



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACIG

RESÍDUOS DE PNEUS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Maxwell Klem Horsts de Oliveira

Manhuaçu / MG

2019



MAXWELL KLEM HORSTS DE OLIVEIRA

RESÍDUOS DE PNEUS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Engenharia da Universidade UNIFACIG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: José Francisco Anunciação Pinto

Manhuaçu / MG

2019



MAXWELL KLEM HORSTS DE OLIVEIRA

RESÍDUOS DE PNEUS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Engenharia da Universidade UNIFACIG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: José Francisco Anunciação Pinto

Banca Examinadora

Data de Aprovação: 12 de Dezembro de 2019

Mestre em Engenharia Civil, José Francisco Anunciação Pinto;

Especialista Juslei Vieira de Souza

Mestre Leandro José de Lima

Manhuaçu / MG

2019



RESÍDUOS DE PNEUS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Autor: Maxwell Klem Horsts de Oliveira

Orientador: José Francisco Anunciação Pinto

Curso: Engenharia Civil Período: 10º Área de Pesquisa: Engenharia Civil

Resumo: O presente artigo discorre sobre a utilização de resíduos da borracha de pneus na pavimentação asfáltica, dada a importância da busca por soluções construtivas que sejam eficientes e ambientalmente vantajosas. Tendo em vista a precariedade das estradas brasileiras, o estudo objetiva mostrar uma forma eficaz de melhoria das características do asfalto, e ainda mostrar uma forma de destinação correta para a grande quantidade de pneus descartados. Para esse fim foi realizado uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, onde pode-se obter informações sobre as vantagens e desvantagens dessa tecnologia, e a importância de aplicá-la na pavimentação asfáltica. Ao final, percebe-se que é válida a sua utilização já que se tem uma melhoria significativa das características do concreto, trazendo mais segurança e conforto aos usuários das vias pavimentadas, e tem-se também um ganho econômico a longo prazo, tendo em vista que a necessidade de reparo é bem menor com esse método, além de proporcionar um destino ambientalmente adequado para os resíduos de pneus.

Palavras-chave: Asfalto Borracha. Pavimentação Flexível. Pneus. Reutilização de Pneus. Pavimentação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. DESENVOLVIMENTO:	5
2.1 Referencial Teórico.	5
2.1.1 Transporte Brasileiro.....	5
2.1.2 Pavimentos Rodoviários	6
2.1.3 Patologias nos Pavimentos.....	9
2.1.4 Impactos Ambientais na Construção Civil.....	9
2.1.5 Impactos Ambientais nos Descartes de Pneus.....	10
2.1.6 Utilização de Pneus em Pavimentação Asfáltica.	11
2.2. Metodologia.....	14
2.3. Discussão e Resultados.....	14
3. CONCLUSÃO.....	16
4. REFERÊNCIAS:.....	17

1. INTRODUÇÃO

A pavimentação asfáltica é a camada superior e visível da estrada que tem como função absorver e resistir às ações de tráfego e transmiti-la para as camadas inferiores de solo, além de melhorar as condições de conforto e segurança do rolamento (BERNUCCI et al., 2008).

Fazer a pavimentação de uma via de circulação de veículos é uma obra civil que tem como objetivo melhorar a operação de tráfego, criando uma superfície mais regular (garantindo o conforto dos passageiros), fazendo uma superfície mais aderente (garantindo uma maior segurança na pista úmida ou molhada), e uma superfície menos barulhenta (garantindo um maior conforto ao ambiente em vias rurais e urbanas) (BALBO, 2007).

O Brasil é um país de clima tropical caracterizado por ser quente e chuvoso. Como estruturas de terras tendem a ser mais frágil em relação à água, a pavimentação veio como solução para o seu escoamento em períodos de chuva, porém a mesma vem sofrendo com a baixa qualidade empregada pelos responsáveis em relação a sua construção trazendo assim riscos para o tráfego da região.

Uma grande quantidade de pneus é descartada com destinações inadequadas em terrenos baldios, lixões e aterros sanitários podendo trazer prejuízos ambientais como poluição do solo, prejuízos à saúde, onde eles servem como fontes para diversas doenças como dengue, febre amarela e malária, e também prejuízos econômicos uma vez que é preciso investir na retirada dos pneus de rios e lagos e também mais investimentos na área da saúde graças às doenças causadas por eles (CHRISTÓFANI et al., 2017).

É de grande preocupação da sociedade o descarte inadequado de pneus no meio ambiente, se referindo ao gerenciamento de resíduos sólidos. Para tal fato, há várias alternativas, tais como a incineração em fornos de cimento e celulose e a confecção de artesanatos de borracha. Porém existem diversas opiniões contrárias, quanto à essa primeira alternativa, pois ela leva a grande emissão de gases tóxicos durante a queima, como a segunda alternativa, por apresentar pequena redução de volumes (CURY, M. V. Q. et al., 2003).

Buscando solucionar o problema da grande quantidade de resíduos sólidos gerado pela indústria e borracha e do descarte de pneus, estão sendo desenvolvidos vários estudos sobre como reutilizar e reciclar tal material, tendo em vista o grande volume gerado e seu grande período de degradação, podendo durar de 400 a 800 anos (DIAS, 2005).

O presente estudo objetiva mostrar os benefícios da reutilização de pneus inservíveis como insumo de pavimentação, buscando assim um melhor descarte do mesmo trazendo benefícios ambientais, econômicos e técnico proporcionando um aumento de durabilidade e qualidade da pavimentação.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Referencial Teórico

2.1.1 Transporte Brasileiro

Sem uma infraestrutura eficiente e eficaz, que atenda objetivos diversos de um país: viabilizando o produto potencial, integrando a população à economia

nacional, por meio de modais de transporte e sistemas de comunicações que interliguem as regiões, reduzindo os desperdícios de recursos, não há crescimento econômico sustentável (BARBOZA, 2014)

Segundo Rocha (2015) o transporte contribui com a integração do país e com o seu desenvolvimento econômico, e cada modal de transporte, sendo eles, aéreo, aquaviário, ferroviário e rodoviário se complementam fazendo assim o escoamento dos produtos entre as regiões.

O modal de transporte rodoviário, sendo o mais utilizado no Brasil, enfrenta situações precárias, principalmente fora dos eixos das grandes capitais. As estradas são de baixa qualidade, não oferecendo segurança ao transporte. Cabe ao governo a utilização de investimentos para melhoria e adequação das deficiências (BARBOZA, 2014).

2.1.1.1 Transporte Rodoviário Brasileiro

Devido ao alto fluxo de veículos diários, transportando cargas e passageiros, e por ser responsável por movimentar as economias locais, regionais, nacional e internacional, é de extrema importância que a infraestrutura rodoviária esteja em boas condições de uso e que seus pavimentos apresentem um bom desempenho ao longo do tempo, sendo resistentes ao calor, intempéries e tráfego, evitando o surgimento precoce de defeitos que coloca em risco a integridade física de quem circula pelas vias, além de aumentar os custos com a manutenção dos veículos (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2019).

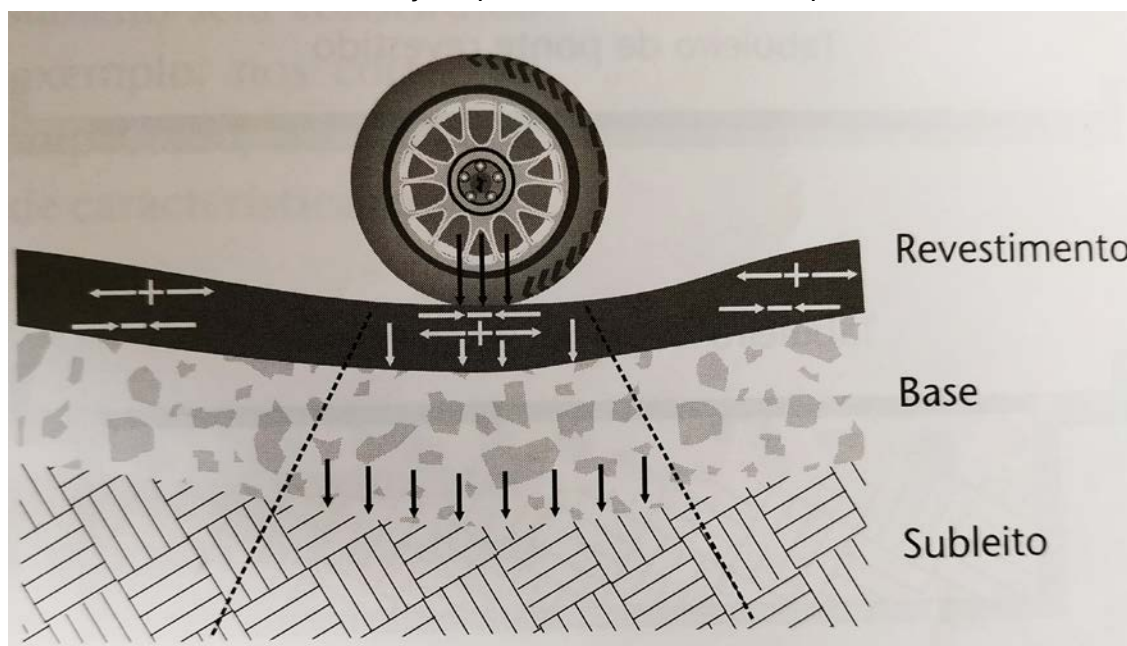
O transporte rodoviário com uma participação de 61,1% do transporte de cargas, ainda continua sendo o modal predominante na matriz de transporte do Brasil, mesmo com a queda no ritmo de expansão da malha rodoviária e do baixo investimento em comparação com os patamares alcançados entre as décadas de 1960 e 1980. Em 2017 o transporte rodoviário de passageiros transportou aproximadamente 79,5 milhões de pessoas em linhas regulares interestaduais e internacionais (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2018).

2.1.2 Pavimentos Rodoviários

O pavimento é uma estrutura não perene, feitas de camadas de diferentes materiais compactados a partir do subleito. Em seu sentido estrutural o pavimento é concebido para receber e transmitir esforços sobre as camadas inferiores que mesmo não sendo regras são geralmente menos resistentes de modo a diminuir as pressões (Figura 1). Todas as peças devem trabalhar de modo que não ocorram ruptura ou danificações de forma prematura nos materiais que constituem suas camadas (BALBO, 2007)

Revestimento é a superfície sobre a qual trafegam os veículos sendo assim a camada visível aos usuários e responsável pela segurança e conforto no rolamento (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2019).

FIGURA 1– Esforços aplicados em camadas do pavimento



Fonte: BALBO, 2007.

A pavimentação tem como meta propiciar um tráfego confortável e seguro, com estruturas e materiais capazes de suportar os esforços decorrentes da ação do tráfego combinados com as condições climáticas, a um mínimo custo, ou seja, buscando, sempre que possível, o aproveitamento de materiais locais para as obras, garantindo um bom desempenho de materiais locais para as obras, garantindo um bom desempenho em termos de custos operacionais e de manutenção ao longo dos anos de serviço desta infraestrutura social. Aliás, nesses aspectos, reside a verdadeira arte e a ciência da engenharia de pavimentação, que, como pura técnica (sem aplicação de conceitos científicos, mas como uma arte de saber fazer), já era assim entendida há mais de dois milênios (BALBO, 2007, p.16).

2.1.2.1 Classificação dos Pavimentos

Segundo Senço (2007) há várias incertezas com relação à metodologia de classificação dos pavimentos no meio acadêmico, devido às diversas alternativas estruturais existentes e utilizadas amplamente. Embora o pavimento seja composto por várias camadas, os pavimentos tradicionalmente são classificados em dois tipos: rígidos e flexíveis, que distribuem a carga pela base e sub-base de maneiras diferentes.

2.1.2.2. Pavimentos Flexíveis

Pavimentos flexíveis são aqueles em que as camadas ligadas são constituídas por materiais betuminosos conferindo assim uma considerável deformabilidade ao pavimento. As camadas superiores, camadas betuminosas, constituídas pela camada de desgaste, camada de regularização e camada de base em alguns casos, são camadas que oferecem resistência à tração, por serem materiais ligados, asseguram uma resistência a fadiga. Já as camadas não ligadas (inferiores) são feitas de

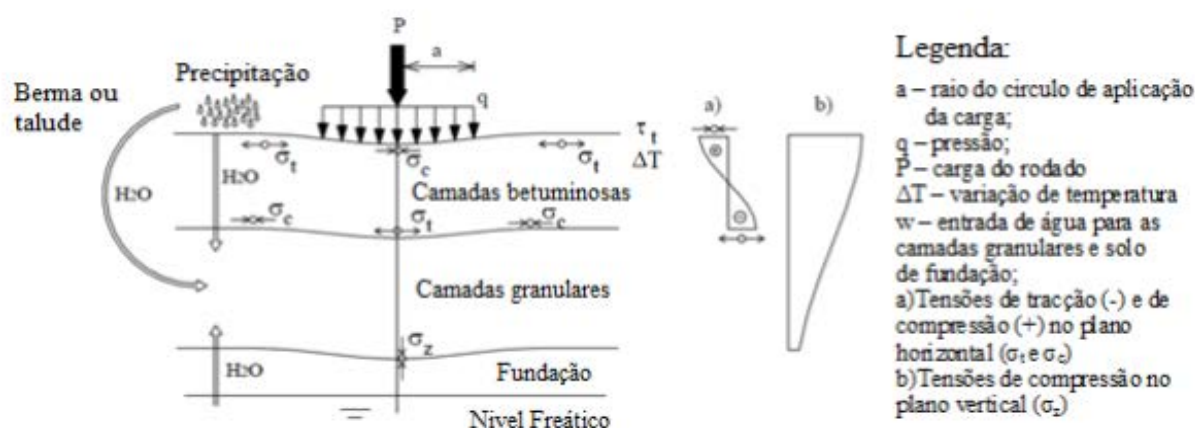
materiais granulares não ligados e junto com o solo de fundação, conferem resistência às tensões de compressão ao pavimento (FRANCISCO, 2012).

De acordo com Rossi (2017) a pavimentação é realizada essencialmente com material asfáltico na camada de revestimento, apresentando ter uma resistência variável, já que de acordo com a espessura dessa camada a resistência pode aumentar ou diminuir.

Asfalto pode ser definido como uma mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo, obtido por meio de destilação ou de forma natural, cujo principal componente é o betume, podendo apresentar também, em sua composição, oxigênio, nitrogênio e enxofre em pequenas proporções. O betume é uma mistura de hidrocarbonetos pesados que apresenta propriedades ligantes, inflamáveis e de elevada viscosidade. Portanto, o asfalto consiste em um material betuminoso. No Brasil, o termo betume e asfalto são frequentemente utilizados como sinônimos (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2019, p.11).

A figura 2 mostra um pavimento, do tipo flexível, solicitado pelas condições do tráfego e climáticas. As camadas betuminosas, também chamadas de camada de desgaste deve ser impermeável à água. E as camadas inferiores do pavimento devem ser permeável, para que a água infiltrada no pavimento saia facilmente.

FIGURA 2 – Representação esquemática das solicitações e do comportamento de um pavimento rodoviário flexível



Fonte: MINHOTO, 2005

2.1.2.3 Pavimentos Rígidos

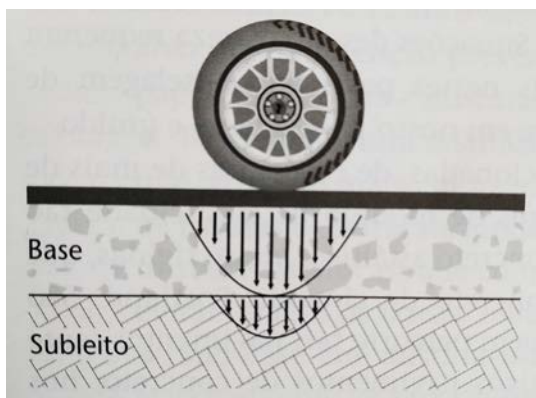
Revestimento rígido é aquele feito a partir do cimento Portland e por ser bastante resistente, pode ou não apresentar uma camada sub-base entre o subleito e o revestimento, dependendo da qualidade do material do subleito (ROSSI, 2017)

Os pavimentos rígidos apresentam uma deformabilidade menor, por causa de sua camada superior que são constituídas por concreto, que funciona como uma laje de concreto, desempenhando o papel da camada de desgaste e de base em uma só camada. Constituída de materiais granulares, e em alguns casos estabilizada por um

ligante hidráulico, a camada na qual assenta a laje de concreto é a camada de sub-base (FRANCISCO, 2012).

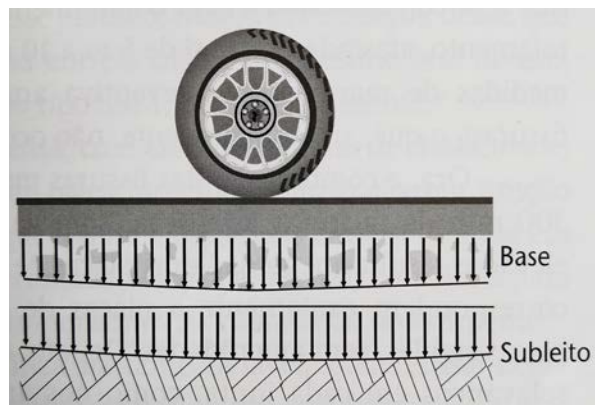
Segundo Marques (2003) a espessura do pavimento rígido é determinada à partir da resistência à tração do concreto, considerando também a fadiga, coeficiente de reação do subleito e cargas aplicadas. Tem uma vida útil maior e são pouco deformáveis.

FIGURA 3.1 Resposta mecânica de pavimento flexível: pressões concentradas



Fonte: BALBO, 2007.

FIGURA 3.2 Resposta mecânica de pavimento rígido: Pressões distribuídas



Fonte: BALBO, 2007.

Baldo (2007) diz que quando se tem uma carga atuante sobre um pavimento flexível, faz nessa estrutura um campo de tensões concentrado, próximos ao ponto de aplicação na carga (figura 3.1), em um pavimento rígido, se tem um campo de tensões mais disperso, fazendo com que a carga seja distribuída semelhantemente em toda a dimensão (figura 3.2) proporcionando menores esforços verticais (pressões) sobre o subleito.

2.1.3 Patologias nos Pavimentos

Os desgastes dos pavimentos estão relacionados à várias patologias, entre elas estão: retração térmica, desagregação, deformações excessivas, fissuras e fadiga. As duas primeiras estão mais relacionadas com as características dos materiais e as condições climáticas atuantes, e as duas últimas com o tráfego e a estrutura do pavimento (SPECHT, 2004).

2.1.4 Impactos Ambientais na Construção Civil

Conforme a Resolução nº 01/86 do CONAMA, a definição legal de Impacto ambiental pode ser definida como:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, p.1).

Conforme Barbisan et. al., (2011) a construção civil é responsável por vários impactos ao local e região onde se instala a obra, pelas atividades diretas ou indiretas. Desde a fabricação do cimento e transporte de materiais até uma alteração de uma área por terraplanagem ou formação de lago por uma barragem. Esses impactos são ambientais, sociais e econômicos.

2.1.5 Impactos Ambientais nos Descartes de Pneus

De acordo com Lagarinhos e Tenório (2009) pneus usados estão se tornando um problema mundial, tendo em vista que o seu descarte cresce de ano após ano em todo o mundo. Pouca importância era dada à disposição final dos pneus, que eram descartados em aterros, vales, rios, entre outros, mesmo nos países mais desenvolvidos. Enquanto nos países emergentes o problema era ignorado e o destino final dos pneus eram em aterros, rios, beira de estradas, entre outros. A quantidade de pneus descartados e sua durabilidade no ambiente, motivam medidas mitigadoras dos impactos ambientais e a realização de pesquisas em vários países, inclusive no Brasil.

FIGURA 4 – foco de proliferação do *aedes aegypti*, transmissor de doenças



Fonte: PINHO, 2015

O descarte inadequado de pneus faz com que aconteçam vários fatores maléficos ao meio ambiente e para a sociedade. O descarte incorreto é uma prática corriqueira principalmente em grandes centros urbanos que cresceram de forma desordenada, então por falta de infraestrutura, ou de instruções à população os pneus são descartados em aterros, lagos, lixões, córregos e rios, causando impactos, tais como contaminação do solo, pela liberação de substâncias tóxicas, enchentes e proliferação de mosquitos, podendo causar doenças como a dengue (Figura 4). (SOUZA, 2009).

2.1.6 Utilizações de Pneus em Pavimentação Asfáltica

A utilização da borracha de pneus na mistura asfáltica consiste em uma técnica que, além de se obter propriedades desejáveis para o pavimento, possui uma importância ambiental enorme, proporcionando uma destinação mais sustentável para os milhões de pneus descartados por ano (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2019).

Segundo Zatarin et. al., (2016) além de evitar fontes de poluição causadas pelos pneus, a reciclagem é ambientalmente correta ao utilizar ao máximo um recurso natural, a borracha traz um produto com melhores características técnicas quando misturada ao asfalto.

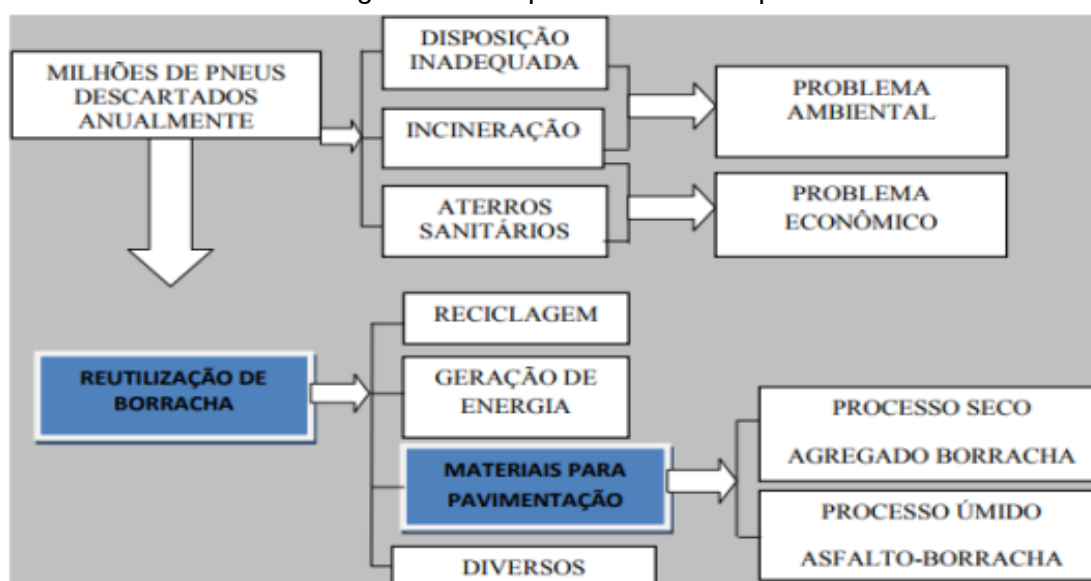
2.1.6.1 Histórico

Conforme Oda e Júnior (2001) os engenheiros e químicos, durante anos, trabalham na mistura de borracha natural (látex) e borracha sintética (polímeros) em ligantes asfálticos, tentando melhorar as propriedades elásticas do ligante asfáltico. Porém só na década de 40 que teve início a história da adição de borracha de pneus inservíveis em pavimentação asfáltica com a Companhia de Reciclagem de Borracha, U.S. Rubber Reclaiming Company, que colocou no mercado o Ramflex (produto composto de material asfáltico e borracha desvulcanizada reciclada).

2.1.6.2 Processos de Adição da Borracha

A utilização da borracha reciclada de pneus na mistura, modifica o asfalto e da origem ao asfalto-borracha. Tem sido utilizado em diversos países por proporcionar vários benefícios técnicos ao pavimento, além do grande benefício ao meio ambiente por proporcionar a reciclagem correta dos pneus, que é na maioria das vezes descartado inadequadamente. Para fazer essa incorporação de borracha nas misturas asfálticas, podem ser utilizados 2 processos, sendo eles: úmido e seco (ECHEVERRIA et al., 2017)

FIGURA 5 – Fluxograma do reaproveitamento de pneus descartados



Fonte: ODA; JÚNIOR (2001)

A figura 5 apresenta um fluxograma referente ao descarte e reaproveitamento de pneus, entre as formas de reaproveitamento mostradas é possível notar o processo úmido e o processo seco

2.1.6.2.1 Processos de Adição da Borracha – Via Úmida

De acordo com Oda e Júnior (2001) no processo úmido, a borracha moída de pneus (cerca de 5 a 25% do peso total de ligante) é misturada no ligante asfáltico antes de colocar o agregado. Dessa forma ocorre reação entre os componentes, alterando suas propriedades.

No processo de via úmida, o ligante é obtido através da incorporação da borracha no ligante asfáltico, em um tanque de reação, sob temperaturas entre 75 e 200°C. Passado o período de reação, o produto é armazenado em outro tanque, onde contém um sistema mecânico constante de agitação, mantendo a mistura dispersa, evitando a deposição das partículas que não reagiram com o ligante asfáltico (ODA; NASCIMENTO; EDEL, 2005).

2.1.6.2.2 Processos de Adição da Borracha – Via Seca

No processo seco, o resíduo da borracha dos pneus é misturar com o agregado e depois se adiciona o ligante asfáltico. Nesse método não existe resultados que concluem um melhor desempenho dos pavimentos em longo prazo (ODA E JUNIOR, 2001).

O processo via seca emprega em relação à massa total de agregados, cerca de 3 a 5% de borracha moída. Esse método não apresenta melhorias significante no revestimento asfáltico, porém, ajuda a retirar de circulação os pneus usados, já que a borracha moída participa da massa, não tendo transferência de suas propriedades ao ligante asfáltico. (ODA; NASCIMENTO; EDEL, 2005).

2.1.6.3 Vantagens Econômicas na Utilização de Borracha em Asfalto

Sanches; Grandini e BaierleJunior (2012) fizeram um estudo na Rua Ângelo Domingos Durigan, situada em Curitiba, onde selecionaram para estudo 400 metros da via. Foram selecionados os 200 metros que dividem os dois tipos de pavimento, para se obter um tráfego mais próximo um do outro, e também outro trecho de 100 metros escolhido aleatoriamente para cada tipo de pavimentação. Ambas as vias foram executadas no ano de 2005, e após 7 anos foram analisados os custos de execução e de recuperação da rua.

7 anos após o início da utilização da via em estudo, chegou-se à conclusão através de análise visual que aproximadamente 70% do trecho com CAP-50/70 sofreu algum tipo de manutenção, por outro lado, o asfalto-borracha teve somente 10% de reparo.

Segundo Sanches; Grandini e BaierleJunior (2012) o custo de execução e manutenção, (considerando que o custo de manutenção é o mesmo para o asfalto convencional e o asfalto borracha, tendo em vista que a manutenção se dá da mesma forma para ambas pavimentações) é dada da seguinte forma: “Execução de pavimento em asfalto convencional com preparo de base: R\$ 46,66/m². Execução de pavimento em asfalto-borracha com preparo de base: R\$ 77,22/m². Manutenção em asfalto convencional: R\$ 67,30/m²” (SANCHES; GRANDINI; BAIERLEJUNIOR, 2012, p.59).

Após os 7 anos de uso foi observado vários desgastes nas vias. Aplicando percentualmente a quantidade de manutenção necessária em cada trecho, se tem novos valores para o custo de manutenção: “Manutenção do asfalto-borracha: R\$ 67,30/m² x 0,10= R\$ 6,73/m². Manutenção do asfalto convencional: R\$ 67,30/m² x 0,70= R\$ 47,11/m²” (SANCHES; GRANDINI; BAIERLEJUNIOR, 2012, p.60).

Somatório dos valores da execução e manutenção: “Manutenção + Execução AB8: R\$6,73/m² + R\$77,22/m² = R\$83,95/m². Manutenção + Execução CAP-50/70: R\$47,11/m² + R\$46,66/m² = R\$ 93,77/m²” (SANCHES; GRANDINI; BAIERLEJUNIOR, 2012, p.61).

Observa-se que se tem um custo de 11,69% menor para o asfalto borracha neste período de 7 anos.

Não se faz necessária a correção monetária, pois todos os valores comparativos são de 2012.

2.1.6.3 Vantagens Ambientais na Utilização de Borracha em Asfalto

Segundo Greca (2013), pioneira na utilização do asfalto borracha, a ECOFLEX, tem impacto direto na retirada de pneus inservíveis da natureza, utilizando o pó de borracha moída, levando em consideração uma pista de pouco mais de 7 metros de largura, chega-se a aproximadamente 1.000 pneus para cada quilômetro.

FIGURA6: Total de pneus usados de 2001 a 2013



FONTE: Greca Asfalto: Contabilidade ecológica –Asfalto-borracha, (2013)

De acordo com Orsi e Simon (2006) o asfalto-borracha é uma forma de preparo da mistura asfáltica aproveitando os resíduos de pneus, aprimorando a resistência, permeabilidade e aderência. O asfalto recebe cerca de 20% de borracha de pneus velhos triturados, sendo de grande contribuição para o reaproveitamento desse resíduo de difícil destinação. São utilizados de 200 a 1000 pneus, dependendo do tipo de tecnologia utilizada, para construção de um quilômetro desse tipo de pavimentação.

2.1.6.4 Vantagens Técnicas na Utilização de Borracha em Asfalto

A adição da borracha dos pneus no asfalto proporciona vários benefícios para o pavimento, sendo eles, redução do envelhecimento, por causa das substâncias que diminuem a oxidação; aumento da flexibilidade e da resistência as deformações; menor suscetibilidade térmica; redução de ruídos na passagem de veículos, dando um melhor conforto aos locais próximos a rodovias e aos passageiros; melhor aderência, tendo um aumento a segurança dos passageiros (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2019).

Os ligantes modificados com borracha de pneu têm viscosidade bem mais elevada que a de ligantes convencionais, que aliada à sua excelente coesão e flexibilidade, permite a sua utilização em misturas asfálticas especiais, tais como camadas porosas de atrito (CPA), Stone Mastic Asphalt (SMA) e Gap-Graded. Tais misturas proporcionam superfícies de pavimento com excelente macro-textura, o que se traduz em ganhos no atrito pneu/pavimento e na drenabilidade superficial, melhorando a visibilidade (anti-spray) e reduzindo os riscos de aquaplanagem em dias de chuva (ODA; NASCIMENTO; EDEL, 2005,p.4).

2.2. Metodologia

Para realização do presente trabalho sobre a utilização de resíduos de pneus em pavimentação asfáltica foi realizada uma pesquisa bibliográfica onde se buscou dados e informações sobre essa tecnologia a fim de demonstrar vantagens e desvantagens da mesma.

2.3. Discussão e Resultados

Existem dois processos de adição da borracha na pavimentação asfáltica, sendo elas: processo úmido e processo seco. No processo seco a borracha é misturada junto com o agregado e não apresenta melhoras significativas nas características do asfalto, já no processo úmido ela é misturada no ligante asfáltico antes de colocar o agregado. Dessa forma ocorre reação entre os componentes, alterando suas propriedades.

De acordo com os dados obtidos na pesquisa, observou-se que existem diversos benefícios na utilização do asfalto borracha em relação ao asfalto convencional, sendo eles, benefícios ambientais, econômicos e técnicos.

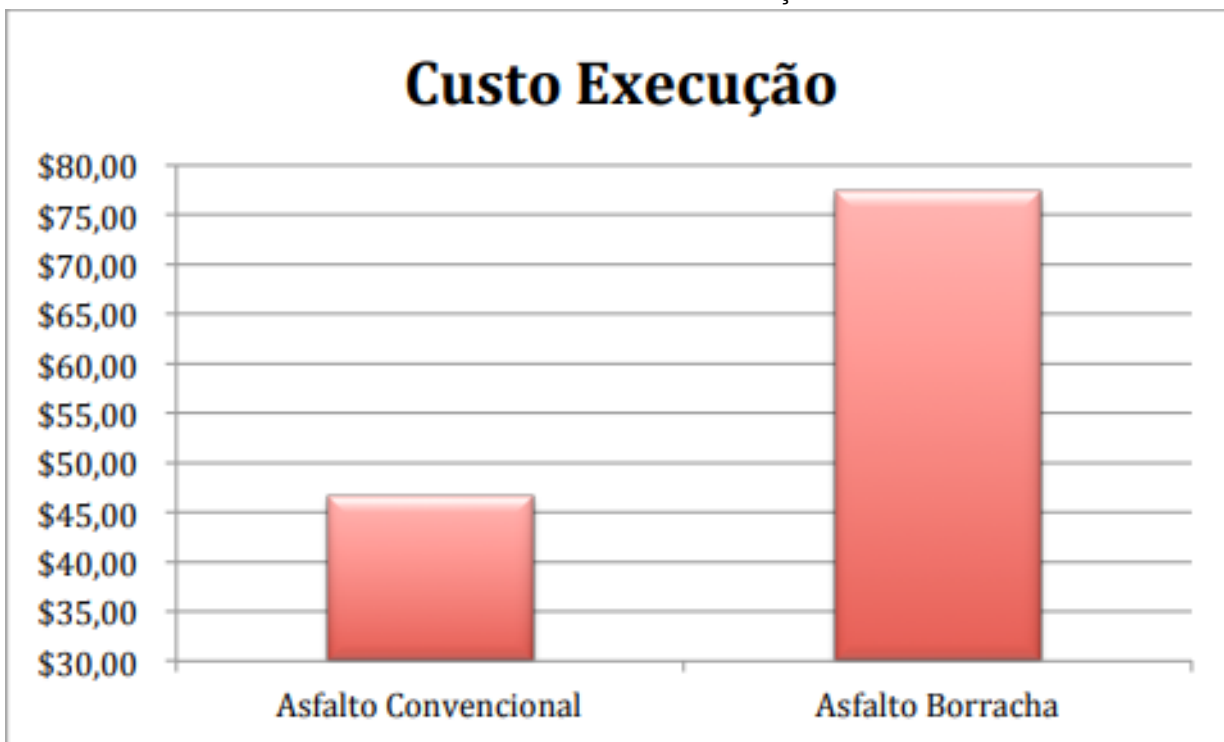
Na questão ambiental deduz-se que a utilização dessa tecnologia é de grande eficiência, tendo em vista que apresenta uma destinação correta da borracha dos pneus, tanto no processo seco quanto no processo úmido. De acordo com o autor Orsi

e Simon (2006) São utilizados de 200 a 1000 pneus, dependendo do tipo de tecnologia utilizada, para construção de um quilômetro desse tipo de pavimentação. Se utiliza aproximadamente 1.000 pneus para cada quilômetro em uma pista de 7 metros de largura (GRECA, 2013). De acordo com esses resultados, pode-se dizer que o asfalto com a utilização da borracha é uma obra ecológica, já que propõem a retirada de milhares de pneus descartados incorretamente no meio ambiente.

Com esse método de pavimentação, utilizando o processo úmido de mistura da borracha, as bibliografias utilizadas mostram uma melhoria técnica no asfalto como redução do envelhecimento, aumento da flexibilidade, resistência as deformações, diminuição do ruído e uma melhor aderência, o que levando em consideração a precariedade das estradas brasileiras, é um ganho enorme de qualidade e conforto, e portanto mostra-se de grande valia a sua utilização.

Mostrando-se uma melhora na qualidade do asfalto, o estudo de Sanches; Grandini e Baierle Junior (2012) mostra que com uma melhor pavimentação é necessária menos reparo na pista, e que apesar do maior custo de execução representado pelo gráfico 1.

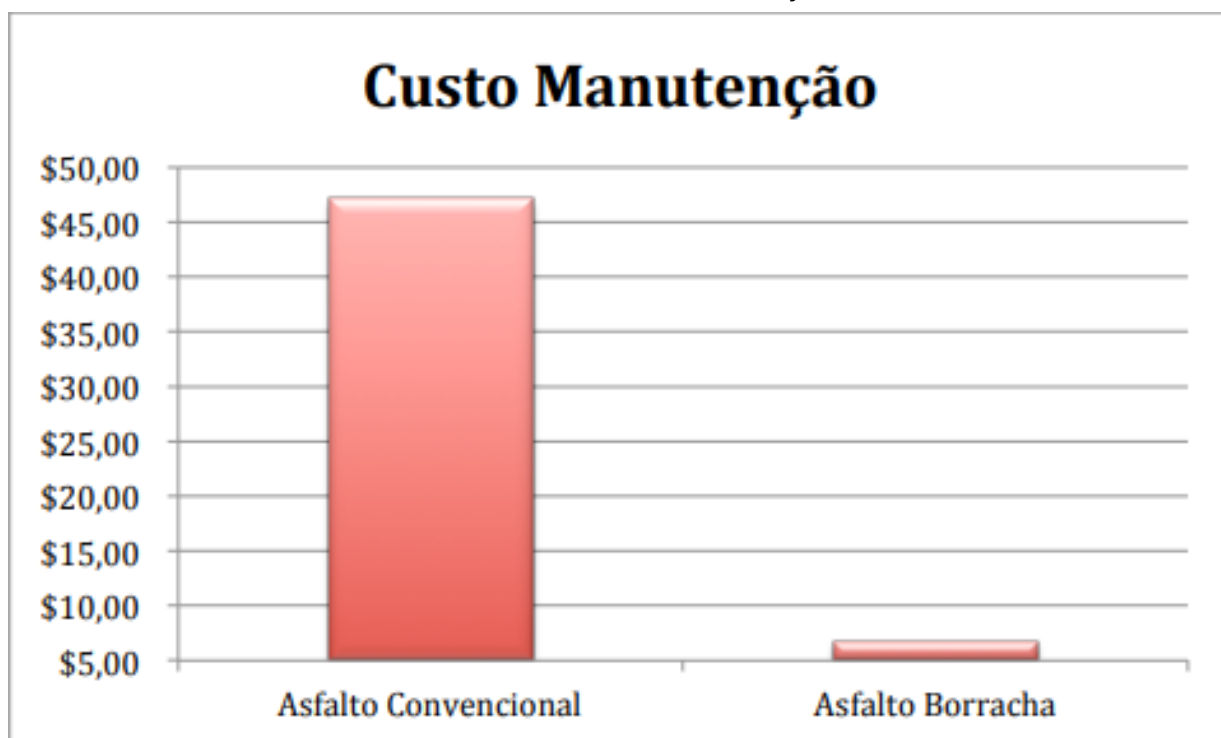
GRÁFICO 1: Custo de Execução



FONTE: SANCHES; GRANDINI; BAIERLE JUNIOR, 2012

O asfalto borracha tem um custo de 11,69% menor em um período de 7 anos, graças ao custo de manutenção exporto no gráfico 2.

GRÁFICO 2: Custo de Manutenção



FONTE: SANCHES; GRANDINI; BAIERLE JUNIOR, 2012

Levando em consideração que esse ganho é devido as baixas patologias apresentada em relação ao asfalto convencional, esse valor tende-se a aumentar.

3. CONCLUSÃO

Tendo em vista a grande geração de resíduos no Brasil, torna-se importantíssimo a destinação correta desses, levando em consideração a grande degradação ambiental causada por eles. Dentre os vários meios de se reutilizar e reciclar o resíduo de pneus, destaca-se a sua incorporação à pavimentação asfáltica, buscando diminuir os impactos ambientais, melhorando assim o ambiente e fazendo de tal, uma obra sustentável.

Levando em consideração a precariedade das estradas em nosso país, dificultando assim o transporte de cargas, e a utilização das estradas para trabalho, viagens e passeios, o que é de extrema importância para a economia do país, torna-se imprescindível a busca por melhorias na qualidade dos pavimentos, buscando alternativas viáveis, de fácil utilização e que apresente benefícios à população.

Através da pesquisa realizada, tira-se a conclusão de que é de ótima valia a reutilização de resíduos de pneus em pavimentação asfáltica, e que tal técnica pode trazer diversos benefícios ao país, melhorando significativamente a infraestrutura das estradas brasileiras.

Examinando os benefícios técnicos, ambientais e econômicos gerados pelas técnicas de adição da borracha em pavimentação asfáltica, conclui-se que a forma de adição úmida é mais eficiente, por apresentar maiores benefícios na melhoria da qualidade do rolamento.

Essa técnica de pavimentação traz melhorias significativas no meio ambiente, por proporcionar a reutilização de pneus inservíveis, que são causadores de diversos problemas sociais, como por exemplo a proliferação de doenças através dos

mosquitos gerados na água parada desses pneus, e também problemas como poluição e contaminação do lençol freático.

A reutilização de pneus como forma de pavimentação, traz também benefícios econômicos à quem é de responsabilidade pela obra, pois apesar de um maior custo inicial, as baixas deformidades e a diminuição das patologias, faz com que se precise de pouca manutenção, e também aumenta o tempo de duração da pista, o que traz economia, fazendo com que a obra seja extremamente viável.

De acordo com a pesquisa realizada, essa técnica de pavimentação traz benefícios técnicos significativos, como redução do envelhecimento, aumento da flexibilidade, resistência as deformações, diminuição do ruído e uma melhor aderência. Características essas que trazem um melhor conforto e segurança para os usuários da pista.

Conclui-se então que esse método de pavimentação, utilizando resíduos de pneus inservíveis em sua composição, apresenta diversas melhorias em relação ao pavimento convencional, o que torna valido a sua utilização, uma vez que além de se ter melhorias técnicas e ser economicamente viável, ela ainda contribui com o desenvolvimento sustentável.

4. REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BARBISAN, Ailson Oldair et al. Impactos ambientais causados pela construção civil. **Revista Unoesc & Ciência**, v. 2, n. 2, p. 173-180, Joaçaba, 2011.

BARBOZA, Maxwell Augusto Meireles. A ineficiência da infraestrutura logística do Brasil. **Revista Portuária Economia & Negócios**, v.01, n.1. 2014. Disponível em: <<http://www.revistaportuaria.com.br/noticia/16141>>. Acesso em: 05 de Outubro de 2014.

BERNUCCI, Liedi Légi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 001**, de 23 de janeiro de 1986.- In resoluções 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 23 set. 2019.

CHRISTÓFANI, Maria Paula Hêngling et al. Aspectos ambientais sobre pneus inservíveis. **Revista Iniciação científica, Tecnológica e Artística**, Edição Temática em Sustentabilidade, Edição Temática em Sustentabilidade. Vol. 7 nº1, Novembro, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Plano CNT de Transporte e Logística 2018**.CNT. Brasília, 2018

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte rodoviário: impactos da qualidade do asfalto sobre o transporte rodoviário**.CNT. Brasília, 2019.

CURY, M. V. Q. et al. **Análise socioeconômica e ambiental para o uso de asfalto emborrachado na construção de rodovias**. 2003. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transporte, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, 2003.

DIAS, Márcia Rodrigues. **Utilização de mistura asfáltica com borracha pelo processo da via-seca**: execução de um trecho experimental urbano em Porto Alegre - RS. 2005. Dissertação de mestrado, PPGE/UFRGS, Porto Alegre, 2005.

ECHEVERRIA, José Antônio Santana et al. **Avaliação Da Mistura Asfáltica Com Incorporação Da Borracha De Pneu**. XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia. UNIJUÍ. Ijuí, 2017

FRANCISCO, Ana Paula Santos. **Comportamento Estrutural de Pavimentos Rodoviários Flexíveis**. 2012. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Bragança, 2012

GRECA ASFALTOS. Contabilidade ecológica. **Informativo Quadrimestral: Fatos e Asfaltos**. Ano 10. n. 25. p. 3. 2013. Disponível em: <http://www.grecaasfaltos.com.br/fatos/fatos_25.pdf> acesso em: 09 de Outubro de 2019.

LAGARINHOS, Carlos Alberto Ferreira; TENÓRIO, Jorge Alberto Soares. Reciclagem de pneus: discussão do impacto da política brasileira. **Engevista**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, 2009. Disponível em: <<http://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8837>>. Acesso em: 08 de set. de 2019

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. Pavimentação. **Notas de aula. Universidade Federal de Juiz de Fora**, Faculdade de Engenharia. Juiz de Fora, 2003.

MINHOTO, Manuel Joaquim da Costa. (2005). **Consideração da Temperatura no Comportamento à reflexão de Fendas dos Reforços de Pavimentos Rodoviários Flexíveis**. Tese de Doutorado, Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Braga, 2005.

ODA, Sandra; JUNIOR, José Leomar Fernandes. **Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2001.

ODA, Sandra; NASCIMENTO, Luiz Alberto Herrmann; EDEL, Guilherme. Aplicação de asfalto-borracha na Bahia. **3º Congresso Brasileiro Petróleo e Gás**. Salvador, 2005.

ORSI, Álvaro; SIMON, Cristiana Liebold. **Asfalto Borracha: Uma Alternativa Ambiental para Pneus em Desuso**. 2006. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/ensinodareportagem/meiob/asfaltob.html>> Acesso em :27 de jun. 2019.

PINHO, Marcio. **Área de monotrilho em SP vira ponto de uso de drogas e depósito de lixo**. São Paulo: G1, 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao>>

paulo/noticia/2015/12/area-de-monotrilho-em-sp-vira-ponto-de-uso-de-drogas-e-deposito-de-lixo.html>. Acesso em: 27 nov. 2019

ROCHA, Cristine Fursel. **O transporte de cargas no Brasil e sua importância para a economia**. 2015. (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, Ijuí, 2015.

ROSSI, Anna Carolina. **Etapas de uma Obra de Pavimentação e Dimensionamento de Pavimento para uma Via na Ilha do Fundão**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019646.pdf>> Acesso em: 17 out. 2019

SANCHES, Felipe Gustavo; GRANDINI, Fernando Henrique Bueno; BAIERLE JUNIOR, Orlei. **Avaliação da viabilidade financeira de projetos com utilização do asfalto-borracha em relação ao asfalto convencional**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2012.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual Técnico de Pavimentação**: Volume 1. 2ª ed. Pini. São Paulo, 2007.

SOUZA, Renata Tatiana. **Análise da logística reversa de pneus usados e inservíveis e seus impactos ambientais quando descartados inadequadamente**. Monografia. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

SPECHT, Luciano Pivoto. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus**. Tese de Doutorado, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. 2004.

ZATARIN, Ana Paula Machado et al. Viabilidade Da Pavimentação Com Asfalto-Borracha. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 649-674, 2016.