

Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto

Environmental and economic advantages in the use of rubber in asphalt

DOI:10.34117/bjdv7n12-325

Recebimento dos originais: 12/11/2021

Aceitação para publicação: 09/12/2021

Matheus Baldez Lopes Pereira

Discente de Engenharia Civil pela Universidade Nilton Lins (UNL)

Universidade Nilton Lins (UNL)

Rua Av. Prof. Nilton Lins 3259, Flores – Manaus, AM, Brasil.

E-mail: matheus.baldez0@gmail.com

Antonio Estanislau Sanches

Orientador, Engenheiro Cartógrafo e Civil, Professor Universitário

Universidade Nilton Lins (UNL)

Rua Av. Prof. Nilton Lins 3259, Flores – Manaus, AM, Brasil.

E-mail: novo.sanches@gmail.com

Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro

Professora da disciplina, Engenharia Civil, Engenharia de Segurança do Trabalho,

Licenciatura em Matemática, Especialista em didática no ensino superior tutoria e docência em EAD.

Universidade Nilton Lins (UNL)

Rua Av. Prof. Nilton Lins 3259, Flores – Manaus, AM, Brasil.

E-mail: erikamarquespinheiro@gmail.com

RESUMO

O pneu tem papel indispensável e imprescindível na vida diária, seja no transporte de cargas ou de passageiros. Contudo, quando não se pode mais utilizá-los, se acarretam uma gama de problemas sanitários e ambientais. Uma forma de correção destes problemas é a incorporação de borracha advinda de pneus em revestimentos asfálticos, prática está já empregada nos Estados Unidos desde 1970 e recentemente incorporada no Brasil. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi abordar a utilização da borracha de pneus para a pavimentação asfáltica, demonstrando sua contextualidade histórica e os avanços tecnológicos deste reuso em nosso país. Como metodologia, tratou-se de um levantamento bibliográfico de caráter descritivo e exploratório, com abordagem qualitativa sobre o uso e os avanços do asfalto-borracha, baseando-se seguindo em diversos artigos neste contexto. A sua utilização como material ligante asfalto borracha, seja natural ou sintético em carros e caminhões, pode acarretar vantagem na pavimentação asfáltica devido ao impacto positivo no meio ambiente, pois o processo de modificação da borracha modificada é altamente controlado e teor de suas partículas varia de 15% a 20% em relação ao peso da mistura, diluentes e alguns aditivos. As misturas com asfalto borracha apresentam um desempenho muito superior às misturas comuns, reduzindo em 50% na espessura das camadas betuminosas de asfalto. De uma maneira geral pode-se concluir que a utilização da adição de borracha de pneus em ligantes asfálticos aplicados em obras de pavimentação no Brasil se mostra como uma técnica promissora para

umentar a durabilidade de das estradas e ruas. O fato de o ligante possuir borracha, o faz mais elástico, assim sendo o pavimento apresenta uma flexibilidade maior, pronto para suportar amplas variações de temperatura e tráfego pesado sem as conhecidas fissuras, assim demonstra ter uma fadiga menor e uma maior resistência às deformações das trilhas dos pneus. Aponta-se algumas vantagens sobre o asfalto/borracha: diminuição do envelhecimento por oxidação, aumento da flexibilidade e da vida útil em até 30%, maior e melhor aderência do pneu ao pavimento, entre outros.

Palavras-chave: Reutilização de pneus, Pneu inservível, Asfalto-borracha.

ABSTRACT

Tyres have an essential and indispensable role in daily life, whether in the transport of cargo or passengers. However, when they are no longer in use, they entail a range of health and environmental problems. One way to fix these problems is to incorporate tyre rubber into asphalt coatings, which is a practice already used in the United States since 1970, and just recently in Brazil. Thus, the objective of this study was to address the use of rubber tyres for asphalt paving, demonstrating its historical contextualization and technological advances of this reuse in our country. As a methodology, this was a literature of descriptive and exploratory nature with a qualitative approach to the use and progress of rubber asphalt, based on several articles in this context. Its use as rubber material asphalt binder, both natural or synthetic, in cars and trucks, can lead to advantages in asphalt paving due to the positive impact on the environment because the rubber modification process is highly controlled and the content of its particles varies from 15% to 20% relative to the weight of the mixture, solvents and some additives. The rubber asphalt mixtures have a much higher performance than the ordinary mixtures, reducing by 50% the thickness of the bituminous asphalt layers. In general, it can be concluded that the use of rubber crumb added asphalt binders applied in paving projects in Brazil appears as a promising technique for increasing the durability of roads and streets. The fact that the binder has rubber, makes it more elastic, thus, the floor has a greater flexibility, ready to withstand wide variations in temperature and heavy traffic without cracking. Thus, it demonstrates less fatigue and greater resistance to deformation of the tyre tracks. It points out some advantages over the asphalt/rubber: decreased aging by oxidation, increased flexibility and service life by up to 30% bigger and better adhesion of the tyre to the pavement, among others.

Keywords: Paving, Tyre reuse, Rubber asphalt.

1 INTRODUÇÃO

Levantamentos recorrentes da Confederação Nacional do Transporte – CNT têm considerado a grande maioria dos pavimentos do Brasil de baixo conforto ao rolamento, incluindo muitos trechos concessionados da malha federal. Estima-se de 1 a 2 bilhões de reais, por ano, para manutenção das rodovias federais. Acredita-se que seriam necessários R\$ 10 bilhões para recuperação de toda a malha viária federal.

A crescente demanda nas rodovias brasileiras, por um melhor asfalto, aliada a necessidade de se inovar para ser sustentável. Faz-se necessário cada vez mais buscar

soluções para reduzir os problemas ambientais e aumentar a vida útil do pavimento. Que podem ser solucionados com alta qualidade de construção e implementação de materiais descartáveis e inutilizáveis.

Este trabalho visa destacar que reutilização de pneus inservíveis na produção de massa asfáltica, asfalto borracha, na construção civil se torna cada vez mais comum na pavimentação dando grande aderência e flexibilidade ao polímero ligante, destacar também porque este método é pouco aplicado no Brasil. Surgem como forma inovadora de se melhorar as estradas brasileiras e mundiais com matérias reciclável, ambientalmente corretas e gerando menor custo manutenção.

Assim como os demais setores da economia, a indústria da construção civil também vem passando por transformações. O presente trabalho procura solucionar a seguinte questão: Como o asfalto borracha pode melhorar a sustentabilidade do planeta?

Este estudo tem como objetivo demonstrar, através de uma pesquisa bibliográfica, como a inovação através da reutilização de pneus pode melhorar não só a economia, mas também a reciclagem dos mesmos. Entre seus objetivos específicos estão: a utilização de técnicas na implantação da pavimentação asfalto borracha, o custo manutenção, a diferença entre o asfalto convencional e o asfalto borracha, a melhoria do mesmo no meio ambiente e na pavimentação asfáltica.

Quanto aos seus objetivos este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa exploratória. Inicialmente o estudo busca aprofundar os conceitos em relação ao tema abordado, buscando as principais publicações que tratam do tema. Após análise e sintetização, estes dados foram expostos de forma descritiva estudo busca em materiais já publicados alguns exemplos de pavimentação asfalto borracha, viabilizando a realização de uma análise comparativa.

2 METODOLOGIA

A metodologia baseou-se em pesquisas bibliográficas exploratórias com a finalidade de encontrar métodos construtivos e sustentáveis para uso de pavimentação através da internet em sites, artigos científicos e livros.

Com auxílio do Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006). E para tornar mais ampla à pesquisa as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Todo o estudo realizado, teve como resultado a escolha do tema Asfalto-Borracha por ser um método pouco empregado no Brasil e sua aplicação ser sustentável.

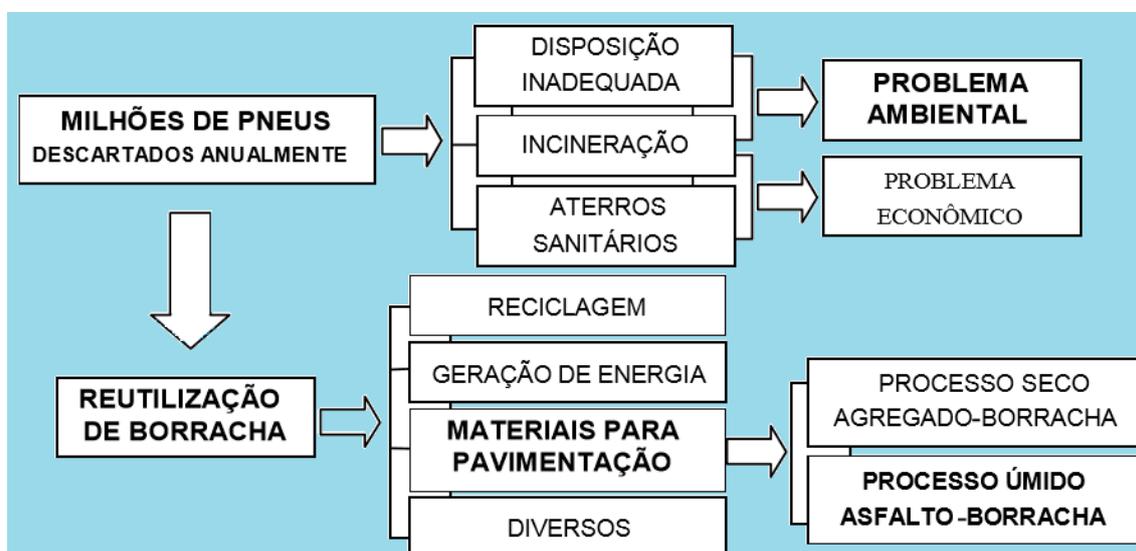
Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (Bernucci et al,2010).

De acordo com a NBR 7207 – Terminologia e classificação de pavimentação, o pavimento é definido como “estrutura constituída após terraplanagem e destinada, economicamente e simultaneamente, em seu conjunto:

A resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais e oriundos dos veículos, melhorar as condições de rolamento quanto a comodidade e segurança, resistir aos esforços horizontais.

Asfaltos: são materiais aglutinantes de cor pardo-escuro ou negro e nos quais o constituinte predominante é o betume.

Materiais betuminosos: são hidrocarbonetos de cor, dureza e volatilidade variáveis, encontrados em materiais naturais. Ao ser processado por combustão gera o betume que engloba asfaltos e alcatrões;



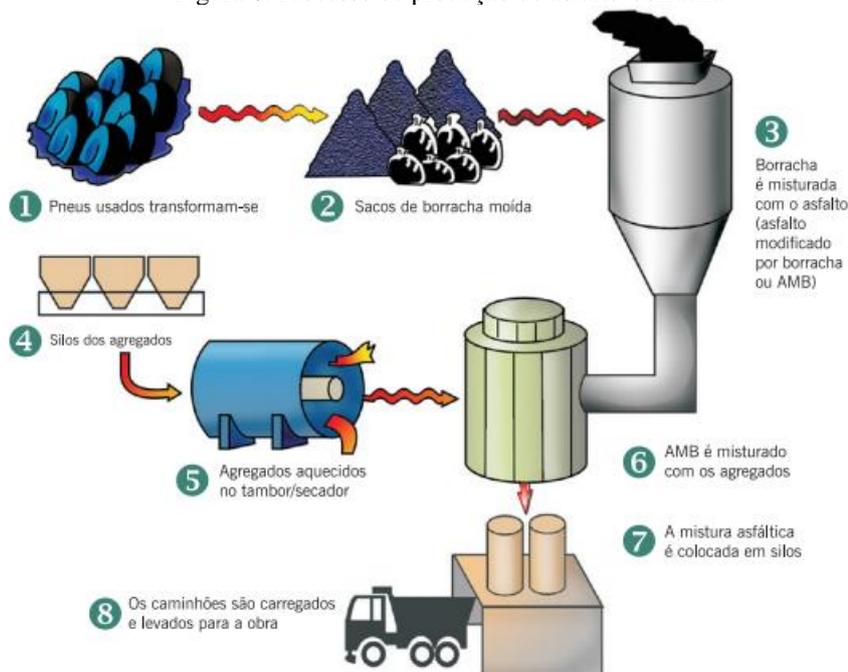
No processo de via seca (borracha- agregado) a borracha é imediatamente triturada e colocada em contato com os agregados antes da adição ao asfalto, com massa de agregado é de 0,5 a 3% de borracha granulada. A técnica de produção de mistura do processo é semelhante ao usado na produção de concreto asfáltico a quente (CAUQ) convencional, com menor custo em relação ao processo úmido.

Apesar de algumas evidências que a mistura borracha- agregado tem suas propriedades melhoradas, ainda é realizado estudos com maior dimensão em pavimentos já construídos na década de 60, 70, 80, pois não existem ainda resultados conclusivos ao desempenho do processo via seco. Mesmo com maior quantidade de borracha na composição, a propriedade da borracha não é muito explorada, pelo fato de serem diretamente inseridas na mistura, porém deve ser homogênea para não se deteriorar.

Via úmida ao contrário ao processo por via seca, a borracha moída é adicionada ao CAP aquecido, contendo cerca de (5 a 25%) do peso total do ligante- asfalto, por último é acionado os agregados, produzindo o pavimento modificado com borracha de pneus (PMB). As partículas sofrem variações de sua propriedade e componentes dependendo do grau de modificação tais como tamanho da borracha, propriedade do cimento asfáltico, temperaturas, reações durante a mistura.

De acordo com Bertollo et al. (2003) e Morilha (2004): O ligante modificado por borracha moída de pneus por via úmida, dependendo do seu processo de fabricação, pode ser não-estocável é produzido com equipamento misturador na própria obra. O sistema estocável é preparado com borracha, produzindo um ligante estável e relativamente homogêneo, posteriormente transportado para cada obra. Podem ser empregados em pavimentação como tratamentos superficiais, concreto asfáltico e selagem de trincas.

Figura 6. Processo de produção de asfalto-borracha



Fonte: <http://www.sinicesp.org.br/materias/2013/bt08a.htm>

Equipamento de compactação são rolos pneumáticos com regulagem de pressão, rolo metálico liso tipo tandem. Os pneumáticos autopropulsionados são dotados de dispositivos que permitam calibragem de variação de pressão dos pneus de 0,25 MPa á 0,84 MPa.

Equipamento de distribuição e acabamento constitui-se de vibroacabadoras com função de alinhar, espalhar e atingir as cotas e abaulamento do projeto para obter um resultado especificado no projeto.

Termômetro utilizado para controle de temperatura do material betuminoso asfáltico.

Equipamento para aquecimento dos materiais betuminosos é o caminhão espargidor usado para manter as misturas em temperatura aquecidas sem perder suas propriedades estabelecidas dentro do limite especificado.

Veículos para transportes dos materiais de acordo com o especificado no projeto, sendo viável o uso de caminhão e caçamba. E outros equipamentos e acessório necessário para execução dos serviços.

Rolo pneumático



Fonte: <http://www.grecaasfaltos.com.br>

Caminhão espargidor



Fonte: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/17EncontroTecnico>

Caminhão basculante e Vibroacabadora de Asfalto sobre esteiras



Fonte: TechNova Terraplenagem e Pavimentação

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

Buscando melhorias e explicações a Escola politécnica da Universidade de São Paulo, realizou ensaio sobre a deformação permanente de pavimentos, de misturas

asfálticas modificados por asfalto convencional por asfalto borracha com resultados positivo ao uso do asfalto borracha que apresentaram valores de deformações no simulador muito inferior ao asfalto convencional com isso mostrou-se menos suscetível a formação de trilhas de roda.

Foram submetidas duas placas para ao simulador de trafego, a placa da esquerda é confeccionada com ligante convencional deformou-se 13% após 10.000 ciclos, quanto que a placa da direita é composta por asfalto borracha deformou-se apenas 5% após 30.000 ciclos de deformações a fig.10 mostra as placas após o simulador de trafego.

Placas de CBUQ e Asfalto borracha



Fonte: Nunes e Mendes (2009)

3 RESULTADOS

Foram abordados os parâmetros, desempenho e aplicação do asfalto borracha no qual se obtiveram sucesso ao método empregado, e também foram relacionados os custos manutenção especificados em gráficos no qual o resultado foi o que o asfalto borracha tem um custo de execução de aproximadamente 20% maior que o asfalto convencional, contudo apresenta melhor desempenho em relação à manutenção reduzindo o custo de 90%.

Diante dos resultados apresentado as técnicas de pavimentação convencional já existente empregadas em rodovias não apresentam um resultado satisfatório, faz-se necessárias novas técnicas que apresentem qualidade superior para suportar a demanda de trafegabilidade, apesar de o modal rodoviário ser o mais utilizado no Brasil a pavimentação convencional por limita-se às trincas de fadiga e, conseqüentemente, a

degradação prematura do pavimento, promovendo assim falta de segurança e menor escoamento de produtos

O asfalto modificado de Borracha que durante toda a pesquisa mostrou-se que suas propriedades apresentam um aumento significativo da sua durabilidade, vida útil, devido a obtenção de um ligante betuminoso com excelentes propriedades elastômero, com alta viscosidade a altas temperaturas e com excelente viscosidade a baixas temperaturas. Além destas melhorias nos revestimentos asfálticos, ajuda na diminuição da problemática ambiental dos depósitos de pneus inservíveis que vem preocupando autoridades de diversas partes do país.

Analisando todas as técnicas empregadas na implantação dos pavimentos sustentáveis o autor Di Giulio o asfalto-borracha ajuda a minimizar o problema de disposição inadequada dos pneus, mas ser chamado de “asfalto ecológico” foi uma jogada de marketing de algumas empresas, muitas das quais não fazem investimentos em suas plantas industriais para minimizar a poluição atmosférica nem são cobradas pelos órgãos ambientais. Conforme no contexto de Pablos que uma das questões de fundamental importância para a sociedade é a necessidade de reciclar ou reaproveitar lixos, rejeitos e resíduos por ela gerados, como forma de recuperar matéria e energia, preservando recursos naturais, oferecendo uma menor degradação do meio ambiente e proporcionando melhorias nas condições de vida das comunidades.

Em virtude da falta de incentivos fiscais e do seu alto custo inicial, o Asfalto Borracha ainda não é um pavimento utilizado em grande escala no Brasil, em relação ao mundo. Com a dificuldade na questão de arrecadação e repasse de verba do poder público para recursos rodoviários de pavimentação é necessário reinventar e procurar soluções técnicas viáveis para modelos de pavimentação de alta performance e resistência Lastran, 1998.

Para Nunes e Mendes o asfalto tem sido o principal material aglutinante utilizado na construção de rodovias e vias urbanas, entretanto, o aumento de veículos comerciais e de carga transportada por eixo, tem levado ao fracasso prematuro do pavimento, resultando o aumento dos custos e manutenção, engarrafamento e atrasos de usuários.

Custo e manutenção andam lado a lado na pavimentação uma vez que a busca por um polímero ligante de modificação é feita para compensar a perda de resistência e melhorar a vida útil do pavimento melhorando seu desempenho pelo processo de modificação asfáltica Spech, 2004.

Sendo assim, estipula-se que com investimento em novas técnicas, para aplicação do asfalto borracha, possa ser a solução para que se consiga maior dinâmica na construção civil, onde a técnica possui qualidade e cumpre as exigências normativas e com melhoramento técnico e econômica sendo uma solução para problemas ambientais, como o descarte de matéria prima para pavimentação.

Com a descoberta de tecnologias, uso contínuo de técnicas inovadoras e a busca constante pela inovação, são as principais metas nas construções sustentáveis, tendo em vista obter ganhos na qualidade e ambientais a ponto de que sejam o caminho para um novo meio sustentável e econômico de se produzir qualidade Roberto, 2009).

Contudo, na construção civil diariamente a inovação está presente, seja em técnicas ou produtos, melhorias acontecem pensamentos evoluem, a demanda do planeta é grande, há muitas melhorias a serem feitas, há muito que se aprender e se realizar, o trabalho é longo, o apoio é indispensável para um futuro melhor, a cada dia, o ser sustentável e inovar torna-se algo indispensável no cotidiano, métodos de trabalho são ultrapassados, buscam-se soluções, as vezes simples, as vezes mais difíceis, porém de todo uma sucata surge um algo novo, inovação tecnológica aliada ao conhecimento, a construção civil pede a cada dia um novo amanhã para que o mundo seja mais sustentável. Roberto, 2009.

De acordo o todos os autores citados o uso do asfalto borracha torna-se de fundamental importância para melhorias de pavimentação, gerando grandes benefícios não só para a vida útil do pavimento, mas também provendo uma maior trafegabilidade, além de ser uma técnica sustentáveis. Os governantes devem fazer um maior investimento, pois o Brasil ainda deve investir constantemente na implementação de uma gestão mais qualificada no que tange a normativas ambientais se 10% das estradas pavimentadas do Brasil fossem recuperadas com a borracha de pneu, mais de 16 milhões deles teriam destino certo. Sem falar na economia de 120 mil toneladas do asfalto propriamente dito, o derivado do petróleo usado para pavimentação de estradas.

Além destes fatores, é importante salientar a ampla necessidade da existência de publicações acadêmicas que tratem o tema proposto, pois a disseminação de informações entre os estudantes favorece o crescimento da empregabilidade deste método.

4 CONCLUSÃO

Com a construção civil ganhando novos métodos construtivos, inovando em tecnologia e qualidade buscando um melhor desempenho faz-se necessários programas que possam diminuir os impactos ambientais com foco na sustentabilidade.

O estudo mostrou os problemas que acarretam as rodovias provocando grandes conseqüências para os usuários, promovendo assim preocupações com a qualidade dos métodos empregados e elevado custo manutenção, para melhorar o sistema rodoviário, surge o asfalto borracha que é bastante empregado internacionalmente é a modificação do asfalto convencional com a adição de um polímero ligante a borracha de pneus inservíveis, melhora o desempenho do pavimento, obtendo maior elasticidade e resistência.

Além de reduzir os impactos ambientais causados pelos descartes indevidos de pneus pode-se constatar que milhões de pneus são descartados erroneamente, gerando um enorme dano ambiental. O reaproveitamento destes pneus na pavimentação asfáltica, por meio do asfalto modificado por borracha, busca melhorias tanto na estrutura, quando na economia e prevenção de patologias, causadas por falta de composição elástica.

Com as revisões bibliográficas apresentadas ficou claro que a aplicação deste método é viável, proporcionando variados benefícios a sociedade além de ser uma alternativa sustentável.

Frente ao exposto foi possível concluir que seus custos podem ser mais elevados que os asfaltos convencionais, porém se ganha em resistência e período sem manutenção, evitando problemas estruturais nas camadas de pavimentação. Diminuindo impactos ambientais o AMB, é considerado promissor, e cabe ao governo adotar medidas e técnicas que propiciem seu uso, onde benefícios, são inúmeros, cabe a sociedade aderir o novo processo de pavimentação, e sua prática, continuar a revolucionar a pavimentação.

REFERÊNCIAS

ANIP – Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos . Produção da Indústria Brasileira de Pneu em 2009.

BEDUSCHI, Eliane Fátima Strapazzon. Utilização de pneus inservíveis na composição da massa. Universidade do Oeste de Santa Catarina, 2014.
BRANCO, Samuel Murgel. O meio ambiente em debate. 26 ed. São Paulo: Editora Moderna. Coleção Polêmica, São Paulo, 1997.

CANEPA, Carla. Educação ambiental: ferramenta para a criação de uma nova consciência planetária. Revista de Direito Constitucional e Internacional. São Paulo, v. 12, n. 48, p.158-166, jul.-set. 2004.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no. 258, de 26 de agosto de 1999. Resoluções.

D'ALMEIDA, M.L.O & VILHENA, A. Lixo Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado, IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas/CEMPRE, Compromisso Empresarial para Reciclagem, 2ª ed. São Paulo/SP, Publicação IPT 2.622 - ISBN 85-09-00113-8. 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – IPR. Pavimento – Manual de reabilitação de pavimentos asfálticos. 1998.

DI GIULIO, G. Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto – Inovação. UNIMEP, v.3 n.3 – Campinas, 2007.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/>.

FAXINA, A.L. (2002) Estudo em Laboratório do Desempenho de Concreto Asfáltico Usinado a Quente Empregando Ligante Tipo Asfalto-Borracha. 112f .Dissertação de Mestrado, EESC, São Carlos, SP, Brasil

GONÇALVES, F. P. Estudo experimental do desempenho de pavimentos flexíveis a partir de instrumentação e ensaios acelerados. 395f. Tese de Doutorado. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

LACERDA, Mariana. Pneus que viram asfalto. Revista Super Interessante, jul. 2003.

LAGARINHOS, C.A.F.; TENÓRIO, J.A.S. Tecnologias Utilizadas para a Reutilização, Reciclagem e Valorização Energética de Pneus no Brasil. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 18, nº 2, p. 106-118, 2008.

LAGARINHOS, Carlos Alberto Ferreira. Reciclagem de pneus: análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa. Tese de doutorado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

MARCHESI, Roberta Zanenga de Godoy. Descarte de pneumáticos inservíveis: análise econômica da política pública brasileira. Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente. Universidade de Brasília, 2010.

MELNYK, S. A., SROUFE R. P. & CALANTONE, R. Assassin's the impact of environmental management systems on corporate and environmental performance. *Jornal of Operations Management*. USA, Vol. 21, n. 3, p. 329-351, mai 2003.

MARTINS, H. A. F. A Utilização da Borracha de Pneus na Pavimentação Asfáltica. Disponível em: <http://engenharia.anhembibr/tcc-04/civil-14.pdf>.

NEVES, F.C. L. D. Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas SMA Produzidas com Ligante Asfalto - Borracha. 118f. Dissertação de Mestrado. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2004

ODA, Sandra; JÚNIOR, José Leomar Fernandes. Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação. *Maringá*, v. 23, n. 6, p. 1589-1599, 2001.

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

PENNA, Carlos Gabaglia. O estado do planeta: sociedade de consumo e degradação ambiental. Rio de Janeiro: Record, 1999.

RUSSO, Mário Augusto Tavares. Tratamento de Resíduos sólidos. Universidade de Coimbra, 2003.

SAMPAIO, E.A.N. Análise da viabilidade técnica do uso de borracha de pneus inservíveis como modificadores de asfaltos produzidos por refinarias do Nordeste – Unifacs, Salvador (2005).

SANTOS, A.C. Avaliação do comportamento do concreto com adição de borracha obtida a partir de reciclagem de pneus com aplicação em placas pré-moldadas. 2008.

SPÍNOLA, Ana Luiza. Consumo sustentável: o alto custo dos produtos que consumimos. *Revista de Direito Ambiental*. São Paulo, v. 6, n. 24, p. 209-216, out-dez, 2001.

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.

PIVOTO, L. Avaliação de Misturas Asfálticas com Incorporação de Borracha Reciclada de Pneus. 115f. Dissertação de Mestrado. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

OVIEDO, Douglas Pereira. Asfalto com adição de borracha de pneus inutilizáveis. 2018. Número total de folhas 33. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Uniderp, Campo Grande, 2018.

ABDOU, M. R.; BERNUCCI, L. L. B. Pavimento ecológico: uma opção para pavimentação de vias das grandes cidades. São Paulo, 2014.

BERNUCCI, L.B; MOTTA, L.M; CERRATI, J.A.P; SOARES, J.B. Pavimentação asfáltica formação básica para os engenheiros. 3 Ed. Rio de Janeiro, 2010. CONAMA www.mma.gov.br/port/conama.

DI GIULIO, G. Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto. Inovação Uniemp, Campinas, v. 3, n. 3, jun. 2007.

ETHAN FROME. Introdução. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/82.pdf>.

FRAGMAQ. Saiba como é feito o asfalto ecológico suas vantagens e desvantagens. Disponível em: <http://www.agmaq.com.br/blog/saiba-feito-asfalto-ecologico-vantagens-desvantagens/>.

GRECA ASFALTOS. Durabilidade, tecnologia e sustentabilidade. Disponível em: <http://www.grecaasfaltos.com.br/asfalto-borracha>.

INFRAESTRUTURA. Pavimentação asfáltica. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/artigo260588-4.aspx>.

INFRAESTRUTURA. Asfalto – Borracha. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/asfalto-borracha-a-adicao-de-po-de-borracha-extraido-de-245173-1.aspx>.

ISAIA, G. C. Concreto: Ensino, pesquisa e realizações. Sustentabilidade na Construção Civil: a contribuição do concreto In. São Paulo, 2005. Cap. 50 – Vol.2.

LASTRAN, Concessão de Rodovias no Rio Grande do Sul. Relatório Interno, UFRGS, RS, 1998.

LOGISTICA E TRANSPORTES. Asfalto – Borracha – uma boa ideia para o problema ambiental do destino do pneu usado. Disponível em: <http://logisticaetransportes.blogspot.com.br/2007/03/asfalto-borracha-uma-boa-alternativa.html>.

MENDES, Celso. et al. Asfalto Borracha – minimizado aos impactos ambientais gerado pelo descarte de pneus inservíveis no meio ambiente. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade Brasileira – UNIVIX. 2009.

NOGUEIRA, Cyro. Pavimentação: projeto e construção. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1961.

RECICLOTECA. Pneu e entulho: produção, descarte e reciclagem. Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/outros-pneu-e-entulho/>.

ROBERTO, L.C. Sustentabilidade na construção civil. Belo Horizonte: UFMG, 2009.
SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação. vol. 2. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SINICESP. Benefícios da utilização de borracha granulada em obras públicas. Disponível em: <http://www.sinicesp.org.br/materias/2013/bt08a.htm>.

SPECHT, L. P. Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus. Porto Alegre, Tese de Doutorado. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 278p. 2004

SUPER INTERESSANTE. Pneus que viram asfalto. Disponível em: <http://super.abril.com.br/ideias/pneus-que-viram-asfalto/>.

MORILHA JR., A. Estudo sobre a ação de modificadores no envelhecimento dos ligantes asfálticos e nas propriedades mecânicas e de fadiga das misturas asfálticas. 2004. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ODA, S. Análise da viabilidade técnica da utilização do ligante asfalto-borracha em obras de pavimentação. 2000. 251 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. Acesso 12 de Setembro de 2018.

WICKBOLDT, V. S. Ensaios Acelerados de Pavimentos para Avaliação de Desempenho de Recapeamentos Asfálticos – Dissertação de Mestrado – PPGEC/UFRGS. 134p. 2005.