em dia o pneu faz parte de um combo que se tornou indispensável no dia a dia, o carro, seja para nosso deslocamento pessoal ou de cargas. Porém quando ele chega ao limite do desgaste aceitável é que começam os problemas sanitários e ambientais. A associação do pneu desútil com o asfalto convencional poderá ser a solução ambiental para o problema citado. Diante disso, admite-se como hipótese desse trabalho que a inserção da borracha proveniente de pneus em pavimentos asfálticos é de grande relevância, visto que seu descarte é uma das principais causas de poluição ambiental e de doenças, contrariando o conceito de sustentabilidade, e mostrando o asfalto-borracha como um favorável rumo para os pneus deteriorados.

Para responder à questão formulada foram traçados objetivos a serem alcançados. Elegemos como objetivo geral conhecer as vantagens ambientais na incorporação borracha de pneu junto ao asfalto tradicional, visando melhorias de durabilidade e resistência do produto final. E como objetivos específicos, identificar os ganhos do emprego da borracha de pneu para a natureza; entender o processo pela qual a borracha do pneu necessita passar para ser usada na mistura asfáltica e descrever as possíveis melhorias que podem ocorrer com a junção de borracha de pneu no asfalto convencional.

Para atingir esses objetivos alguns procedimentos metodológicos foram realizados. De início, para fundamentar teoricamente o trabalho, foi feita uma pesquisa bibliográfica utilizando-se de trabalhos já publicados. A pesquisa foi constituída basicamente de livros, artigos, periódicos, teses e

dissertações. Esse levantamento bibliográfico colaborou para um conhecimento mais amplo acerca do tema e contribuiu para o processo interpretativo do tema estudado. Uma pesquisa documental também foi realizada, pois foram utilizadas matérias que não receberam ainda um tratamento analítico, utilizadas como fontes documentais, tais como os sites de empresas do ramo.

O trabalho configura-se como uma pesquisa de cunho descritivo. Nesse sentido, o desenvolvimento desta pesquisa decorre não apenas de saber sobre o uso da borracha de pneu na produção de asfalto borracha como uma solução ambiental, mas se funciona a favor do meio ambiente e proporcionando a melhoria das rodovias com um asfalto de qualidade.

2 ASFALTO BORRACHA: ASPECTOS HISTÓRICOS

O crescente aumento no volume de tráfego, traz necessidades de estudos na área de pavimentação para que seja construído estradas mais duráveis e economicamente mais viáveis. Mas com esse aumento de tráfego gera outro problema, maior produção de pneus e conseqüentemente aumenta o descarte também, gerando um grande problema ambiental.

Em concordância com a Confederação Nacional do Transporte (2017), o transporte rodoviário no Brasil é a principal alternativa para movimentação de cargas e passageiros, sendo responsável por 61% do transporte de cargas e 95% do transporte de passageiros. No Brasil temos um total de 1.735.621 km de rodovias, dessas 212.886 km são pavimentadas, correspondendo a apenas 12,3% do total.

Conforme a Pesquisa CNT de Rodovias 2016, 48,3% da extensão total das rodovias avaliadas apresentam algum tipo de problema no pavimento, tendo sido avaliado como regular, ruim ou péssimo. Essa condição aumenta o custo operacional do transporte rodoviário de cargas em 24,9%, em média, devido à redução da durabilidade dos componentes veiculares e ao aumento do tempo de viagem e do consumo desnecessário de combustível. Esse uso excedente de combustível, em 2016, somente em razão da má condição do pavimento, foi estimado em quase 775 milhões de litros de diesel, o que gera para o transportador um dispêndio adicional de R\$ 2,34 bilhões. Nessas condições, os veículos ainda são obrigados a trafegar em velocidade mais baixa, o que pode facilitar ações de roubos de cargas e assaltos a passageiros. (CNT, 2017, p.10).

O Relatório Estatístico do Departamento Nacional de Trânsito divulgado pelo DENATRAN (2018), informou que o Brasil possui cerca de 57.193.009 automóveis, e na Região Nordeste, estima-se a existência de 7.235.369 automóveis.

No Brasil, pelo menos 450 mil toneladas de pneus são descartados anualmente. O número é equivalente a cerca de 90 milhões de unidades utilizadas em carros de passeio. (Serviço Social do Transporte Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte – SEST SENAT, 2017).

Os pneus quando se tornam inservíveis, acarretam em problemas sanitários e ambientais, dentre eles, reprodução de mosquitos e outros portadores de doença, risco de incêndio, podendo ocasionar uma fumaça tóxica e quando depositados em aterros contribui para contaminação do solo e da água que tiver contato com o material (VG Resíduos Ltda, 2019).

Como alternativa ao descarte deste material, Di Giulio (2007) cita que as primeiras experiências feitas utilizando o asfalto modificado por borracha foram nos anos 50. Porém, foi nos anos de 60 que o engenheiro Charles McDonald saiu com seu trailer através dos EUA, realizando a verificação do estado em que se encontrava as rodovias do país, durante a viagem ele notou algumas trincas

localizadas no teto do seu veículo e para tentar solucionar esse problema ele recorreu a uma mistura de asfalto e pó de pneu na extensão das trincas, à medida que o tempo foi passando ele notou que a nova mistura não oxidava, bem diferente das que eram feitas com asfalto convencional. A partir daí ele passou a utilizar a mistura para operações tapa-buracos conhecida também como “band-aid”. Já em 1963 se iniciaram as primeiras publicações de artigos científicos mostrando as qualidades que o novo material possuía.

Morilha Jr., Greca (2003) fala que em 1963, Charles McDonald ao perceber que a junção de borracha triturada a mistura para criar o pavimento asfáltico poderia trazer benefícios, criou a tese de que esse acréscimo poderia trazer uma maior elasticidade ao composto final, a partir daí foi dado início aos seus estudos e experimentações e o resultado final conhecido como asfalto-borracha.

As indústrias e empresas dos EUA utilizam e produzem o asfalto acrescentando a borracha reciclada dos pneus descartados há 50 anos, tendo início em 1970. Segundo a GRECA ASFALTOS (2011) o Brasil deu início aos primeiros estudos em 1999, e em 2001, após pesquisas, houve a primeira aplicação no país, em uma rodovia do Rio Grande do Sul. Porém segundo CURY et al. (2015) a aplicação do asfalto borracha ainda não é utilizado em todo o território brasileiro, pois apesar dos bons resultados o custo para produção continua sendo elevado se comparado com o com o método convencional .

No Brasil, os primeiros passos para a utilização do Asfalto Modificado por Borracha, ou AMB, se fundem com a criação do artigo nº 2 da Resolução 258/99 do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. “O artigo proíbe o descarte de pneu no meio ambiente, inclusive a queima em céu aberto. Com isto, surge a necessidade de se redirecionar a destinação de pneus inservíveis” (Greca Asfaltos, 2011, p.3).

Com a diretriz do CONAMA as fábricas e importadoras são forçadas a coletar e dar finalidade adequada aos pneus velhos existentes no Brasil, sempre na proporção compatível às quantidades que são fabricadas.

Ainda seguindo a Resolução nº 258 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, a exigência em relação às quantidades de pneus que deverão ser reciclados/reutilizados aumenta todo 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 final a cinco pneus inservíveis; para cada três pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final a quatro pneus inservíveis.

Não existiam ações e medidas para controlar onde esses pneus deveriam ser descartados segundo Akatu (2010) eles poderiam ser encontrados em diversos lugares, tais como, fundos de rios, lixões, borracharias, terrenos baldios, porém algumas alternativas foram surgindo, o artesanato e a indústria começou a dar uso para este material, é possível encontrar móveis feitos de pneu, ou até mesmo reformar os pneus através do recauchutado.

O uso da borracha proveniente dos pneus em ligantes asfálticos se mostra bastante promissora, pois a mesma traz uma maior durabilidade com relação se comparada com o asfalto tradicional e uma solução favorável para ajudar a combater uma parte do acúmulo de pneus que são excluídos.

3 ASFALTO BORRACHA E MEIO AMBIENTE

A Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981 – art. 3º, I, expressa: “meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. (Brasil, 1981).

Portanto, a concepção de “sustentabilidade” significa conservar, defender e cuidar, a maneira como agimos com a natureza, pensando no desenvolvimento econômico e o uso consciente dos recursos naturais.

Com o transcorrer dos anos a quantidade de veículos trafegando nas vias aumentou muito, exercendo uma carga muito maior que antigamente, logo, foi necessário evoluir os métodos utilizados para construir as rodovias. O Brasil é um país que utiliza predominantemente as estradas e rodovias para transporte de cargas e pessoas, sendo necessário dar bastante atenção e manutenção em suas vias.

A idade e as necessidades das estradas, fizeram com que a evolução se tornasse necessária para melhorar a durabilidade e reduzir a manutenção que é dada nas vias, trazendo assim uma melhoria em busca de um maior equilíbrio, acredita-se que com o asfalto borracha, é possível unir situações que viabilizem a economia-social, ambiental, e a qualidade nos transportes.

3.1 USINAGEM

Quando se deseja produzir uma mistura asfáltica, alguns parâmetros devem ser seguidos. Após a seleção dos agregados que devem atender características de durabilidade, índice de forma, desgaste, adesividade, entre outras, é obtida uma mistura de agregados em uma faixa granulométrica específica para cada tipo de mistura a ser formulada. A fim de que a elaboração da mistura asfáltica seja bem-sucedida, a fim de atender os interesses do projeto a que se destinará, é de suma importância a seleção do ligante asfáltico.

Existem dois métodos conhecidos e utilizados hoje em dia para incorporação de pó de borracha a mistura asfáltica, sendo eles:

- Processo úmido, o material triturado e miúdo de borracha é adicionado ao cimento asfáltico, o resultado é o ligante conhecido como asfalto-borracha.
- No processo seco, a borracha processada substitui uma porção do material pétreo da mistura. O resultado obtido após acrescentar o ligante é conhecido como concreto betuminoso usinado a quente modificado com acréscimo de borracha.

No primeiro processo a graduação das partículas vem a influenciar o resultado de forma diferente, os menores grãos atuam como ligantes enquanto que as maiores contribuem com a elasticidade final. É possível uma melhor visualização e entendimento dos processos utilizando o quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Processos de misturas com acréscimo de borracha.

Processo úmido (Asfalto Borracha)	Processo seco (Agregado Borracha)
(Cimento asfáltico + Borracha)	Cimento asfáltico
+	+
Agregado Pétreo	(Borracha + Agregado Pétreo)

Fonte: Souza (2019)

O Asfalto Borracha via úmida, apresenta um ligante com qualidades indiscutivelmente superiores às do asfalto convencional, tais como maior resistência à oxidação pela luz solar, maior viscosidade, mais elasticidade e baixa sensibilidade às variações de temperaturas. (MENDES et al., 2009).

De acordo com Specht (2004 apud Oviedo, 2020) o pó de borracha é obtido através da utilização de uma sucessão de equipamentos, o primeiro é um moinho circular rotativo usado para moer e despedaçar a borracha, uma peneira vibratória aberta usada para separar os grãos que não estão dentro dos padrões exigidos de tamanho, os quais retornam ao moinho por meio do condutor por rosca para passar pelo processo de trituração novamente até que seja obtida a granulometria ideal, passando em seguida para o próximo equipamento, que é uma peneira rotativa fechada usada para separar automaticamente e por meio de malhas que fazer separação de classificações adequada do material.

Segundo Specht (2004 apud Oviedo, 2020) na etapa seguinte acontece a transformação física química do pó de borracha em borracha regenerada ou com a preservação de máxima de 65% de características que a borracha tinha originalmente, passando a ter utilidade como material para a fabricação de derivados borracha novamente para ser adicionada na construção da massa asfáltica.

Figura 1: Processo de separação dos materiais constituintes do pneu de borracha



Fonte: Catapreta, Zambiasi e Loyola (2016)

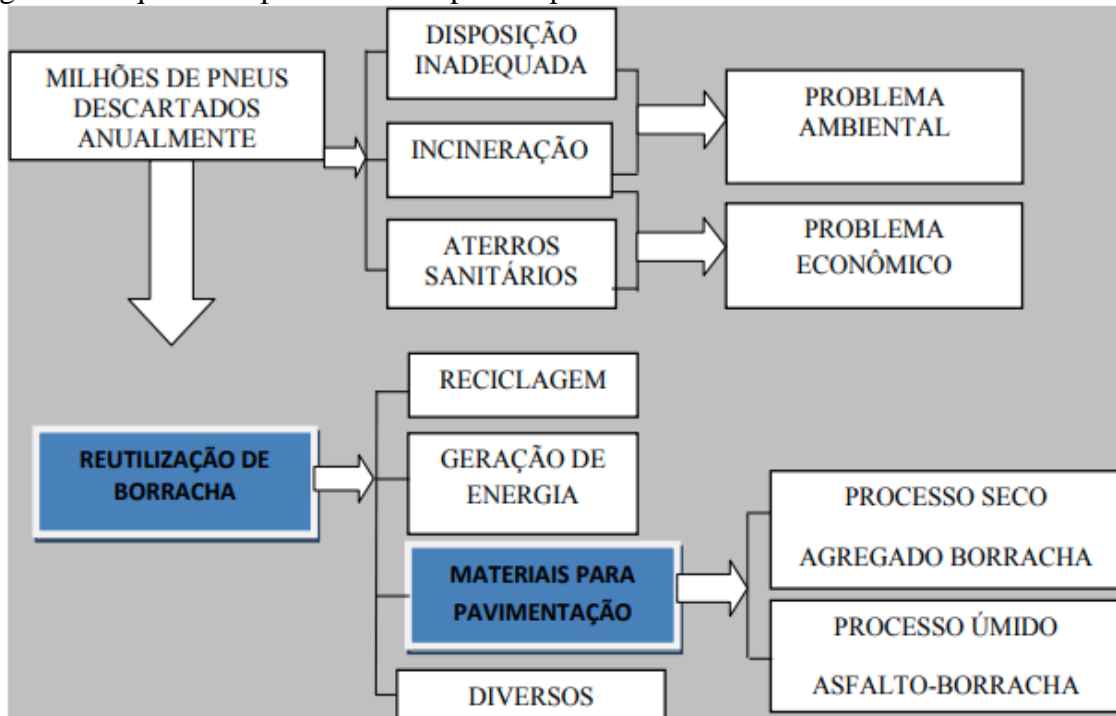
Netto (2016) afirma que para fazer o reaproveitamento da borracha do pneu é necessário retirada das fibras e do aço presentes nas carcaças inservíveis, para fazer essa retirada é necessário realizar o processo de moagem. Esse processo pode ser realizado de duas formas: mecânica à temperatura ambiente ou criogênica com temperaturas negativas. Na Figura 1 é possível ver algumas etapas de transformação do pneu, para que a borracha obtenha a forma adequada para ser utilizada na mistura que produz o asfalto borracha.

O processo ambiente compreende a moagem por uma série de trituradores que reduzem o pneu a fragmentos, compostos por aspiradores que removem o nylon, tambores magnéticos que removem o aço, correias transportadoras e peneiras para caracterização granulométrica. Após a moagem pelo processo ambiente, a borracha apresenta característica de superfície

extensa e esponjosa que, na produção de misturas asfalto-borracha, possibilita uma reação mais rápida. (NETTO, 2016)

Para preparar a borracha para a moagem é necessário seguir alguns passos que foram descritos por Bandini (2011), inicialmente a borracha é imersa em tanque de nitrogênio líquido, mantendo uma temperatura que pode variar de -90°C a -200°C , após borracha se tornar frágil se tornando mais fácil de triturar para obter porções do menor tamanho possível é utilizado um moinho de martelos.

Figura 2: Esquema de possibilidades para os pneus excluídos.



Fonte: Zatarin (2017)

O esquema mostrado na figura 2, compara os caminhos da destinação dos pneus. Quando descartado irregularmente, será um problema ambiental e econômico. Quando se escolhe a reutilização, o resultado final será diversas formas de reciclar o material.

3.2 A LOGÍSTICA REVERSA NA INDÚSTRIA DO PNEU

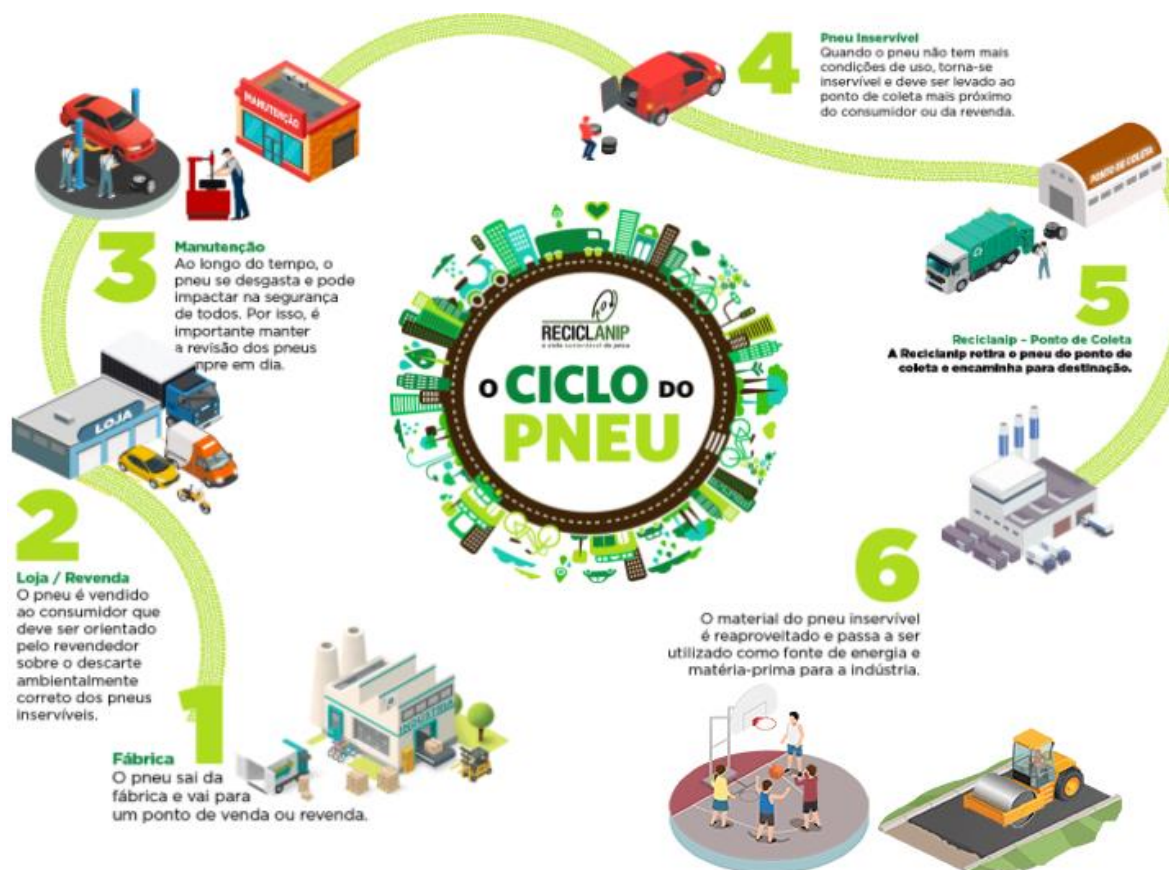
Com o objetivo de que a borracha derivada dos pneus possa ser utilizada, se faz necessário o regresso do pneu para uma empresa que será responsável pela separação dos materiais constituintes do mesmo, para este retorno acontecer é fundamental criar pontos de coletas e realizar acompanhamento para depósito e retirada desses pneus.

Segundo Leite (2003) esse processo é conhecido como logística reversa, sendo esse um setor dentro empresa que se preocupa com o planejamento, a operação, o controle do fluxo e que administra a logística por trás do retorno dos bens de pós-venda e de pós - consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através dos Canais de Distribuição Reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Muitas empresas já buscam a logística reversa como diferencial e para tanto vêm atuando mais e mais com atividades de reaproveitamento e melhorias de produtos e embalagens. Lacerda (2003) argumenta que alguns dos motivos para que isso aconteça sendo eles:

- As questões ambientais, com uma nova legislação ambiental que responsabiliza a empresa por todo ciclo de vida de seus produtos, principalmente no que diz respeito ao seu destino após a entrega aos clientes e ao impacto que estes produzem no meio ambiente; além disso, com o aumento da consciência ecológica dos consumidores que procuram produtos de empresas que estejam preocupadas em reduzir os impactos negativos de sua atividade ao meio ambiente;
- A concorrência sempre mais acirrada, faz as empresas buscarem formas de diferenciação de seus serviços com relação às concorrentes. Uma boa política de logística reversa mostra aos clientes o quão mais liberal a empresa pode ser quando se trata de questões de retorno de produtos;
- A redução de custos pela adoção da logística reversa, podendo trazer consideráveis retornos para as empresas. Economias com as embalagens retornáveis ou com o reaproveitamento de materiais para produção têm trazido ganhos que estimulam cada vez mais novas iniciativas.

Figura 3 : O ciclo do pneu.



Fonte: RECICLANIP (2020) .

A empresa disponibiliza meios didáticos para conscientizar a comunidade e mostrar a importância da reciclagem dos pneus inservíveis. A figura 3 está disponível no site da empresa e mostra o ciclo do pneu com desenhos e animações, afim de apresentar ao leitor como poderá ser descartado em pontos estratégicos e reutilizado em alguns setores .

A RECICLANIP (2019), entidade sem fins lucrativos, foi criada em 2007 pelos fabricantes de pneus Goodyear, Michelin e Pirelli, voltada exclusivamente para a coleta e destinação de pneus no Brasil, e é considerada a maior iniciativa da indústria no país, na área de responsabilidade pós - consumo. Em 9 anos de funcionamento houve um crescimento de 754 pontos de coleta espalhados pelo país, passando de 270 para 1024 pontos, entre 2007 a 2016.

RECICLANIP (2019) informa através do seu site que é possível encontrar diversos pontos de coleta espalhados por todo o Brasil, que foram criados para facilitar o recolhimento dos pneus que terminaram com sua vida útil, reduzindo assim o número de pneus excluídos de forma errada. Esses citados pneus são recolhidos pelo serviço de Limpeza Pública por borracheiros, lojas de pneus, particulares e outros, eles são os responsáveis por encaminhar os pneus para o ponto de coleta mais adequado. em seguida a Reciclanip, realiza o transporte dos pneus inservíveis para destinações homologadas pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), sem custos para o município.

Segundo RECICLANIP (2019), os fabricantes nacionais de pneus destinaram de forma ambientalmente correta 471 toneladas de pneus inservíveis em 2019. De 1999 a 2019 foram recolhidos e destinados adequadamente mais de 5,23 milhões de toneladas de pneus inservíveis, o equivalente a 1,04 bilhão de pneus de passeio. A quantidade de pneus excluídos é mapeado pela quantidade de pneus vendidos para reposição. É possível visualizar essa crescente através do gráfico representado na figura 4.

Figura 4: Volumes de Pneus destinados



Fonte: RECICLANIP (2020).

A boa receptividade tem sido comprovada também pela empresa Greca Distribuidora de Asfaltos Ltda. Como uma das primeiras a usar o asfalto borracha em rodovias brasileiras, a empresa informa que já aplicou a técnica em quase 2 mil km de pavimentação, com resultados animadores. A empresa mantém convênio de cooperação técnica com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e realiza ensaios de ligantes e de misturas asfálticas nos laboratórios da USP e do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), no Rio de Janeiro.

A Greca Distribuidora de Asfaltos Ltda faz o asfalto-borracha pelo sistema úmido, conhecido como terminal blend. Nesse processo, o ligante é produzido em uma fábrica própria para tal e depois o asfalto é distribuído para várias empreiteiras, que realizam a pavimentação. (Di Giulio, 2007)

O ECOFLEX, tecnologia pioneira da GRECA para Asfalto-Borracha, tem impacto direto na retirada de pneus inservíveis da natureza, pois em sua produção, o ECOFLEX utiliza pó de borracha proveniente de pneus. Sua primeira aplicação foi em 2001 e até 2017 já foram consumidos mais de

9.200.000 de pneus. Além de sustentabilidade, o ECOFLEX garante durabilidade e segurança ao pavimento. (GRECA, 2020).

4 PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO ASFALTO BORRACHA

Diante de toda a pesquisa realizada sobre o uso da borracha de pneu na produção de asfalto borracha como uma solução ambiental, percebeu-se que há um grande ganho coletivo com essa ação, tanto para o meio ambiental, como para as rodovias brasileiras.

Segundo Greca (2006), as amostras com junção de borracha apresentam comportamento menos rígido (mais dúctil) que as amostras sem acréscimo de borracha. Isto indica que o acréscimo da borracha melhora as características elásticas do ligante, propiciando mistura com maior durabilidade e com potencial redutor de propagação de trincas. Trazendo assim, uma afirmação positiva do asfalto borracha, sendo ele aplicado nas rodovias brasileiras.

Segundo Di Giulio (2007) é necessária o emprego de mil pneus para compor um quilômetro em uma via que foi aplicado asfalto borracha, trazendo assim benefício para a comunidade assim como para o meio ambiente, pois se faz a retirada de uma material que estaria ocupando espaço em lixões, aterros entre outro lugares e que já tinha perdido sua utilidade e o faz ser útil novamente dentro da composição do asfalto borracha.

Mendes et al., (2009) descreveu como benefícios do asfalto borracha os seguintes pontos, se comparados ao asfalto comum:

- Maior viscosidade;
- Maior elasticidade;
- Menos sensível a variações extremas de temperaturas;
- Maior resistência à luz solar (raios UV);
- Envelhecimento mais lento;
- Aumenta a resistência e diminuição das deformações permanentes;
- Criação de uma camada antirreflexo de trincas;
- Redução da suscetibilidade térmica do ligante asfáltico;
- Redução da espessura da camada asfáltica;
- Diminuição do grau de ruído em torno de cinco decibéis causado pelo tráfego;
- Maior adesividade aos agregados;
- Maior poder impermeabilizante;
- Redução dos custos de manutenção das rodovias, devido ao menor número de intervenções;
- Maior atrito entre o pavimento e o pneu, minimizando assim a ameaça de acidentes.
- Surgimento de empresas no ramo de reutilização de pneus, ou seja, a logística reversa;
- Criação de novos empregos nas empresas de reciclagem;
- Redução de locais para a proliferação de insetos transmissores de doenças;
- Diminuição de alagamentos em períodos chuvosos, devido a quantidade do acúmulo de pneus em locais indevidos;
- Diminuição de chances de incêndio, livrando assim da emissão de gases tóxicos.
- Redução da demanda de petróleo - (asfalto), por dois motivos: pela substituição de uma porção do asfalto por borracha processada de pneus e também pela maior durabilidade que será alcançada na existência de nossas estradas.

Mas, há também as desvantagens causadas pelo asfalto borracha, elas não são tantas como as vantagens, mais ainda assim existem, MENDES et al., (2009) e Fortes (2011) encontraram os seguintes pontos:

- Um custo mais alto que o asfalto corrente;
- Necessita de maiores temperaturas de usinagem e compactação;
- Controle tecnológico mais apurado.
- Heterogeneidade, tanto fisicamente como químicamente, devido às diferentes composições de cada tipo de pneu, além de uma granulometria bastante deficiente.
- Emissão maior de gases poluentes e nocivos à saúde humana (elementos suspeitos de serem mutagênicos e/ou cancerígenos)

Mais se for comparado às vantagens com as desvantagens, ainda sim entende-se que é pertinente e viável o emprego do asfalto borracha, não só é uma solução para parte dos problemas ambientais provenientes dos pneus usados lançados na natureza, como também uma solução técnica para as rodovias brasileiras que sofrem com a falta de qualidade. A figura 5 consegue representar visualmente uma boa comparação com relação ao que foi discutido, apresentando o desgaste de ambos após um determinado ciclo de usos .

Figura 5: Comparação de Asfalto comum x Asfalto Borracha



Fonte: GRECA (2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O meio ambiente tem sido uma importante fonte para pesquisadores, estudiosos e a comunidade em geral na busca por informações para realização de pesquisa e trabalhos acadêmicos voltados para solução ambiental. Percebe-se dessa forma, que os mesmos têm contribuído para o progresso científico. Com isso, sabe-se que os danos ocasionados ao meio ambiente pela sociedade são muito grandes. Mas o importante é que vem sendo elaboradas e realizadas medidas para conter essa degradação da natureza.

Portanto, um dos problemas gerados ao meio ambiente são os pneus inservíveis descartados de forma inadequada. Como objeto de estudo dessa pesquisa, o uso da borracha de pneu na produção de) asfalto borracha como uma solução ambiental e durante a pesquisa empírica que realizamos, ressalta-se que além do inegável benefício ecológico, a destinação adequada dos pneus inservíveis contribui para a diminuição da o número habitats que o mosquito da dengue pode vir a usar para procriar, já que os pneus abandonados em terrenos baldios ou armazenados à espera de destinação final tendem a acumular água no seu interior e representam um criadouro potencial do mosquito "Aedes aegypti", cujas larvas proliferam na água parada.

Quando descartados incorretamente os pneus eliminam metais pesados como o mercúrio e o chumbo, contaminando o solo e o lençol freático, podendo impactar nas os animais que ingeriram água ou alimentos que entraram em contato com essas substâncias e subsequentemente trará impacto também ao ser humano. Com o desenvolver da pesquisa, foi possível perceber o ganho na área de saneamento ambiental, pois, como dito anteriormente, os pneus não estarão dispostos irregularmente na natureza.

É possível afirmar que se descartado corretamente, haveria economia para o poder público, pois deixariam de ter gastos com retirada do lixo acumulado em locais indevidos. É necessário lembrar da economia com saúde pública, pois diversas doenças seriam evitadas.

O descarte correto de pneu velho é possível, segundo a REICLANIP (2019) existem locais disponibilizados e administrados pelas Prefeituras Municipais preparados para este recebimento e destinação correta , como apresentado neste artigo, eles são utilizados para produzir novos materiais e iniciando novos ciclos de uso.

Graças às informações coletados, foi possível verificar que o asfalto que com acréscimo de borracha tem uma durabilidade superior se pareado ao asfalto convencional, que é cerca de cinco vezes maior, a probabilidade de surgirem de trincas é menor, a necessidade de manutenção se torna menor por surgirem problemas com menos frequência, possui aderência superior entre os pneus e o pavimento, se adapta melhor a variação de temperatura entre outros benefícios.

Com a tecnologia utilizada no asfalto borracha, se torna possível viabilizar situações que agregam para o meio ambiente,a economia, a comunidade e a qualidade nos transportes. Uma pavimentação de qualidade permite aos usuários ter mais segurança, mais conforto, um ambiente mais confiável e uma maior fluidez no trânsito.

O Asfalto Borracha apresenta um maior número de vantagens se comparado com o asfalto usual, como cada situação exige um raciocínio e uma solução diferente, antes de dizer aplicar qualquer um deles é necessário estudar e balancear qual deles é mais adequado para sanar o problema encontrado.

Além disso, vale ressaltar que a inserção da borracha reciclada em pavimentos asfálticos é de grande relevância, visto que o descarte de pneus é uma das principais causas de poluição ambiental e de doenças, contrariando o conceito de sustentabilidade.

É possível concluir que o intuito de adicionar a borracha reaproveitada de pneu em ligantes asfálticos têm se mostrado como um método bastante promissor para aumentar a durabilidade das vias . Espera-se também que haja uma conscientização dos indivíduos quanto ao prejuízo ambiental que a destinação incorreta dos pneus usados pode acarretar para o futuro, fazendo com que aconteça a implantação de projetos de asfalto borracha e quem sabe novas ideias de melhorias para os problemas ambientais existentes.

REFERÊNCIAS

ALVES, Vitória Emanuella da Silva; VASCONCELOS, Guilherme Malta; MOREIRA, Rafael Nascimento; ALVES FILHO, Moacir de Jesus; BARRETO, Thassiane da Silva. **Impacto ambiental provocado pela destinação incorreta de pneus**. ENIAC pesquisa, Guarulhos (SP), v. 4, n.º. 2, jun./dez. 2015. Disponível em: <http://ojs.eniac.com.br/index.php/EniacPesquisa/article/view/277> . Acesso em: 02 set. 2020.

AKATU (org.). **Descarte inadequado de pneus gera prejuízos à sociedade**: consumidor paga a conta de empresas, que pagam multas por não conseguir coletar, e do governo, que usa impostos para destinar pneus de forma ambientalmente correta. Consumidor paga a conta de empresas, que pagam multas por não conseguir coletar, e do governo, que usa impostos para destinar pneus de forma ambientalmente correta. 2010. Elaborado por Equipe Akatu. Disponível em: <https://www.akatu.org.br/noticia/descarte-inadequado-de-pneus-gera-prejuizos-a-sociedade/>. Acesso em: 11 dez. 2020.

BALAGUER, Marcos. **Avaliação estrutural de um pavimento flexível executado em Asfalto-Borracha, elaborado pelo Processo de Produção Contínua em Usina**. 2012. 193f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012.

BANDINI, P. **Rubberized Asphalt Concrete Pavements in New Mexico**. Mexico: Department of Civil Engineering of New Mexico State University, 2011.

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte - CNT, **Transporte Rodoviário: Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?. p.160** – Brasília, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 258**, de 26 de agosto de 1999. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258>. Acesso em: 02 set. 2020.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN. **Frota de veículos-2018**. Portal do Governo Brasileiro, 2018. Disponível em: <https://www.denatran.gov.br/estatistica/635-frota-2018>. Acesso em: 13 out. 2020.

BRASIL. LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília, DF, ago 1981. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm>. Acesso em 23 nov. 2020.

CATAPRETA, Cícero Antonio Antunes; ZAMBIASI, Clarissa Ana; LOYOLA, Letícia Aparecida de Jesus. **USO DA BORRACHA DE PNEUS NA PAVIMENTAÇÃO COMO UMA ALTERNATIVA ECOLÓGICAMENTE VIÁVEL**. 2016. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/III-084.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.

CURY, M. V. Q.; MURTA, A. L. S.; FIGUEIREDO, L. H. F.; MONTENEGRO, L.C.S. **Análise socioeconômica e ambiental para o uso de asfalto emborrachado na construção de rodovias**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://marcusquintella.com.br/sig/lib/uploaded/producao/Asfalto.pdf>. Acesso em: 19 out. 2020.

DI GIULIO, Gabriela. **Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto.** Inovação Uniemp, Campinas, v. 3, n. 3, jun. 2007. Disponível em <http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000300008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 21 set. 2020.

ECOFLEX - ASFALTO BORRACHA. **10 MILHÕES DE PNEUS RETIRADOS DA NATUREZA.** Disponível em: <http://asfaltoborracha.com.br/>. Acesso em: 22 nov. 2020.

FORTES, Rita Moura. **ASFALTO BORRACHA :VANTAGENS E DESVANTAGENS.** Disponível em: https://www.academia.edu/31110170/ASFALTO_BORRACHA_VANTAGENS_E_DESVANTAGENS. Acesso em: 21 nov. 2020.

GRECA ASFALTOS, 2011 – **Informativo quadrimestral Greca Asfaltos.** Edição Outubro 2011, ano 8, p.3. Disponível em: http://www.grecaasfaltos.com.br/fatos/fatos_24.pdf - Acesso em 18/09/2014. Acesso em: 1º out 2020.

GRECA ASFALTOS. **Quem somos? - Institucional.** Portal do Greca, 2020. Disponível em: <<http://www.reciclanip.org.br/v3/quem-somos-institucional>>. Acesso em: 20 set. 2020.

LACERDA, Leonardo. **Logística Reversa Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais.** Rio de Janeiro, 2003.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade.** São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MARTINS, H. A. F. **A Utilização da borracha de pneus na pavimentação asfáltica.** Disponível em: <http://engenharia.anhemi.br/tcc-04/civil-14.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

MENDES, Celso Bráulio Alves *et al.* **ASFALTO BORRACHA - MINIMIZANDO OS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELO DESCARTE DE PNEUS INSERVÍVEIS NO MEIO AMBIENTE.** 2009. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Biologia/monografias/2asfalto.pdf. Acesso em: 09 nov. 2020.

MORILHA JR., A.; GRECA, M. R. **Considerações Relacionadas ao Asfalto Ecológico – Ecoflex.** 68 f. IEP, Apostila sobre Asfalto Borracha, Instituto de Engenharia do Paraná, 2003.

NETTO, Quincio Muniz Pinto. **ESTUDO DA LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS, SOLUÇÃO ECONÔMICO-SUSTENTÁVEL A PARTIR DA PRODUÇÃO DE ASFALTO-BORRACHA.** REVISTA DO CEDS (Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB). Volume 1, número 05- ago/dez 2016.

ODA, S. **Análise da viabilidade técnica do uso de ligante asfalto-borracha em obras de pavimentação.** 251f. Tese de doutorado. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

ODA, Sandra; NASCIMENTO, Luís Alberto Hermann do; EDEL, Guilherme. **Aplicação de asfalto-borracha na Bahia.** 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador, 2 a 5 de Outubro de 2001.

OVIEDO, Douglas Pereira. **ASFALTO COM ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS INUTILIZADOS.** São Paulo, 2020. Disponível em: <https://monografias.brasescola.uol.com.br/engenharia/asfalto-com-adicao-de-borracha-de-pneus-inutilizados.htm>. Acesso em 19 nov. 2020.

RECICLANIP. **Quem somos? - Institucional.** Portal do Reciclanip, 2019. Disponível em: <http://www.reciclanip.org.br/v3/quem-somos-institucional>. Acesso em: 20 out. 2020.

RECICLANIP. **Formas de destinação - Destinados.** Portal do Reciclanip, 2019. Disponível em: <https://www.reciclanip.org.br/destinados/>. Acesso em: 20 out. 2020.

SEST SENAT; Serviço Social do Transporte; Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte. **Cerca de 450 mil toneladas de pneus são descartadas por ano no Brasil. Campanha nacional do SEST SENAT faz alerta sobre a importância da reutilização e reciclagem do material.** Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.sestsenat.org.br/Imprensa/noticia/cerca-de-450-mil-toneladas-de-pneus-sao-descartados-por-ano-no-brasil>. Acesso em: 23 set. 2020.

SOUZA, Gabriel. **TRATAMENTOS SUPERFICIAIS COM ASFALTO BORRACHA.** Minas Gerais, 2019.

SPECHT, L. P. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação da borracha reciclada de Pneus.** 116f. Tese Doutorado – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

Vg Resíduos. **Como a logística reversa de pneus evita descarte irregular no meio ambiente?** Minas Gerais, 2019. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/como-a-logistica-reversa-de-pneus-evita-descarte-irregular-no-meio-ambiente/#:~:text=Os%20pneus%20inserv%C3%ADveis%20quando%20s%C3%A3o,ambiente%20e%20%C3%A0%20sa%C3%BAde%20p%C3%ABlica>.

ZATARIN, A. P. M. et al. **Viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha, In: Revista GESTÃO & SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.** Vol. 5. Nº 02. Pág. 649-674. Florianópolis, SC. 2017.