

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

BRUNNO CÉSAR FURTADO DE NORONHA

ASFALTO-BORRACHA: transformando o pneu em matéria
sustentável

Paracatu

2019

BRUNNO CÉSAR FURTADO DE NORONHA

ASFALTO-BORRACHA: transformando o pneu em matéria sustentável

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

Área de concentração: Sustentabilidade

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira.

Paracatu

2019

BRUNNO CÉSAR FURTADO DE NORONHA

ASFALTO-BORRACHA: transformando o pneu em matéria sustentável

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

Área de concentração: Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira.

Banca Examinadora:

Paracatu-MG, ____ de _____ de ____.

Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira.
Centro Universitário Atenas.

Prof^a. Msc. Ellen Mayara Santos Cardoso.
Centro Universitário Atenas.

Prof. Msc. Romério Ribeiro da Silva.
Centro Universitário Atenas.

Dedico este trabalho aos meus pais Brenno e Thatyana que sempre estão me auxiliando, e para minha irmã Bárbara que sempre me ajudou neste longo caminho que foi percorrido, e todos aos meus amigos e professores que estão sempre me apoiando.

RESUMO

Em adesão ao crescimento da sintetização de veículos, aumentou-se a produção de pneus. Logo, como eles possuem vida útil, são trocados e a sua degradação é lenta, o que leva a inúmeros prejuízos para a sociedade, no entanto, em 1960, o norte-americano Charles McDonald viu uma forma de reutilizar esses pneus inúteis a partir de seu refinamento para logo em seguinte ser adicionado ao asfalto, tornando-o mais sustentável e com alta durabilidade pelo fato do pneu adicionar características de elasticidade e estabilidade ao pavimento, o que proporcionará segurança e uma vida útil alargada aos asfaltos feitos a partir dessa combinação de produtos. E sua produção é praticamente igual ao pavimento convencional tendo apenas a diferença em adicionar o pó de borracha.

Palavras-chave: Pneu. Sustentável. Vida útil.

ABSTRACT

In line with the growth in vehicle synthesis, tire production has increased. Therefore, as they have a useful life, they are changed and their degradation slow which leads to damage to society however, in 1960, the American Charles Mc Donald saw a way to reuse these worn tires from their refinement to logo after being added to asphalt becoming more sustainable and durable, using a tire with elasticity and pavement stability characteristics or providing safety and extended life to asphalt made from this combination of products. And its productions is roughly the same as conventional flooring with only the diference in adding rubber dust.

Keywords: *Tire. Sustainable. Service life.*

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Quantidade de massa asfáltica em 30 km	21
QUADRO 2 - Preço por tonelada de massa asfáltica	21
QUADRO 3 - Tabela de custos de execução de CBUQ de ambos dos tipos	22

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Inventor do asfalto-borracha, Charles McDonald	16
FIGURA 2 - Trecho confeccionado com asfalto-borracha em Las Vegas	17
FIGURA 3 - Camadas estruturais de um pavimento flexível	19
FIGURA 4 - Amostras de resistência, asfalto borracha/convencional.	23
FIGURA 5 - Total de pneus utilizados pela GRECA entra 2001 a 2013 na produção de asfalto borracha	26
FIGURA 6 - Fluxograma reaproveitamento do pneu/ problemas causados pelo pneu	27

TABELA DE SIGLAS

CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ISTEA	Intermodal Surface Transportation Efficiency Act-EUA

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2 HIPÓTESES	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 OBJETIVO GERAL	13
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	13
1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO	14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 SURGIMENTO DO ASFALTO-BORRACHA	16
2.1 SURGIMENTO DO ASFALTO-BORRACHA NO BRASIL	18
3 DIFERENÇA ENTRE OS TIPOS DE PAVIMENTO	19
3.1 CARACTERÍSTICAS DO PAVIMENTO CONVENCIONAL (CBUQ)	20
3.2 CARACTERÍSTICAS DO ASFALTO-BORRACHA	20
3.3 COMPARAÇÃO DE CUSTO	21
3.4 PRODUÇÃO DO CBUQ TRADICIONAL E MODIFICADO COM PÓ DE BORRACHA.	21
3.5 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA	23
4 SUSTENTABILIDADE	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento do setor de transportes, a venda de veículos aumentou consideravelmente. Tendo em vista esse crescimento a economia do país melhorou trazendo consigo a melhoria do poder aquisitivo da população em geral. A população podendo comprar automóveis, tendo esse ponto positivo trouxe consigo um ponto extremamente alarmante devido ao consumo excessivo de pneus, sendo eles descartados de forma incorreta, tornando-se uma prática comum e acarretando uma série de problemas como: ambientais, sanitários, sociais e econômicos (REDAÇÃO PENSAMENTO VERDE, 2018). São descartados cerca de 450 mil toneladas de pneus anualmente no Brasil, equivalente a 90 mil unidades de pneus inservíveis (SEST SENAT, 2016).

Tendo em vista a magnitude do problema, em 1960 o norte-americano Charles MacDonald teve a ideia de pulverizar a borracha dos pneus inservíveis, e adicionar em massas asfálticas para produção de estradas. Assim, surgiu o asfalto-borracha, que é uma tecnologia aplicada em até 70% das rodovias do Arizona no Estados Unidos da América (MAZZONETTO, 2011).

No Brasil, segundo MAZZONETTO (2011), as primeiras estradas pavimentadas pelo asfalto-borracha surgiram em 2000, sendo que prática que foi pouco aderida devido ao seu valor, mas é compensada pela sua durabilidade e por resultar em estradas mais seguras.

Asfalto-borracha não é apenas um método visando a durabilidade e segurança dos motoristas, também visa ser uma atividade sustentável, provendo reaproveitamento aos pneus que são descartados de maneira errada e que poluem o meio ambiente e são grandes criadouros do mosquito *Aedes Aegypti*, transmissor das doenças dengue, zika, Chikungunya.

Com esta tecnologia inovadora, aonde agrega a sustentabilidade assunto bastante delicado quando se envolve a engenharia, hoje a engenharia é uma das principais causas de devastação do meio ambiente. Com o surgimento do asfalto-borracha mostra que a engenharia pode andar de mãos dadas com a sustentabilidade, até o presente momento milhões de pneus já foram retirados do meio ambiente dando um destino adequado para eles, inserindo-os na massa asfáltica (CBUQ) como agregado para fabricação de estradas sustentáveis, estradas que demonstram níveis excelentes de eficiência e qualidade.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Como o pneu pode ser tornar uma alternativa sustentável na construção de novas vias?

1.2 HIPÓTESES

a) Devido o grande acúmulo de pneus inservíveis espalhados pelo mundo, e na maioria dos casos descartados de forma incorreta, provocando doenças, problemas ambientais, sociais e econômicos. Com a inovação da fabricação do asfalto-borracha que se utiliza o pó de borracha de pneus inservíveis na composição do CBUQ como um adicional para o pavimento.

b) Consigo o asfalto-borracha proporciona uma atividade excelente para dar o destino correto aos pneus que teriam o destino incorreto, sendo transformados em rodovias de excelente padrão, com o adicional do pó de borracha os pavimentos ganharam mais elasticidade portanto tendo sua vida útil prolongada, pois ele consegue suportar grandes cargas e retornar ao seu estado original.

c) Utilizando apenas os pneus desgastados que se tornaram inúteis para o transporte, eles terão o destino de se tornarem componente para a produção de CBUQ, e posteriormente sendo utilizado na fabricação de novas estradas, sendo assim eles não chegam a natureza evitando que os problemas ambientais aconteçam.

d) Não tendo apenas em vista a utilização dos pneus que serão direcionados após o fim da sua vida útil, também entra no planejamento retirar do meio ambiente os pneus que já foram descartados de forma incorreta e utiliza-los na produção das vias ecológicas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Investigar como ocorre a utilização sustentável do pneu na fabricação de estradas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Discutir a origem da adoção da borracha do pneu como componente do CBUQ

b) Discutir quais são as vantagens e desvantagens econômicas e ambientais que a utilização de asfalto borracha pode proporcionar.

c) Investigar qual é o processo empregado na produção do asfalto borracha.

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

De acordo com SEST SENAT (2019), no Brasil, cerca de 450 mil toneladas de pneus são descartados por ano, o que equivale a 90 milhões de pneus utilizados em veículos de passeio. Quando o descarte é feito de forma incorreta, os pneus se tornam um problema para o meio ambiente, pois demoram a serem decompostos podendo a chegar a 600 anos. Por isso, dar a destinação devidamente correta para pneus inutilizáveis evitará danos ao meio ambiente e à saúde pública.

Ressaltando com base na Redação Pensamento Verde (2018), Devido ao crescimento do setor de transporte trouxe com ele o crescimento da necessidade de se utilizar o pneu. No Brasil que tem grande dependência do setor de transportes terrestres onde gira grande parte de sua economia, com o passar dos anos a população conseguiu o poder aquisitivo para adquirir veículos, tendo o ponto positivo para a economia do país, infelizmente trouxe pontos negativos, devido ao grande consumo de pneus, o descarte incorreto de pneus se tornou uma prática comum, intensificando ainda mais os problemas ambientais, sociais, sanitários e econômicos.

Em nosso país existe a resolução CONAMA nº258 que é destinada para a utilização e descarte de pneus. No artigo 9, diz que: fica proibida a destinação final inadequada de pneus, inclusive a disposição em aterros sanitários, mar, rios, lagos ou riachos, terrenos baldios ou alagadiços, bem como a queima a céu aberto. CONAMA (1999). Analisando a grande quantidade de pneus inutilizáveis que foram descartados de forma incorreta, percebe-se que a lei não tem uma fiscalização rígida para que seja executada com vigor.

Tendo em mente a magnitude do problema é importante proporcionar estudos para que o problema seja resolvido, devido a série de problemas que pode

ocasionar com o descarte incorreto de pneus no meio ambiente, provocando problemas sanitários, ambientais, sociais e econômicos exaltando novamente o problema dito pela (REDAÇÃO PENSAMENTO VERDE, 2018).

Tendo em mente a magnitude do problema, é importante proporcionar estudos vão ao encontro da resolução desse problema. Dessa forma, conforme será discutido nesse trabalho, uma solução é transformar o pneu em agregado para a produção de massa asfáltica. MAZZONETTO (2011), essa prática além de ser sustentável proporciona benefícios econômicos, pois aumenta a vida útil de um pavimento em 40%, é um pavimento que proporciona ao condutor mais segurança. de um enorme problema em uma prática bastante proveitosa, de 1000 pneus na fabricação de 1 km de asfalto.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

O presente estudo é baseado em um levantamento bibliográfico de caráter descritivo e exploratório com abordagem qualitativa. Serão realizadas pesquisas bibliográficas em artigos científicos e livros disponíveis na internet com livre acesso, bem como em livros disponíveis no acervo da biblioteca do Centro Universitário Atenas.

De acordo com Gil (2010) é vantajoso realizar pesquisas bibliográficas, pois proporciona ao pesquisador uma ampla variedade de artigos, com isso permita-se que tenha enriquecimento sobre o assunto podendo ter domínio na pesquisa, do que ir direto ao assunto em apenas um ponto de partida. Analisar vários artigos de diferentes autores irá proporcionar vários caminhos e soluções para desenvolver o tema.

Ressaltado por Gil (2010), à pesquisa descritiva tem como objetivo se desenvolver baseado em suas características proporcionando visão teórica e detalhada sobre o mesmo. Já a pesquisa exploratória, embora seja mais flexível, sua abordagem tem seu princípio em pesquisas bibliográficas ou estudos e análises de casos. A abordagem qualitativa se define a pesquisa que demonstra a diferença de qualidade que o alvo da pesquisa demonstra ter.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar que o pneu inservível pode ser transformar em uma alternativa sustentável, então no primeiro capítulo específico os objetivos e o por que escolhi este tema, no segundo mostro o surgimento do asfalto-borracha e suas primeiras atividades no Brasil.

No Terceiro capítulo demonstro as diferenças entre o pavimento tradicional e o asfalto borracha e sua produção e também abordo uma breve comparação de resistência entre os tipos de pavimentos, com base em artigos e livros analiso as vantagens e desvantagens de se utilizar o pavimento sustentável. Já no quarto desenvolvo a parte sustentável do tema, aonde aponto os problemas que os pneus inservíveis podem causar e o que o asfalto-borracha agrega a sociedade tirando os pneus inutilizáveis do meio ambiente.

2.SURGIMENTO DO ASFALTO-BORRACHA

O asfalto-borracha é uma inovação que foi criada em 1960 pelo norte-americano Charles McDonald (figura 1). Implementando em quase todas as estradas do Arizona (MAZZONETTO, 2011). Junto com o crescimento dos setores de transportes a utilização do pneu aumentou e com o passar dos anos foram se acumulando trazendo problemas. Esses eram descartados em lugares impróprios acarretando problemas ambientais e problemas para a qualidade de vidas das pessoas (MORILHA JR.; GRECA, 2003).

FIGURA 1 – Inventor do asfalto-borracha, Charles McDonald



FONTE: ANTT (2017)

De acordo com (TOOM, 2015) o asfalto borracha foi criado para solucionar os problemas das estradas avariadas da cidade de Phoenix-Arizona, onde McDonald o criador morava, foi assim que surgiu o apelido para o asfalto de "*band-aid*" significado curativo pois a solução iria "curar" as estradas da região de Phoenix.

Em 1991 o ISTEA decretou que toda produção de massa asfáltica deverá compor da borracha de pneus inservíveis. Prática que se tornou cultura nos estados do Arizona onde chega a ser 90% das estradas, Califórnia e Flórida. (SILVA, 2018).

FIGURA 2 – Trecho confeccionado com asfalto-borracha em Las Vegas



FONTE: SILVA (2018)

O reaproveitamento da borracha de pneus na fabricação de estradas é uma produção mais cara a curto prazo, devido ao modo industrial que se utiliza para adicionar a borracha com a sua devida resistência ao impacto do asfalto intempérie. Segundo Sousa (2011) consultor em pavimentação obvio que será mais caro, cabe saber se a durabilidade será compensatória na implementação do asfalto-borracha (Sousa, 2011 *apud* MAZZONETTO, 2011).

Como o descarte de pneus que perderam sua utilidade gira em torno de 30 milhões todos os anos, o Consórcio UNIVIAS promoveu a ideia de tornar a borracha dos pneus em asfalto. A tecnologia desenvolvida para isso chegou no Brasil em 2001, e a partir de então trouxe para o país uma significativa estratégia econômica, como também uma “via” sustentável, fornecendo um ganho expressivo ao ambiente, uma vez que a maior parte dos pneus é proveniente da borracha vulcanizada, a qual dificilmente se degrada, sendo preciso 300 a 400 anos para que seja decomposta. Ao pensar em outra alternativa, constata-se que a incineração é inviável, já que o produto da queima é o dióxido de carbono, altamente poluente e tóxico para todos os seres vivos. Logo, uma das únicas alternativas perceptível quanto ao destino dos pneus seria o uso dos mesmos na sintetização do asfalto-borracha (asfalto ecológico), em que os técnicos convertem os pneus em pó, a partir da trituração (LACERDA, 2003).

De acordo com LACERDA (2003). Apesar da facilidade em fazer essa conversão, no Brasil não havia quem soubesse ou até mesmo em primeiro momento, quem pudesse trabalhar com a trituração dos pneus e com a adição de seu pó na

preparação dos asfaltos. Logo, pensava-se que seria algo inatingível até que duas empresas, a Greco e a Microsul, resolveram pausar sua produção de referência e investir na borracha dos pneus, o que seria algo hodierno para eles.

2.1 SURGIMENTO DO ASFALTO BORRACHA NO BRASIL

A empresa Greco asfaltos teve a grande iniciativa de trazer este grande avanço na produção de rodovias, antes de começar a produzir o asfalto borracha foram realizados testes em centros de estudos norte-americanos e sul-africanos com intuito de adaptar a tecnologia para ser implantada com êxito em solo brasileiro.

Ainda com dados de acordo com a Greco, após inúmeros testes realizados com a parceria da UFRS, o primeiro pavimento de asfalto borracha foi inaugurado em 2001 entre Guaíba e Camaquã no estado do Rio Grande do Sul localizado no trecho BR-116, concessionado pela UNIVIAS foi um grande avanço em tecnologia sustentável com a produção do asfalto borracha chamado de ECOFLEX pela Greco.

De acordo com BETUSEAL (2014), o departamento de estradas e rodovias rodagem do Rio de Janeiro, DER-RJ, foi um dos primeiros a utilizar o pó de pneu como agregado na produção de asfalto, com a expectativa de aumento na vida útil do trecho em 60%. Foram utilizados cerca de 430 mil pneus inservíveis na fabricação de 35 km de estradas.

3. DIFERENÇA ENTRE OS TIPOS DE PAVIMENTO

O pavimento é uma estrutura perene, composta por camadas de diferentes composições compactados a partir do subleito, para atender estruturalmente e operacionalmente ao tráfego, com uma boa vida útil e de baixo custo independente da geometria do terreno. (BALBO, 2007).

Objetivo das estradas convencionais e o do asfalto borracha são os mesmos, contendo as mesmas camadas estruturais que são:

- * revestimento: a camada que receberá diretamente as cargas sem sofrer grandes deformações elásticas;

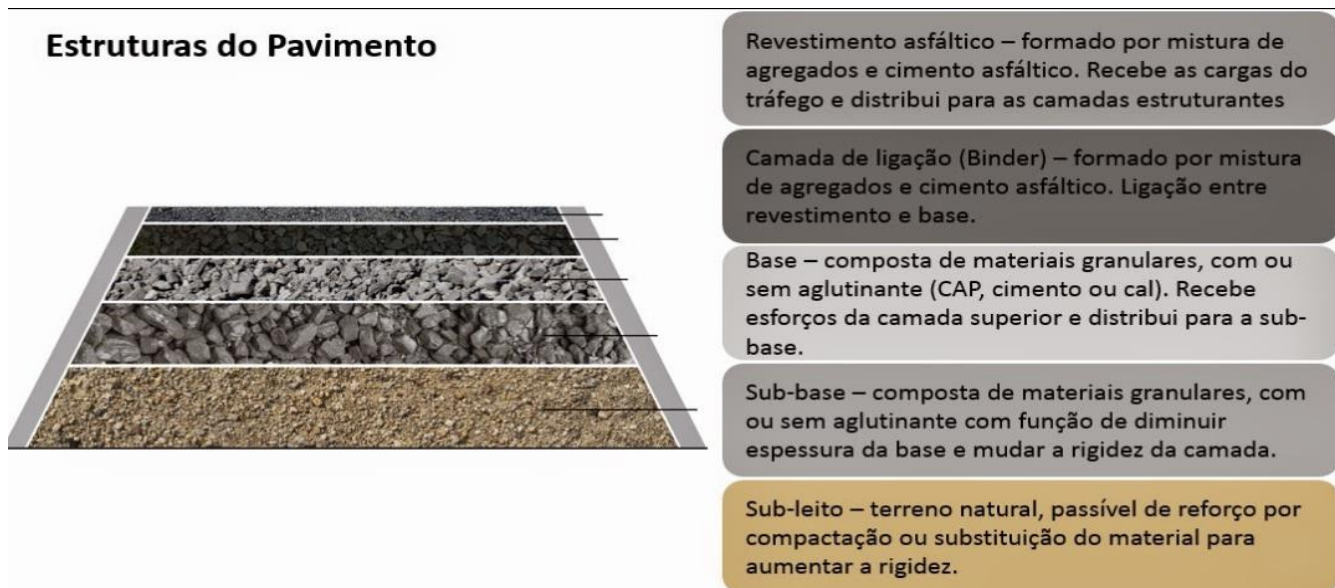
- * subleito: camada mais profunda que servirá para aliviar as cargas das demais camadas;

- * reforço do subleito: camada de correção do subleito caso haja necessidade se o subleito não atender a resistência necessária para suportar as cargas;

- * base e sub-base: camadas que irão suportar inicialmente os esforços verticais e aliviando as cargas até chegarem as camadas inferiores,

- * imprimações entre camadas: são denominadas a pintura de ligação que é responsável por aderir uma camada a outra.

FIGURA 3: Camadas estruturais de um pavimento flexível.



FONTE: GEWERH (2015)

Com bases em estudos de MAZZONETTO (2011) pode-se estimar que um pavimento flexível feito de modo convencional pode durar até 12 anos, sendo feito de maneira correta e planejada de forma exata com base no tráfego presente na rodovia na qual foi destinado. Por outro lado, os pavimentos que se utiliza o pó de pneus velhos duram mais que um pavimento flexível convencional, podendo chegar até 40 anos fazendo, respeitando as manutenções preventivas.

De acordo com BETUSEAL (2014), para resolver o problema das más condições das estradas brasileiras com base nos estudos foi escolhida uma medida sustentável que é o asfalto borracha, trazendo vários pontos positivos, onde o mesmo tem mais resistência, elasticidade e coesão. Ainda se baseando nas palavras de BETUSEAL (2014), o asfalto borracha tem vários pontos positivos onde pensamos em escolhe-lo como a principal opção na hora da execução, mas existe uma desvantagem onde faz com que o asfalto borracha não seja tão utilizado que é o seu alto custo, onde na engenharia o custo é primordial na hora de escolher um método.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO PAVIMENTO CONVENCIONAL (CBUQ)

Com base nos dados do DER/PR (2005), o concreto asfáltico usinado a quente (CBUQ) é uma mistura executada em usinas específicas, utilizando agregados minerais para sua fabricação e concreto a base de petróleo, mistura que é feita em altas temperaturas para que atinja o ponto ideal para facilitar a execução. O CBUQ é destinado para funções específicas como:

a) camada de rolamento ou capa asfáltica - camada que recebe diretamente as cargas do tráfego, essa camada terá estabilidade e flexibilidade compatíveis para suportar as cargas impostas para proporcionar conforto e segurança para os condutores.

b) *binder* - utilizado abaixo da camada de rolamento mas com agregados graúdos maiores e com menos *filler* em sua composição.

c) camada de nivelamento - utilizada para reparos superiores do pavimento, corrigindo deformações e fissuras.

3.2 CARACTERÍSTICAS DO ASFALTO-BORRACHA

Ainda se baseando nos dados do DER/PR (2005), o asfalto usinado com a utilização da borracha do pneu inservível, deverá também ser fabricada em uma usina específica e sua mistura é feita em altas temperaturas igualmente ao CBUQ convencional, utilizando da mesma forma agregados graúdos em sua composição, mas com o diferencial da adição do pó de borracha de pneus. Sua finalidade é a mesma do que o CBUQ tradicional, mas com um uma estabilidade e flexibilidade maior assim tendo aumento na elasticidade e na sua vida útil.

3.3 COMPARAÇÃO DE CUSTO.

OESP (2011) diz que o asfalto-borracha custa R\$ 1.4 mil por tonelada, e o asfalto convencional custa R\$ 1.1 mil. Portanto o asfalto convencional é mais barato em sua execução, mas ressaltando que o asfalto-borracha traz mais benefícios, e evitando gastos futuros, aumentando a vida útil do pavimento, se tornando a melhor opção a longo prazo, mas como as empresas querem lucro imediato eles acabam optando pelo convencional.

Greca (2009) aborda que o asfalto tradicional necessita de 5 cm de espessura em seu pavimento já o asfalto-borracha de 3,5 cm devido a sua alta elasticidade e resistência. Abaixo dados expostos pela GRECA (2009).

QUADRO 1 – Quantidade de massa asfáltica em 30 km.

Revestimento convencional em CBUQ	Revestimento em CBUQ com asfalto borracha com redução de 30%
30.000 m X 7,00 m X 0,05 m X 2,5 t/ m ³ = 26.250 toneladas de massa asfáltica de CBUQ norma	30.000 m X 7,00 m X 0,035 m X 2,5 t/ m ³ = 18.375 toneladas de massa asfáltica de CBUQ com asfalto borracha

Fonte: GRECA 2009

É de grande importância dizer que se uma usina produz 9000 toneladas de CBUQ por mês, o asfalto convencional irá gastar 3 meses para produzir essa quantidade, já o asfalto-borracha será em 2 meses, economizando maquinário e mão de obra qualificada por um período de 1 mês (GRECA, 2009).

QUADRO 2 – Preço por tonelada de massa asfáltica.

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

Fonte: GRECA 2009

Com base nessa tabela podemos perceber que o custo do asfalto borracha ainda é superior do que o tradicional por volta de 15%, mesmo sendo utilizado uma camada de espessura menor comparado ao outro pavimento.

QUADRO 3 – Tabela de custos de execução de CBUQ CAP 50/70 e Asfalto borracha.

Grandezas	Cálculo	Unidade	CAP 50/70	Asfalto borracha
Quantidade de massa asfáltica CBUQ produzida	-	ton.	26.250	18.375
Custo de usinagem por tonelada	-	R\$/ton	200,00	230,00
Quantidade de massa x usinagem/aplicação	A x B	R\$	5.250.000,00	4.226.250,00
Teor de asfalto	-	% peso	5,00	5,50
Custo de asfalto por tonelada	-	R\$/ ton	1150,00	1550,00
Custo do asfalto no CBUQ	A x D x E	R\$	1.509.375,00	1.566.468,75
Custo total da Obra	C + F	R\$	6.759.375,00	5.792.718,75

Fonte: GRECA 2009.

3.4 PRODUÇÃO DO CBUQ MODIFICADO COM PÓ DE BORRACHA.

De acordo com a GRECA (2012) Para se dar início a produção do asfalto-borracha deve ter em mãos a matéria prima, então há toda uma logística para recolher os pneus inutilizáveis, marcando os pontos de coleta, a própria indústria recolhe o material ou contrata terceiros para a realização do serviço.

Quando o pneu chegar a usina tem toda uma preparação antes dele se tornar um componente do CBUQ. Primeiramente é retirado todo o metal existente nele, em seguida é levado para uma maquina onde ele será pulverizado. Depois deste processo ele estará pronto para se tornar um componente que dará origem ao asfalto-borracha.

O pó de borracha é misturado ao petróleo liquido usado em combustíveis, adicionando a composição pedrisco, brita e pó de pedra. Onde é aquecido a quase

200° C, depois de passar por estes processos o CBUQ alterado com o pó de borracha estará pronto para cobrir estradas.

3.5 ANALISE DE RESISTÊNCIA

Tendo como base a GRECA (2012), estudos realizados em seus laboratórios chegaram a resultados impressionantes em questão de resistência quando se fala em asfalto-borracha.

Um equipamento utilizado simula um caminhão passando pelo pavimento, e em um dia este equipamento pode coletar dados equivalentes a 10 anos de um pavimento. Na imagem a seguir podemos comparar os 2 tipos de pavimentos após passarem pelo teste de resistência.

FIGURA 4: Amostras de resistência, asfalto borracha/convencional.



Fonte: GRECA (2012)

Com base neste ensaio podemos notar que o pavimento convencional (amostra 703) houve uma deformação, já o pavimento que foi utilizado o pó de borracha (amostra 866) em sua composição não apresentou deformações em sua estrutura.

Podemos concluir que o asfalto borracha é uma alternativa a médio/longo prazo, não tendo apenas sua resistência como características, trazendo consigo aspectos positivos para a adoção do asfalto-borracha, sendo eles vida útil prolongada, sustentabilidade, economia e segurança.

4.SUSTENTABILIDADE

O pneu hoje é uma das principais ferramentas para que nosso país não pare de produzir. É o grande responsável pelos transportes de cargas em nosso território nacional. Tendo isso em mente podemos enaltecer as nossas rodovias trazendo agilidade no transporte além de segurança para o condutor.

De acordo com a lei TAL, ao atingirem sua vida útil, os pneus deveriam ser recolhidos pelo próprio fabricante. Por outro lado, em detrimento da falta de fiscalização, a lei abordada não entra em vigor, abrindo espaço para que os indivíduos descartem os pneus inadequadamente, uma vez que falta conscientização, assim como a instrução por parte dos responsáveis. São “jogados” em terrenos baldios ao céu aberto, o que acarreta inúmeros problemas para a população, dentre eles, doenças e poluição do meio ambiente.

Segundo BEDUSCHI (2015) existem algumas formas de dar o destino adequado para os pneus inutilizáveis que são, contenção de erosão do solo, combustível para produção de cimento, cal, papel, celulose, tapetes para automóveis dentre outros, mas essa prática é por tempo limitado e algumas podendo ter pontos negativos que trazem impactos ambientais.

Ainda ressaltando as palavras de BEDUSCHI (2015) uma maneira de resolver essa situação de forma ecologicamente correta é transformar o pneu em pó e adicionar em massas asfálticas, além de proporcionar alta durabilidade evitando trincas e fissuras no pavimento melhora o custo nesse sentido.

A utilização da borracha no pavimento irá resolver um grande problema já que os mesmos não podem ser reutilizados para ser feitos novos pneus, sendo assim, é de responsabilidade das fabricantes recolherem todo material, mas essa prática não é 100% executada. Tendo destino desse material para as indústrias que irão transformá-los em pó, pneus não ficarão em terrenos baldios ou aterros, diminuindo a poluição do meio ambiente, sendo esta destinação um método muito eficaz.

De acordo com a Greca (2011) asfaltos já foram retirados da natureza mais de 9 milhões de pneus que foram descartados de forma incorreta na natureza, que tiveram o correto destino para a produção de asfalto borracha, o ECOFLEX da GRECA.

A GRECA asfaltos também confere importância a tecnologia pelos aspectos positivos que ela agrega para a sociedade, pois o pneu é um passivo de

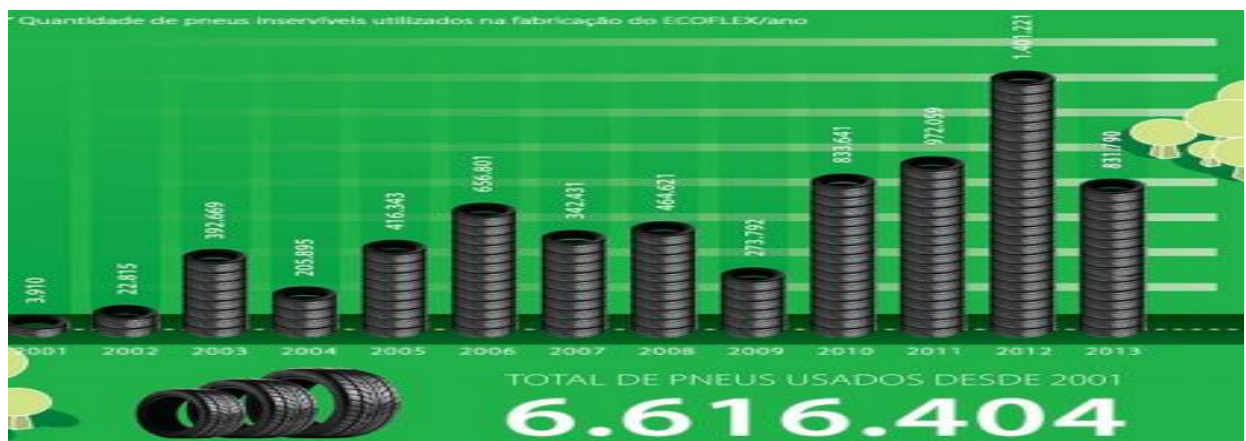
cuidados extremos, onde acarreta problemas de saúde, ocupa grande espaços em terrenos quando o pneu é descartado de forma incorreta onde o mesmo demora vários anos para de decompor, e com a grande produção com isso o descarte de pneu inservíveis nunca irá parar, se não darmos o destino correto irá cada vez mais trazer problemas ambientais graves para o planeta.

De acordo com CONAMA, Resolução nº416 art1, os próprios fabricantes deveriam dar o destino correto para os pneus inservíveis, recolhendo-os na porta do revendedor ou criando pontos de coleta dos mesmos. Lei que funcionaria muito bem em nosso país se houvesse um planejamento e logística adequada, mas infelizmente essa lei quase não é executada, e a população não tem conhecimento desta lei, o que ainda dificulta o redirecionamento correto para os pneus inservíveis sendo jogados em locais impróprios trazendo vários problemas ambientais e sanitários.

Um inconveniente na produção de asfalto-borracha é o custo, sendo o mesmo cerca de 30% mais caro, porém este valor é atribuído à logística de recolhimento dos pneus. No Rio Grande do Sul a empresa Metrovias fez a experiência de se utilizar o asfalto-borracha e notaram que o custo produtivo não se altera em quase nada. Portanto, o preço aumenta devido a logística necessária parar de adquirir a borracha reciclada do pneu (CURY *et al.*, 2015).

Nota-se que o asfalto-borracha tem um retorno financeiro a longo prazo, devido ao seu custo inicial elevado por causa da logística envolvida para conseguir os pneus inservíveis, mas os benefícios ganhos se tornam uma prática bastante proveitosa, pois sua durabilidade é bem maior tendo uma vida útil de quase 40 anos (MAZZONETTO, 2011).

FIGURA 5: Total de pneus utilizados pela GRECA entra 2001 a 2013 na produção de asfalto borracha.

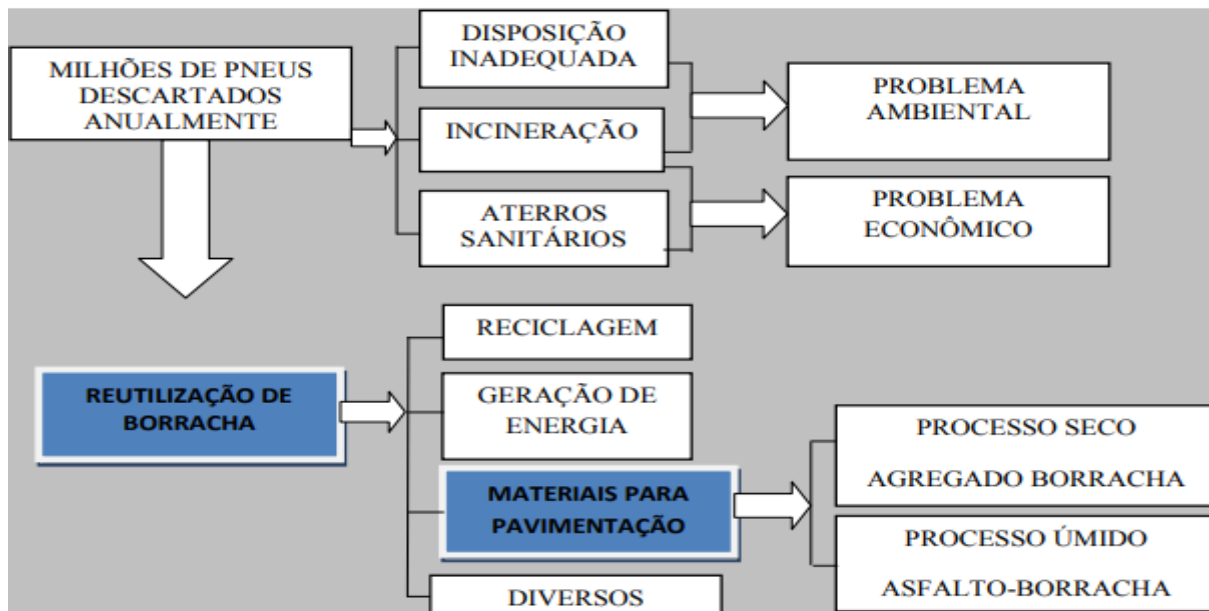


FONTE: GRECA Asfalto

Analisando a Figura 5 é possível perceber que a produção do asfalto borracha irá ajudar de forma significativa o meio ambiente, tirando o pneu da natureza aonde foi descartado de forma irregular e transformando em pó para a fabricação de estradas sustentáveis, dados acima mostram dados de apenas uma empresa, e existem poucas estradas com essa tecnologia, adotar essa tecnologia trará somente benefícios para a população e para nosso planeta. Tendo um custo elevado inicialmente, mas compensando esse valor em manutenção com passar dos anos.

Com base nos dados de ODA (2000), podemos analisar a Figura 6, um fluxograma com o reaproveitamento dos pneus, e os problemas que ele pode causar caso seja descartado de forma incorreta.

FIGURA 6: Fluxograma reaproveitamento do pneu/ problemas causados pelo pneu.



FONTE: ODA (2000)

Como observado na Figura 6, o descarte do pneu de forma incorreta acarreta uma série de fatores negativos, como dito anteriormente provocando problemas de sanitários, econômicos e ambientais demonstrado no anexo A. Quando se dá o destino correto para que o pneu seja reutilizado, no caso na utilização como agregado na fabricação de novas vias, acrescenta uma qualidade maior de vida para a população. Proporcionando menos poluição e trazendo segurança para os motoristas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante dos estudos apresentados, foi possível depreender que a utilização do pneu se tornou indispensável nos diversos setores de produção, essencialmente no auxílio para o transporte de carros de passeio assim como de cargas. Não obstante, com o passar da sua vida útil ou quando se desgastam a ponto de se tornarem inutilizáveis, e na maioria das vezes jogados em lugares impróprios, são fatores desencadeantes de problemas sanitários, ambientais, sociais e econômicos para a população, sobretudo pelo fato da sua decomposição possuir um tempo longo – mais de um século.

O surgimento do asfalto borracha agregado à uma tecnologia inovadora onde se utiliza o pó de pneus inúteis na sintetização de CBUQ e conseqüentemente para fabricação de novas estradas, retirando os pneus inutilizáveis do meio ambiente e destinando-os de maneira adequada. Com a execução do asfalto borracha já foram retirados da natureza milhões de pneus sem proveito que foram descartados no mesmo de forma incorreta.

O asfalto-borracha não traz consigo o benefício de dar um destino correto para os pneus inservíveis, esta inovação proporciona vantagens para o pavimento, se tornando mais resistentes e consistentes aumentando sua elasticidade, acrescentando segurança para os condutores. Mas tem sua desvantagem que é o alto custo de produção que chega a ser 30% mais caro que o asfalto convencional, sendo que na engenharia a economia é primordial.

Apesar do seu alto custo o asfalto-borracha como dito anteriormente tem sua vida útil aumentada com a adição do pó de borracha, e o prazo prévio para uma manutenção do mesmo é longo, concluindo-se que o asfalto-borracha proporcionando lucro à longo prazo.

Com base nos estudos é possível reconhecer que um estudo buscando alternativas para que o custo do asfalto borracha se iguale ao asfalto tradicional, fazendo com que adotem a tecnologia como o método de execução principal. Podendo ter incentivo do governo para facilitar a escolha pelo asfalto-borracha. Tendo uma análise prévia de que se utilizarem o asfalto-borracha, não terão gastos com aquele trecho por um longo período podendo investir em outros setores, ressaltando que estarão protegendo o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ANTT. **Asfalto Borracha: Revisão bibliográfica, avaliação reológica do ligante asfáltico e determinação dos parâmetros mecânicos das misturas asfálticas.** Disponível em: http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/Relat_FINAL_AsfaltoBorr_DEZ17.pdf f>. Acesso em 03 de Novembro de 2019.
- BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração.** São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007.
- BEDUSCHI, E. F. S. **Utilização de pneus inservíveis na composição da massa asfáltica.** Disponível em <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/eliane_fatima_strapazzon1.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.
- BERTOLLO, S. A. M; JÚNIOR, J. K. F; VILLAVERDE, R. B; FILHO, D. M. Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados. **Revista Limpeza Pública**, n. 54. Associação Brasileira de Limpeza Pública – ABPL, 2000.
- BETUSEAL, S. A. **Saiba tudo Sobre Asfalto de Borracha.** Disponível em <<https://www.betuseal.com.br/saiba-tudo-sobre-asfalto-de-borracha/>>. Acesso em: 5 outubro 2019.
- CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 258, de 26 de 1999**, Disponível em <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49>> Acesso em 5 de outubro 2019.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº416, de 30 de setembro de 2009**, Disponível em <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res41609.pdf>>. Acesso em 01 de outubro 2019.
- 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.** Disponível em<[http:// docplayer.com.br/8520413-Analise-socio-economica-e-ambiental-para-o-uso-de-asfalto-emborrachado-na-construcao-de-rodovias.html](http://docplayer.com.br/8520413-Analise-socio-economica-e-ambiental-para-o-uso-de-asfalto-emborrachado-na-construcao-de-rodovias.html)> Acesso em: 25 maio. 2019.
- DER/PR. **TABELA DE PREÇOS - Especificações de Serviços Rodoviários.** Disponível em <<http://www.der.pr.gov.br/modules/conteudo/print.php?conteudo=73>> Acesso em 02 de outubro 2019.
- GEWEHR, J. **ASFALTO DE QUALIDADE - Tecnologias, equipamentos, técnicas e boas práticas de Pavimentação. Informações sobre construção, manutenção e recuperação de rodovias.** Disponível em <<http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2015/04/vida-util-do-pavimento-e-de-sua.html>> Acesso em 03 de novembro 2019.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRECA ASFALTOS. Disponível em: <<http://www.grecaasfaltos.com.br>>. Acesso em 09 out 2019.

GRECA ASFALTOS. **Orientação Acadêmica.** Disponível em : <<http://www.grecaasfaltos.com.br/orientacao-academica>>. Acesso em 30 novembro 2019

GRECA. **Linha Ecoflex PAVE.** Disponível em: <http://www.flexpave.com.br/leiamais_ecoflex/13_estudo_ecoflex_2009.pdf>. Acesso em 09 de outubro 2019.

LACERDA; M. **Pneus que viram asfalto.** Disponível em<<https://super.abril.com.br/ideias/pneus-que-viram-asfalto/>> Acesso em: 5 setembro. 2019

MAZZONETTO; C. **Asfalto-borracha** – Infraestrutura Urbana. 11 ed. Editora Pini.: São Paulo. 2011. Disponível em <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/asfalto-borracha-a-adicao-de-po-de-borracha-extraido-de-245173-1.aspx>>. Acesso em: 03 maio. 2019.

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.

REDAÇÃO PENSAMENTO VERDE. **As Principais Consequências do Descarte de Pneus no Meio Ambiente.** Disponível em <<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/as-principais-consequencias-do-descarte-de-pneus-no-meio-ambiente/>>. Acesso em: 03 de maio. 2019.

SEST SENAT. **Cerca de 450 mil Toneladas de Pneu são Descartados por ano no Brasil.** Disponível em <<https://www.sestsenat.org.br/imprensa/noticia/cerca-de-450-mil-toneladas-de-pneus-sao-descartados-por-ano-no-brasil>>. Acesso em: 03 de maio. 2019.

SILVA, Gabriella. COÊLHO, 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.

ODA, Sandra. **Análise da Viabilidade Técnica da Utilização do Ligante Asfalto. Borracha em Obras de Pavimentação.** Tese (Doutorado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

OESP. GUIAS. **Custo Barra Uso De Asfalto Ecológico.** Disponível em <<https://www.estadao.com.br/blogs/guias/custo-barra-uso-de-asfalto-ecologico/>> Acesso em 07 de outubro. 2019.

TOOM. PAULA. Asfalto borracha. **Uma ideia antiga para um futuro mais limpo.** Acesso em: < <https://oestadorj.com.br/asfalto-borracha-uma-ideia-antiga-para-um-futuro-mais-limpo/>> Acesso em 27 de setembro 2019.

ANEXO A – Pneu Descartado de Forma Incorreta

FONTE: GEWERH (2015)