

Asfalto borracha: o uso de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica

Asphalt rubber: the use of unserviceable tires in asphalt pavement

Caucho asfáltico: el uso de neumáticos inservibles en el pavimento asfáltico

DOI: 10.54033/cadpedv21n3-104

Originals received: 02/19/2024

Acceptance for publication: 03/08/2024

Fabiano Martins Cunha

Especialista em Infraestrutura de Transportes e Rodovias
Instituição: Consul-Prime-Brasil Engenharia e Consultoria LTDA
Endereço: Av. Comendador Francisco Avelino Maia, 2737, Centro,
Passos - MG, CEP: 37980-000
E-mail: fabiano.cunha@consulprimebrasil.com

Luiza Ignez Mollica Marotta

Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) - Unidade Passos.
Instituição: Libertas Faculdades Integradas
Endereço: Av. Wenceslau Braz, 1018, Lagoinha, São Sebastião do Paraíso - MG, CEP: 37950-000
E-mail: marotta.eng@gmail.com

Gustavo Soares Santos

Doutorando em Engenharia de Biomateriais
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Trevo Rotatório Professor Edmir Sá Santos Universidade Federal de Lavras - MG, CEP: 37203-202
E-mail: gssengcivil@gmail.com

Guilherme Augusto Bertelli Fernandes Clemente

Doutor em Ciências pela Universidade de Franca (UNIFRAN)
Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) - Unidade Passos
Endereço: Av. Juca Stockler, 1130, Passo-MG, CEP: 37901-000
E-mail: guilherme.clemente@uemg.br

Gilberto de Miranda Lima

Mestre em Exatas, Física pela Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)
Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) - Unidade Passos
Endereço: Av. Juca Stockler, 1130, Passo - MG, CEP: 37901-000
E-mail: limagilberto52@gmail.com

Rodrigo Alves de Oliveira

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)
Instituição: Consul-Prime-Brasil Engenharia e Consultoria Ltda
Endereço: Av. Comendador Francisco Avelino Maia, 2737, Centro, Passos - MG, CEP: 37980-000
E-mail: rodrigo.oliveira@consulprimebrasil.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo compreender o uso e desempenho do asfalto borracha na pavimentação asfáltica, para atender esse objetivo foi realizada uma pesquisa bibliográfica. Primeiramente foram realizadas discussões sobre a reutilização de pneus inservíveis na composição da massa asfáltica, apresentado o processo seco e o processo úmido pelos quais a massa asfáltica pode ser construída. Posteriormente foram apresentadas as vantagens ecológicas da utilização do asfalto borracha. Em seguida as foram apresentadas a viabilidade mecânica e econômica do asfalto borracha. Para a realização da pesquisa bibliográfica foram considerados textos disponibilizados virtualmente que tem como temática o asfalto borracha. Os resultados da revisão bibliográfica indicaram os benefícios no emprego do asfalto borracha, são: aumento da resistência à tração do pavimento; maior resistência à deformação como envelhecimento e trincas; aumento da vida útil do pavimento; mais segurança e conforto para os motoristas. Concluiu-se que o asfalto borracha é uma alternativa eficiente na pavimentação asfáltica e que ele deveria ser utilizado em novos pavimentos, para obter rodovias com um maior desempenho, maior durabilidade, resistentes ao tráfego e ao intemperismo e, portanto que requeiram menos manutenção, possibilitando um maior conforto e segurança ao usuário.

Palavras-chave: Asfalto Borracha. Pneus Inservíveis. Viabilidade Técnica e Econômica.

ABSTRACT

This work had the objective to understand the use and performance of rubber asphalt in asphalt paving, to meet this objective a bibliographical research has been carried out a bibliographical research. Firstly, discussions were carried out on the reuse of unserviceable tires in the composition of the asphalt, presenting the dry process and the wet process by which the asphalt mass can be constructed. Subsequently, the ecological advantages of using rubber asphalt. Then the mechanical and economical viability of the rubber asphalt was presented. For the accomplishment of the bibliographical research were considered virtually texts that have as its theme the rubber asphalt. The results

of the bibliographical review indicate the benefits in the use of rubber asphalt, are: increased tensile strength of the pavement; greater resistance to deformation such as aging and cracking; increased shelf life; more safety and comfort for drivers. It was concluded that rubber asphalt is an efficient alternative to asphalt paving and that it should be used in new pavements to obtain high performance, durability, traffic and weather resistant highways and therefore require less maintenance, allowing greater comfort and safety to the user.

Keywords: Rubber Asphalt. Unserviceable Tires. Technical and Economical Viability.

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo comprender el uso y desempeño del asfalto de caucho en pavimentación asfáltica, para cumplir con este objetivo se ha realizado una investigación bibliográfica. En primer lugar, se debatió sobre la reutilización de neumáticos inservibles en la composición del asfalto, presentando el proceso seco y el proceso húmedo mediante el cual puede construirse la masa asfáltica. Posteriormente, las ventajas ecológicas de utilizar asfalto de goma. Luego se presentó la viabilidad mecánica y económica del asfalto de caucho. Para la realización de la investigación bibliográfica se consideraron virtualmente textos que tienen como tema el asfalto de goma. Los resultados de la revisión bibliográfica indican los beneficios en el uso del asfalto de caucho, son: mayor resistencia a la tracción del pavimento; mayor resistencia a deformaciones como envejecimiento y agrietamiento; mayor vida útil; mayor seguridad y comodidad para los conductores. Se concluyó que el asfalto de caucho es una alternativa eficiente al pavimento asfáltico y que debe ser utilizado en nuevos pavimentos para obtener carreteras de alto rendimiento, durabilidad, tráfico y resistentes a la intemperie y por lo tanto requieren menos mantenimiento, permitiendo mayor comodidad y seguridad al usuario.

Palabras clave: Asfalto de Goma. Neumáticos Inservibles. Viabilidad Técnica y Económica.

1 INTRODUÇÃO

A grande quantidade de resíduos sólidos provenientes do descarte de pneus tem incentivado estudos sobre a reutilização deste material. Dentre as tentativas de reutilização destacam-se a estabilização de encostas, a elaboração de artefatos de borracha, a utilização como combustível e a pavimentação asfáltica com asfalto borracha de pneus inservíveis (SPECHT, 2004).

A reutilização de pneus inservíveis em pavimentação asfáltica tem sido um tema muito estudado e considerado como uma das alternativas para auxiliar

na solução do problema ambiental causado pelo descarte inadequado desses pneus, principalmente em países onde predominam o transporte rodoviário. A produção de asfalto borracha permite a utilização em grande escala de um volume considerável de pneus inservíveis e a melhora nas características técnica na mistura asfáltica, uma vez que essa é produzida com a adição de pneu moído (SPECHT, 2004).

Segundo Morilha Junior e Greca (2003) quando comparado ao pavimento construído com ligante convencional, o asfalto borracha possui algumas vantagens a saber: i) redução da suscetibilidade térmica; ii) maior flexibilidade devido à quantidade de elastrômetros da borracha e melhor adesividade do ligante aos agregados; iii) maior resistência ao envelhecimento devido à presença de antioxidantes e carbono na borracha de pneus; iv) aumento do ponto de amolecimento, pois o ligante asfalto borracha possui um ponto de amolecimento maior que o do ligante convencional melhorando a resistência da formação de trilhas de roda.

Além disso, segundo a Petrobrás (2019) o asfalto borracha possui alta elasticidade, alta resistência ao envelhecimento, alta coesividade e excelente relação benefício/custo. Segundo Morilha Junior. e Greca (2003) o pneu-borracha é ainda uma alternativa ecológica que pode contribuir para a preservação do meioambiente.

O asfalto borracha é um material resistente, sua durabilidade é superior se comparado ao asfalto convencional, além de possuir um custo benefício satisfatório. O seu diferencial é a adição da borracha que traz vantagens como

maior aderência, o que ajuda a evitar derrapagens, além disso, pode ser utilizado em qualquer rodovia com as mesmas condições da aplicação do asfalto convencional.

A borracha utilizada no asfalto borracha é proveniente de pneus inservíveis e é uma solução para amenizar o problema de deposição desse resíduo, apesar disso é de suma importância salientar que o principal objetivo da adição de pó de detritos de pneus massa asfáltica é a melhoria dos materiais de pavimentação.

2 MATERIAIS E METODOS

O trabalho de investigação do asfalto borracha compreendendo o seu uso e desempenho na pavimentação asfáltica se caracterizou como uma pesquisa qualitativa. Segundo Denzin e Lincoln (2006) a pesquisa qualitativa é uma atividade situada que localiza o observador no mundo e consiste em práticas interpretativas e materiais que dão visibilidade ao mundo, transformando-o em uma série de representações e significações.

Para Oliveira (2011) na pesquisa qualitativa a preocupação do pesquisador com o processo é maior do que com o produto. Para o autor, ao investigar um determinado problema o pesquisador preocupa-se em descobrir como ele se manifesta em atividades, procedimentos e interações cotidianas.

Os bancos de informações escolhidos para realizar a busca dos trabalhos foram o Portal de Periódicos da CAPES, a Plataforma *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e a Plataforma Google Acadêmico. Tais fontes foram definidas como base para a consulta por serem importantes referências na divulgação de pesquisas.

Para a busca de publicações foram utilizados como descritores os seguintes termos: asfalto borracha, reutilização de pneus, pneus inservíveis, pavimentação asfáltica.

A pesquisa bibliográfica é um trabalho investigativo minucioso por meio da qual busca-se conhecimento sobre um determinado tema e é base fundamental de qualquer estudo, a escolha pela utilização dessa metodologia justifica-se primeiramente por tentar desvelar os caminhos percorridos por investigações semelhantes e posteriormente pela intenção de tornar esse estudo um objeto facilitador de trabalhos futuros por reunir informações a respeito da reutilização de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica.

3 RESULTADO E DISCUSSÕES

Os resultados da pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho indicam que o descarte inadequado de pneus é um problema ambiental mundial. Apenas

no Brasil cerca de 30 milhões de pneus são descartados anualmente. Esses pneus geralmente são armazenados no fundo de residências ou descartados em terrenos baldios podendo ser depósitos de insetos e animais que podem transmitir doenças. Além disso, a média para a decomposição de um pneu é de aproximadamente 600 anos, tal fato causa um impacto ambiental considerável.

Neste cenário, surge uma forma para reciclagem destes pneus, de forma útil e economicamente viável, a pavimentação com asfalto borracha. Os trabalhos consultados indicam que o asfalto modificado por borracha moída de pneus é utilizado há vários anos em diferentes países para a produção de misturas asfálticas com características mecânicas superiores às das misturas asfálticas convencionais.

Os resultados apontam que os principais benefícios do asfalto borracha

são:

- Aumento da resistência à tração do pavimento;
- Maior resistência à deformação como envelhecimento e trincas;
- Aumento da vida útil do pavimento;
- Mais segurança e conforto para os motoristas.

A pesquisa bibliográfica indicou que a adição de borracha à massa asfáltica permite que o pavimento seja flexível, coeso e resistente às intempéries do ambiente, aumentando a sua durabilidade. Além disso, indica que os componentes utilizados do asfalto borracha dão ao pavimento uma macro-textura, que permite ganhos no atrito pneu/pavimento e na drenagem superficial, melhorando a visibilidade (anti-spray) e reduzindo os riscos de aquaplanagem em dias de chuva.

Os resultados apontam ainda que apesar do investimento inicial do asfalto borracha ser mais alto que o asfalto convencional, sua durabilidade é maior se comparado ao asfalto convencional. Portanto, apesar do preço do asfalto borracha ser mais alto que do asfalto convencional, o seu custo-benefício é compensatório.

O asfalto borracha deveria ser utilizado com maior frequência em pavimentos, para obter rodovias com um maior desempenho, maior durabilidade,

resistentes ao tráfego e ao intemperismo e, portanto, que requeiram menos manutenção, possibilitando um maior conforto e segurança ao usuário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A borracha moída de pneus inservíveis é usada há vários anos em diferentes partes do mundo na construção de asfalto com viabilidade técnica superior às do asfalto convencional.

O objetivo principal deste estudo foi desenvolver uma revisão bibliográfica para compreender o uso e desempenho do asfalto borracha na pavimentação asfáltica. Durante a revisão bibliográfica constatou-se a evolução da técnica do asfalto borracha, pesquisas tem sido desenvolvida para aumentar os benefícios mecânicos da borracha moída de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica.

Os resultados da revisão bibliográfica indicaram que há benefícios mecânicos no emprego do asfalto borracha, tais como: aumento da resistência à tração do pavimento; maior resistência à deformação como envelhecimento e trincas; aumento da vida útil do pavimento; mais segurança e conforto para os motoristas.

Conclui-se que o asfalto borracha é uma alternativa eficiente na pavimentação asfáltica, pois possui um custo-benefício compensatório e que o uso dessa técnica deveria ser considerado em novos pavimentos, para obter rodovias com um maior desempenho, maior durabilidade, resistentes ao tráfego e ao intemperismo e, portanto, que requeiram menos manutenção, possibilitandou maior conforto e segurança ao usuário.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207:** Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

ALI, Asim Hassan; MASHAAN, Nuha S.; KARIM, Mohamed Rehan. Investigations of Physical and Rheological Properties of Aged Rubberised Bitumen. **Advances In Materials Science And Engineering**, [s.l.], v. 2013, p.1-7, 2013. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/amse/2013/239036/>>. Acesso em: 10 maio 2019.

ASPHALT RUBBER ITALIA. **Custo-benefício do asfalto-borracha para os usuários**. 2013. Disponível em: <<http://www.asphaltrubberitalia.com/wp-content/uploads/2013/05/AshaltRubber-USERCOSTBENEFITS.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2019.

BALAGUER, Marcos. **Avaliação estrutural de um pavimento flexível executado em asfalto-borracha, elaborado pelo processo de produção contínua em usina**. 2012. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.bdex.eb.mil.br/jspui/handle/1/904>>. Acesso em: 15 maio 2019.

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

BEDUSCHI, Eliane Fátima Strapazon; ZANCHETT, Ricardo. Utilização de pneus inservíveis na composição da massa asfáltica. In: Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial E Meio Ambiente, 12., 2010, São Paulo, **Anais...** São Paulo: Engema, 2010. p. 1 - 15. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/eliane_fatima_strapazon1.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

BERNUCCI, Liedi. Et al. **Pavimentação Asfáltica:** Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Abeda. 2006.

BERTOLLO, Sandra A. Margarido et al. Avaliação laboratorial de mistura asfáltica densa modificada com adição de borracha. **Transportes**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.65-83, jul. 2002.

BERTOLLO, Sandra Aparecida Margarido; FERNANDES JÚNIOR, José Leomar; VILLAVÉRDE, Romulo Barroso; MIGOTTO FILHO, Delchi. Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, ABLP, n. 54, p. 23-30, 2000.

BOCCATO, Vera Regina Casari. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo**, São Paulo, v. 18 , n. 3, p.265-274, dez 2006. Disponível em:

<http://arquivos.cruzeirodosuleducacional.edu.br/principal/old/revista_odontologia/pdf/setembro_dezembro_2006/metodologia_pesquisa_bibliografica.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. **Manual de Educação para o Consumo Sustentável**. Brasília: MMA/MEC/IDEC, 2005. Disponível em: <https://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

CALTRANS. **State of California Department of Transportation**. Sacramento: Asphalt Rubber Usage Guide, 2003.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Pesquisa CNT de rodovias**. 2012. Disponível em <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Relatorios/2012/RelatorioGeral2012_AltaResoluc_ao.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2013.

CORDEIRO, Willian R. **Comportamento de concretos asfálticos projetados com cimento asfáltico modificado por borracha de pneus**. 2006. 253 p. Dissertação (Mestrado em engenharia de transportes) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. Porto Alegre: Bookman, Artmed, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Projeto e Práticas Operacionais para segurança nas rodovias**. Rio de Janeiro: IPR, 2010a. 280 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual_projeto_praticas_operacionais_publ_ipr_741.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2013.

DI GIULIO, Gabriela. Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto. **Inovação Uniemp**, Campinas, v. 3, n. 3, p.1-15, dez. 2007. Disponível em: <<http://inovacao.scielo.br/pdf/inov/v3n3/a08v3n3.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2019.

EPPS, Jona. **Uses of Recycled Rubber Tires in Highways**. Washington: NCHRPSynthesis, 1994.

FAXINA, Adalberto Leandro. **Estudo em laboratório do desempenho de concreto asfáltico usinado a quente empregando ligante tipo asfalto-borracha.** 2002. 338 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

GONÇALVES, Fernando José Pugliero. **Estudo experimental do desempenho de pavimentos flexíveis a partir de instrumentação e ensaios acelerados.** 2002.

359 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

KLINSKY, Luis Miguel Gutiérrez; FARIA, Valéria. **Asfalto Borracha: Revisão bibliográfica, avaliação reológica do ligante asfáltico e determinação dos parâmetros mecânicos das misturas asfálticas.** Brasília: ANTT, 2017.

LEITE, L. F. M. **Estudos de Preparo e Caracterização de Asfaltos Modificados por Polímero.** 93 f. Tese Doutorado. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

MARTINS, Haroldo. **A utilização da borracha de pneus na pavimentação asfáltica.** 2004. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

MASHAAN, Nuha Salim et al. A Review on Using Crumb Rubber in Reinforcement of Asphalt Pavement. **The Scientific World Journal**, [s.l.], v. 2014, p.1-21, 2014.

MENDES, Jeanini Santana; NUNES, Luiz Carlos R. **Potencial de Utilização de Pneus Usados em Pavimentação Asfálticas no BRASIL,** Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

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

MORILHA JUNIOR, Armando. **Estudo sobre a ação de modificadores no envelhecimento dos ligantes asfálticos e nas propriedades mecânicas e de fadiga das misturas asfálticas.** 2004. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/87049>>. Acesso em: 18 maio 2019.

OLIVEIRA NETO, Diocelde Marques de. **Uso da borracha de pneus para pavimentação asfáltica no Brasil: um panorama histórico.** 2016. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

ODA, Sandra; FERNANDES JÚNIOR, José Leomar. Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 6, p.1589-1599, jan. 2001. Disponível em: <<https://http://www.periodicos.uem.br>>. Acesso em: 10 maio 2019.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em Administração. Catalão: UFG, 2011. 72 p.: il. Manual (pós-graduação) – Universidade Federal de Goiás, 2011.

OLIVEIRA, Otávio. Estudo da destinação e da reciclagem de pneus inservíveis no Brasil.: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27., **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650481_0291.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

PETERSON, J. Claine. Chemical composition of asphalt as related to asphalt durability: state of the art. **Transportation Research Record**. [s.l.] v. 1 n. 999, p. 13-30, 1984.

PETROBRAS. **Asfalto Borracha**. Disponível em <http://www.br.com.br>. Acesso em: 10 maio 2019.

RUBBER PAVEMENT ASSOCIATION. **Noise Reduction with Asphalt-Rubber**. Phoenix: Arpg, 2000.

SANTANA, Humberto. Introdução à mecânica dos baixos custos. In: Reunião Anual de Pavimentação, 27., **Anais...** Teresina: ABPV, 1993.

SILVA, Amanda Helena Marcandali da. **Avaliação do comportamento de pavimentos com camada reciclada de revestimentos asfálticos a frio com emulsão modificada por polímero**. 2011. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08072011-160019/pt-br.php>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

SOUZA, Murillo Lopes de. **Pavimentação rodoviária**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980.

SPECHT, Luciano Pivoto. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus**. 2004. 279 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SPECHT, Luciano Pivoto; CERATTI, Jorge Augusto. Asfalto borracha e borracha agregado: possibilidades de utilização de borracha reciclada em misturas asfálticas. **Revista Estradas**, v. 4, n.1, p.18-26, jun. 2003.

TAKALLOU, H.B.; HICKS, R.G. Development of improved mix and construction guidelines for rubbermodified asphalt pavements. **Transp. Res. Rec., Washington, D.C.**, n.1171, p.113-120, 1988.

VAN HEYSTRÆTEN, G. Waste Tyre Recycling in Road Pavements and Street Furniture. European Conference on Tyre Recycling, **Proceedings...** Bruxelas, Bélgica, 1995.

ZAGONEL, Ana Regina. **Inovações em revestimentos asfálticos utilizados no Brasil**. 2013. 115 f. TCC (Graduação) - Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

ZATARIN, Ana Paula Machado. et al. Viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p.649-674, out. 2016. Disponível em:
<http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/download/3323/2822>. Acesso em: 19 maio 2019.