



VIABILIDADE DA PAVIMENTAÇÃO COM ASFALTO-BORRACHA

Ana Paula Machado Zatarin¹

André Luiz Ferreira da Silva²

Lehi dos Santos Anemam³

Marcos Roberto de Barros⁴

Walbert Chrisostomo⁵

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo analisar as melhores práticas de aplicação e desenvolvimento de inovações, visando o desempenho e a durabilidade dos pavimentos. O elemento principal do trabalho é o uso do asfalto-borracha, como matéria prima na pavimentação das estradas. No decorrer do trabalho buscou perceber a viabilidade e por qual razão a prática é pouco aplicada. A opção pelo uso do asfalto borracha é uma aposta num material mais resistente que exija menos intervenções para manutenção. Apesar do asfalto-borracha ser mais caro que o convencional, é ecologicamente correto, pois, colabora com a diminuição de resíduos ambientais. O investimento inicial embora seja mais alto, é perceptível a vantagem dessa aplicação, uma delas é o conforto e durabilidade do pavimento.

Palavras-chave: Pavimentação. Asfalto-borracha. Custo benefício.

¹ Graduada em Administração de Negócios pela Universidade de Sorocaba - Uniso; Graduanda em Engenharia Civil na Universidade de Sorocaba – UNISO. E-mail: ana.zatarin@gmail.com

² Graduando em Engenharia Civil na Universidade de Sorocaba – UNISO. E-mail: andrecamarilla@gmail.com

³ Graduando em Engenharia Civil na Universidade de Sorocaba – UNISO. E-mail: lehi.engenharia@gmail.com

⁴ Graduado em Tecnologia e Gestão Ambiental pela Universidade de Sorocaba - Uniso; Graduando em Engenharia Civil na Universidade de Sorocaba – UNISO. E-mail: marcosrbarros@gmail.com

⁵ Professor Assistente do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Sorocaba – UNISO. E-mail: walbert.chrisostomo@prof.uniso.br

1. INTRODUÇÃO

Para Balbo (2007), a humanidade, desde muito cedo, percebeu a necessidade de expandir seus territórios e encontrar uma maneira de facilitar seu acesso às áreas cultiváveis e fontes de materiais essenciais à sua subsistência e desenvolvimento, tais como: madeira, rochas, minerais e água. A partir dessa necessidade, o homem deu início à construção de estradas.

A pavimentação dessas estradas fez-se necessária, no decorrer do tempo, devido à dificuldade no transporte, dos mais diversos materiais e com os mais variados objetivos, por vias em estado natural ainda, sem qualquer tipo de pavimentação. Uma das mais antigas estradas pavimentadas foi construída no antigo Egito, e não para suportar o tráfego de veículos com rodas, mas sim, de pesados trenós de carga.

Pavimentar uma via de circulação de veículos é obra civil que enseja, antes de tudo, a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo), uma superfície mais aderente (garantia de mais segurança em condições de pista úmida ou molhada), uma superfície menos ruidosa diante da ação dinâmica dos pneumáticos, (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais), seja qual for a melhoria física oferecida (BALBO, 2007, p.15).

Ao se dar condição para uma via de melhor qualidade de rolamento, automaticamente proporciona-se aos usuários uma expressiva redução nos custos operacionais, haja vista que os custos de operação e de manutenção dos veículos estão associados às condições de superfície dos pavimentos.

A garantia de uma superfície aderente aos pneumáticos dos veículos também reflete em redução nos custos operacionais das vias e rodovias, pois os acidentes de trânsito são minimizados, tais custos possuem matizes que os tornam, muitas vezes, de difícil ponderação, emanando reflexos para a sociedade como um todo.

Ainda segundo Balbo (2007), a diminuição de níveis de ruídos em rodovias e vias urbanas não é algo que se tenha investido em pesquisa de campo em nosso país até o presente.

Revestimentos com agregados expostos ou ainda com grande porosidade, sejam de concreto ou asfálticos de cimento Portland, tem sido desenvolvidos há vários anos em países da Europa, como uma exigência da sociedade.

Além dos requisitos já citados para a pavimentação de vias, há que se lembrar de que as estruturas de pavimento têm como função precípua suportar os esforços oriundos de cargas e de ações climáticas, sem que apresentem processos de deterioração de modo prematuro. Em outras palavras, seleciona-se e dimensiona-se um pavimento em função do tráfego e das condições ambientais, além das questões de economia e disponibilidade de materiais, sempre presentes.

Tais estruturas devem suportar, de modo adequado, as ações externas assim impostas.

O pavimento é constituído por múltiplas camadas, ou seja, revestimento, base, sub-base, subleito e reforço de subleito, sua função é suportar o tráfego e colaborar para a segurança e economia no transporte de pessoas e mercadorias (Sampaio, 2005).

Para Balbo (2007), a pavimentação deve propiciar uma pista confortável e segura, com estruturas e materiais capazes de suportar esforços decorrentes da ação do tráfego combinados com as condições climáticas, a baixo custo, ou seja, buscando, sempre que possível, o aproveitamento 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. Não obstante, nesse aspecto, reside a verdadeira arte e ciência de engenharia de pavimentação, que, como pura técnica (sem aplicação de conceitos científicos, mas como uma arte de se saber fazer), já era assim entendida há mais de dois milênios.

Num país rodoviarista como o Brasil, que transporta 62% de sua carga e 96% de seus passageiros por estradas, a melhoria do sistema viário é urgente não apenas para quem exerce atividade do transporte, mas para todos os setores da economia e para a sociedade em geral, que dela dependem para alcançar níveis satisfatórios de desenvolvimento (CNT 2007).

O Brasil ainda precisa fazer muitos investimentos em infraestrutura, uma vez que, o transporte rodoviário é responsável pela maior parte do escoamento da produção das indústrias brasileiras. Aliados às essas necessidades de investimento destaca-se também a questão ambiental, de maneira que durante o processo de construção ou reforma das malhas viárias, tem se a necessidade da utilização dos recursos tecnológicos disponíveis.

O asfalto-borracha, por exemplo, acresce em sua composição pneus inservíveis, antigamente considerados resíduos a serem descartados, hoje sendo reciclados e incorporados aos ligantes asfálticos em obras de pavimentação.

O reaproveitamento da borracha dos pneus, além de contribuir com o meio ambiente, oferece mais segurança para os usuários das vias rodoviárias e maior vida útil para o pavimento asfáltico.

Neste contexto, o trabalho justifica-se por acreditar que a aplicação do asfalto-borracha, embora seja uma técnica conhecida por alguns anos no Brasil, ainda é pouco difundida, e buscará entender a razão desta prática ainda ser pouco empregada.

Através de estudos comparativos buscou-se perceber a viabilidade e o interesse do público alvo em empregar esta tecnologia, bem como, investir e ampliar investimentos.

As pesquisas foram direcionadas às concessões Rodoviárias, em virtude da grande extensão de vias concessionadas onde verificou-se a aplicação em maior intensidade a pavimentação com asfalto-borracha.

2. PAVIMENTAÇÃO

O pavimento convencional, em virtude da composição de suas camadas gera alto custo, por esta razão tem necessidade de se buscar novas alternativas no mercado que apresentem um melhor custo benefício, ou seja, bom desempenho com baixo custo.

De acordo com Di Giulio (2007), nos últimos tempos aumentaram-se os estudos sobre a incorporação de fragmentos como ligantes asfálticos. Os resíduos sólidos são resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser

utilizados, gerando proteção ao meio ambiente, a comunidade e economia de recursos naturais.

O gerenciamento de resíduos sólidos é uma questão de grande importância quando se fala de acúmulo de pneus inutilizados. Por esta razão avaliou-se a possibilidade da melhoria nas condições dos revestimentos asfálticos com a adição da borracha ao ligante.

No Brasil, há quase 14 anos já é possível trafegar por trechos de rodovias com asfalto-borracha. Em 2001, após pesquisas, houve a primeira utilização do AMB¹ no Brasil, que ocorreu em 17 de agosto, no km 319 da BR 116, rodovia sob concessão da Univas. O trecho escolhido fica em Guaíba e Camaquã, no Rio Grande do Sul (GRECA ASFALTOS, 2011).

Neste contexto, observa-se uma oportunidade de gerenciar melhor o passivo ambiental, o pneu inservível começa a fazer parte da matéria prima e se torna um grande aliado no modelo ambientalmente correto e na estratégia econômica.

3. REAPROVEITAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Além de evitar que o pneu se transforme em fonte de poluição, a reciclagem é ambientalmente correta ao utilizar ao máximo um recurso natural (derivado de petróleo), vale destacar que a borracha quando misturada ao asfalto convencional resulta em um produto com características técnicas superiores.

A utilização como matéria prima de materiais que de outra forma, seriam considerados apenas rejeitos, representa o principal incentivo às tentativas de incorporação dos resíduos de borracha provenientes de pneus.

O asfalto-borracha é elaborado com o preparo da mistura asfáltica aproveitando resíduos sólidos, provenientes do descarte de pneus, para aprimorar características como resistência, permeabilidade e aderência das pistas de rolamento.

¹ AMB: Asfalto Modificado por Borracha

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 649-674, out.2016/mar. 2017.

Os asfaltos são materiais aglutinantes de cor escura, derivados do petróleo, que podem ser utilizados em várias aplicações, como por exemplo, em impermeabilizações de construções civis e, principalmente, em obras de pavimentação.

O efeito preponderante do asfalto-borracha é o de aumentar a resistência à deformação e ao aparecimento de trincas por fadiga do pavimento. (ODA; JUNIOR, 2001).

ODA (2000) apresenta através da Figura 1, um fluxograma de reaproveitamento de pneus descartados, suas consequências diante do meio ambiente e os possíveis modos de reutilização:

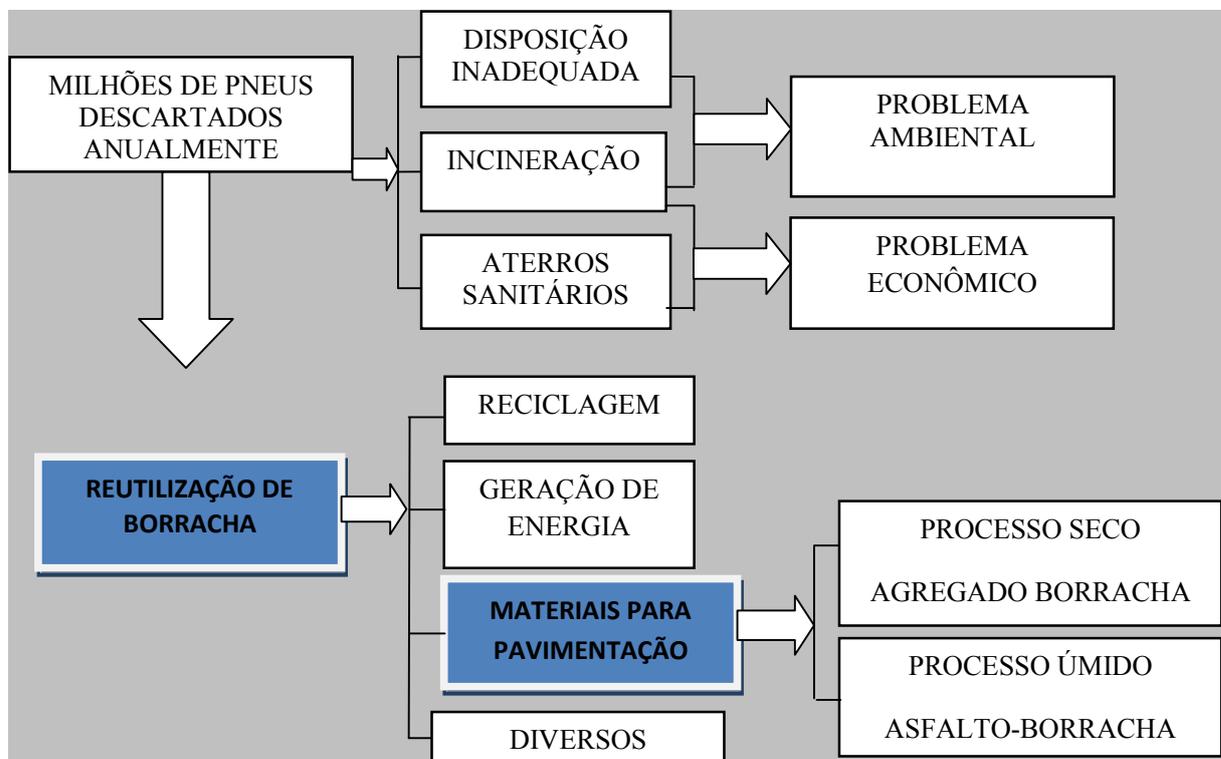


Figura 1: Esquema do reaproveitamento de pneus descartados

Para se reaproveitar os pneus inservíveis na pavimentação, o pneu deve passar por um processo de trituração e moagem, onde é realizada a separação do aço e do náilon, pois apenas a borracha em pó é misturada com o asfalto.

4. ASFALTO-BORRACHA

De acordo com a história o asfalto-borracha começou na década de 40, quando a Companhia de Reciclagem de Borracha, U.S. Ruber Reclaiming Company, introduziu no mercado um produto composto de material asfáltico e borracha desvulcanizada reciclada denominada Ramflex™ (WICKBOLDT, 2005).

Procurando uma forma eficaz de reutilizar pneus descartados, o americano Charles H. Macdonald, acrescentou borracha moída ao asfalto, dando origem ao asfalto-borracha em 1963. O produto mostrou-se cerca de 40% mais resistente que o asfalto convencional e possui diversas vantagens, entre as quais: maior conforto, menos ruído e maior aderência, diminuindo a possibilidade de derrapagens.

O método vem sendo empregado há algumas décadas no exterior, principalmente nos E.U.A. Em 1999 começam os estudos e pesquisas sobre o asfalto modificado por borracha (AMB) no Brasil. Os estudos tinham como foco a utilização da borracha como meio de aprimorar e melhorar as qualidades do asfalto comum. Em 2001, após pesquisas, houve a primeira utilização do AMB no Brasil. (GRECA ASFALTOS, 2011).

Segundo Di Giulio (2007), no Brasil o uso da borracha em pavimentação asfáltica foi aprovada em 1999, pela Resolução nº 258 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, de agosto de 1999.

4.1 TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Para ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, apesar de mais cara, a tecnologia para se conseguir o asfalto-borracha, de 20 a 25% do custo do produto, o custo de manutenção é reduzido, devido a sua durabilidade e resistência.

Para o analisador de pavimentos asfálticos da Petrobras, aparelho que mede a fadiga e a deformação permanente, as modificações sofridas pelo asfalto-borracha, após dez anos de uso, chegam a ser 4 vezes menores, e a vida de fadiga é mais que o dobro, chegando em alguns casos ao triplo daquela dos pavimentos executados com asfalto convencional. (CONCER, 2009).

Os materiais utilizados nas misturas para a fabricação do asfalto-borracha são: borracha de pneus descartados moídos e cimento asfáltico de petróleo, sendo a borracha utilizada no ligante proveniente principalmente de pneus de automóveis. (ODA; JUNIOR, 2001).

Segundo o Portal de conteúdo da Petrobras Distribuidora, o Asfalto-borracha é aplicado por equipamentos convencionais de pavimentação, é recomendado para aplicações que requeiram do ligante asfáltico um desempenho superior, alta elasticidade e resistência ao envelhecimento, tais como revestimentos drenantes, SMA (Stone Mastic Asphalt), camadas intermediárias de absorção de tensões, camadas anti-reflexão de trincas e outras.

É um asfalto modificado por borracha moída de pneus. Além de ser uma forma nobre de dar destino aos pneus inservíveis, resolvendo um grande problema ecológico, o uso de borracha moída de pneus no asfalto melhora em muito as propriedades e o desempenho do revestimento asfáltico.

Conforme Wickiboldt (2005), a incorporação de borracha de pneus inservíveis em revestimentos asfálticos de pavimentos rodoviários e urbanos tem sido empregada há décadas no exterior. Pesquisa e aplicações de numerosas técnicas utilizando asfalto-borracha são uma realidade incontestável em alguns estados americanos.

4.1.1 Vantagens do Asfalto-Borracha em Obras de Pavimentação

A tecnologia de reciclagem de borracha por meio de pavimentação asfáltica é muito promissora, pois os processos que utilizam borracha no pavimento asfáltico estão em plena expansão e desenvolvimento, pois conforme pesquisas da UFRGS em parceria com a Greca Asfaltos, cerca de 1.000 a 1.200 pneus são consumidos para a fabricação de um quilômetro de asfalto-borracha.

Segundo Zanzotto e Svec (1996) apud Morilha Jr. e Greca (2003), o ligante modificado por borracha granulada de pneus ou simplesmente asfalto-borracha, apresenta algumas vantagens principais com a sua utilização, como:

- Redução da suscetibilidade térmica quando comparado com pavimentos construídos com ligante convencional;

- Aumento da flexibilidade devido a maior concentração de elastômeros na borracha de pneus e a melhor adesividade do ligante aos agregados;
- Maior resistência ao envelhecimento devido à presença de antioxidantes e carbono na borracha de pneus que auxiliam na redução do envelhecimento por oxidação;
- 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.

4.2 CONTABILIDADE ECOLÓGICA

Em consulta ao site da Greca, empresa pioneira no uso do asfalto-borracha, o ECOFLEX² tem apresentado impacto direto na retirada de pneus inservíveis da natureza. São mais de 10 anos de sucesso desde a primeira aplicação, realizada em 2001.

A concessionária CCR RodoNorte desde 2002, utiliza o asfalto ecológico produzido com pneus descartados. Além de reutilizar um material antes considerado passivo ambiental, o pavimento feito com borracha tem maior durabilidade e melhora o conforto nas viagens, pois reduz o ruído provocado pelo atrito do pneu com o asfalto e causa menor dispersão de água da chuva. Essas vantagens compensam o custo até 50% maior do que o pavimento convencional. Para cada tonelada de asfalto, são adicionados 150 quilos de borracha – um reaproveitamento de cerca de mil pneus a cada quilômetro de rodovia repavimentada.

Segundo a Greca conforme pode ser observado na Figura 2, em sua produção, o ECOFLEX utiliza pó de borracha moída de pneus, levando em consideração uma pista com pouco mais de 7m de largura, encontramos um valor de 1.000 pneus para cada quilômetro.

Somente em 2012 foram consumidos mais de 1.000.000 de pneus. Além de sustentabilidade, o ECOFLEX garante durabilidade e segurança ao pavimento.

² ECOFLEX: Ligante Asfáltico

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 649-674, out.2016/mar. 2017.

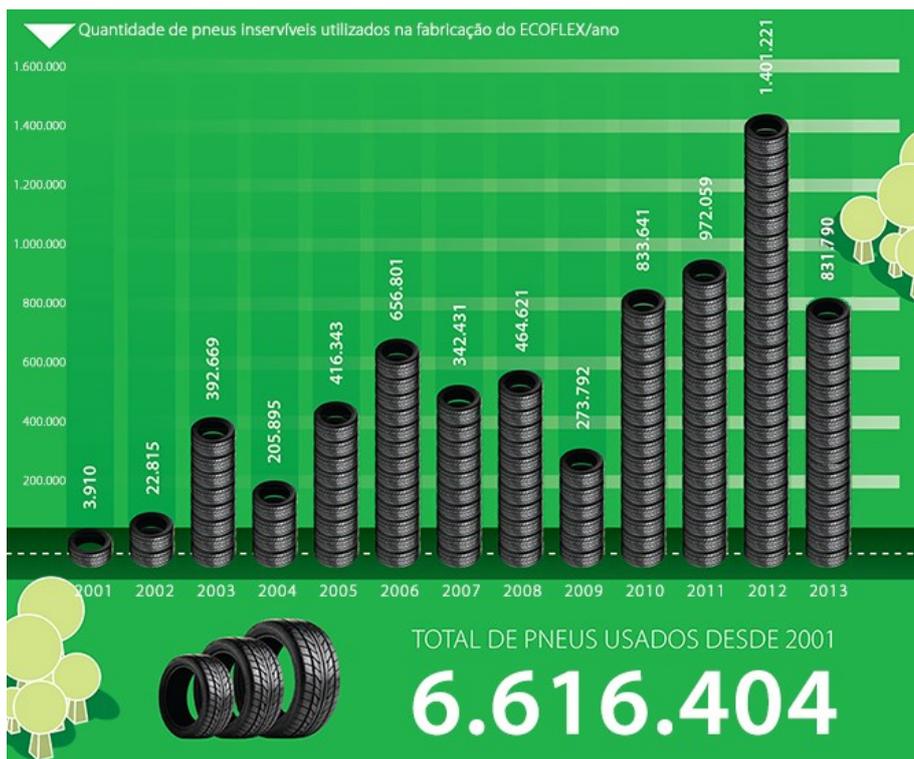


Figura 2: Total de pneus usados de 2001 a 2013

Fonte: Greca Asfalto: Contabilidade ecológica – Asfalto-borracha (2013).

5. METODOLOGIA

A metodologia do estudo está fundamentada através de referências bibliográficas, consulta a normas; entrevista direcionada a profissionais da área de pavimentação e pesquisa junto a empresas que já utilizaram esta alternativa.

5.1 MATERIAIS E METÓDOS

A coleta de dados foi realizada através de pesquisa Bibliográfica: retiradas de páginas eletrônicas como: GRECA asfaltos, ABCR, entre outros sites, livros e revistas sobre pavimentação asfáltica, pesquisa de campo com Engenheiros de concessionárias de rodovias, bem como trabalhos e artigos relacionados ao tema.

5.1.1 Coleta de informações, métodos encontrados e materiais utilizados.

Levantamento de periódicos e artigos técnicos referentes ao tema. Análise do material coletado e separação do que será aproveitado.

Planejamento da coleta de dados: Baseando-se no material coletado: literatura, a periódicos e artigos técnicos sobre técnicas de execução, materiais utilizados e possíveis materiais alternativos, executar-se a análise dos mesmos e preparar check-list para próximas etapas.

Pesquisa de campo: Elaboração de questionário com intuito, de obter informações com relação a experiências das empresas que já utilizaram esta modalidade de pavimentação.

Organização dos resultados e discussão: com os dados coletados, inicia-se a organização do material reunido e sua análise, etapa que contará com a participação efetiva do grupo de estudo em discussões sobre as hipóteses levantadas e sua respectiva eficácia e a conclusão dos resultados.

Elaboração do Texto Final e divulgação dos resultados: elaboração da redação final, constando material de pesquisa, análises e conclusões sobre o tema, como também sobre as pesquisas efetuadas em campo e respectivas imagens relevantes ao projeto. Elaboração do banner a ser exposto e finalização do artigo científico.

5.1.1.1 ESTUDO 1 - AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA DE UMA OBRA COM ASFALTO-BORRACHA

Conforme acervo disponibilizado no site da empresa Greca, pode-se observar que um dos mais importantes estudos sobre Asfalto-borracha nacionalmente, e até mesmo internacionalmente iniciou-se em julho de 2003 na Área de Pesquisas e Testes de Pavimentos localizado no Campus do Vale da UFRGS, em Porto Alegre.

Durante o mês de maio de 2003, foram construídas duas pistas experimentais: uma com revestimento em CBUQ com ligante CAP 20 e outra com Asfalto-borracha. Nestes dois tipos de revestimento, para obtenção de resultados

em curto prazo, foi aplicada a técnica de ensaios acelerados com emprego do simulador de tráfego linear DAER/UFRGS³.

A pesquisa foi acompanhada pelos parceiros conveniados: UFRGS, Consórcio Univias e GRECA ASFALTOS e as conclusões finais foram as seguintes:

“Os resultados experimentais obtidos através da solicitação das estruturas com o simulador de tráfego mostraram que o recapeamento em concreto asfáltico com ligante modificado com borracha (AB) teve um comportamento muito superior ao recapeamento com asfalto convencional (AC).

A quantificação da vida útil de um recapeamento em AB e a inevitável comparação com a vida útil em um recapeamento em AC foi realizada e foi possível observar, já na primeira fase da pesquisa, que o recapeamento em AC estava completamente trincado após 98.000 ciclos de carga de eixo de 10 tf, enquanto que no recapeamento com AB, a reflexão de trincas era apenas incipiente após 123.000 ciclos da mesma carga de eixo. A parte experimental da pesquisa foi encerrada em março de 2005, aos 523.000 ciclos de carga, e o grau de trincamento da pista com Asfalto-borracha ainda era muito baixo e muito inferior ao grau de trincamento da pista com CAP 20 convencional.

Para as condições da pesquisa e para a estrutura de pavimento ensaiada, as trincas se refletiram no recapeamento com asfalto modificado por borracha (AB) 5 a 6 vezes mais lentamente do que no recapeamento em concreto asfáltico convencional (AC). Ou seja, a eficiência do recapeamento com Asfalto-borracha como retardador da reflexão de trincas foi em média 5,55 vezes superior à do recapeamento com ligante convencional.

Salienta-se, porém, que, para estabelecer de forma inquestionável um fator de eficiência, é necessário definir-se um fator de correção que leve em conta as diferentes temperaturas médias das estruturas durante os períodos de solicitação.

Além disso, o recapeamento com Asfalto-borracha proporcionou ao pavimento melhor condição estrutural, como mostraram as deformações registradas

³ DAER/UFRGS: Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem / Universidade Federal do Rio Grande do Sul

por sensores inseridos na interface entre o revestimento antigo trincado e os recapeamentos, e os levantamentos defletométricos.

Globalmente, conclui-se que o emprego de ligante asfáltico modificado por borracha de pneus em misturas asfálticas para recapeamentos de pavimentos trincados mostra-se como uma técnica promissora.

Outros estudos foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Pavimentação do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, enfocando ensaios sobre a deformação permanente em revestimentos asfálticos por meio do simulador LCPC⁴. Diversos estudos da USP analisaram o comportamento, com relação à deformação permanente, de misturas asfálticas modificadas por asfalto convencional e por Asfalto-borracha.

As misturas asfálticas elaboradas com Asfalto-borracha apresentaram valores de deformação no simulador muito inferiores àqueles verificados em misturas asfálticas com ligantes convencionais. A conclusão foi que a mistura com Asfalto-borracha mostrou-se menos suscetível à formação de trilhas de roda.

A seguir, é apresentada de maneira sucinta, a análise de custo de uma obra de restauração de 30 km de extensão em que o projeto especifica a aplicação de uma camada de concreto asfáltico com ligante CAP-50/70 de 5 cm de espessura. Alternativamente, apresentamos também, o orçamento de um revestimento com Asfalto-borracha com redução de espessura de 30%, ou seja, com 3,5 cm de reforço. De maneira didática prossegue a avaliação.

Portanto, para 30 km, se obtém as seguintes quantidades de massa asfáltica, conforme demonstrado na tabela 3 abaixo:

⁴ LCPC: simulador de Trafego - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 649-674, out.2016/mar. 2017.

Revestimento em CBUQ convencional:	Revestimento em CBUQ com Asfalto-borracha com redução de 30%:
30.000 m x 7,00 m x 0,05 m x 2500 t/m ³ = 26.250 toneladas de massa asfáltica de CBUQ normal	30.000 m x 7,00 m x 0,035 m x 2500 t/m ³ = 18.375 toneladas de massa asfáltica de CBUQ com Asfalto-borracha

Figura 3: Tabela comparativa revestimento CBUQ Convencional X revestimento CBUQ com asfalto-borracha

Fonte: Greca Asfalto: Estudo Ecoflex (2009).

Considerando que a produção da usina de asfalto seja de 9.000 toneladas por mês, tem-se 3 meses para aplicar o CBUQ com asfalto convencional e aproximadamente 2 meses para o Asfalto-borracha (no caso da redução de 30%).

Implica dizer que, se economiza um mês de custo fixo das instalações industriais e da mão-de-obra necessária para a aplicação do revestimento.

Premissas adotadas:

- o preço do CAP-50/70 é de R\$1.150,00/tonelada;
- da mesma forma, o preço do Asfalto-borracha é de R\$1.550,00/tonelada;
- os preços acima são sem frete; e,
- o teor de ligante da mistura asfáltica com CAP-50/70 considerado é de 5,0% e o teor de ligante da mesma mistura com Asfalto-borracha é de 5,5%. Considera-se, então, o aumento de teor do ligante Asfalto-borracha na mistura asfáltica já que este é muito mais viscoso que o ligante convencional.
- os preços por tonelada que remuneram todos os insumos e a aplicação da massa na pista, de forma expedita, são os seguintes :

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

Figura 4: Tabela comparativa revestimento CBUQ Convencional x revestimento CBUQ com asfalto-borracha

Fonte: Greca Asfalto: Estudo Ecoflex (2009).

Conforme se observa na tabela 4 apresentada acima, o preço de execução do Asfalto-borracha é 15% mais caro que o preço de execução de CBUQ convencional, essa majoração remunera os custos para elevar as temperaturas de usinagem da mistura asfáltica e para aumentar a eficiência na compactação do revestimento.

Considerando os dados já mencionados, segue descrição dos custos de execução dos revestimentos de CBUQ com cada tipo de asfalto, conforme descrito na tabela 5:

GRANDEZAS	CÁLCULO	UNIDADE	TIPO DE ASFALTO		
			CAP 50/70	ASFALTO BORRACHA (ECOFLEX)	
A	Quantidade de massa asfáltica CBUQ produzida	-	ton	26.250	18.375
B	Custo de Usinagem/Aplicação por tonelada de CBUQ aplicado	-	R\$/ton	200,00	230,00
C	Quantidade de massa x Custo de Usinagem/Aplicação	A x B	R\$	5.250.000,00	4.226.250,00
D	Teor de Asfalto	-	% peso	5%	5,5%
E	Custo de Asfalto por tonelada	-	R\$/ton	1.150,00	1.550,00
F	Custo Asfalto no CBUQ	A x D x E	R\$	1.509.375,00	1.566.468,75
G	Custo Total da Obra	C + F	R\$	6.759.375,00	5.792.718,75

Figura 5: Tabela comparativa revestimento CBUQ Convencional x revestimento CBUQ com asfalto-borracha

Fonte: Greca Asfalto: Estudo Ecoflex (2009).

A redução de custo quando se utiliza o revestimento de CBUQ com Asfalto-Borracha, dada em porcentagem pelo cálculo:

$$\% \text{ Redução de Custo} = \frac{(6.759.375,00 - 5.792.718,75) \times 100}{(6.759.375,00)}$$

Como mostra a Tabela a seguir:

Redução de Custo do CBUQ com Asfalto-Borracha em substituição ao CAP 50/70	R\$	966.656,25
	%	14,3

Figura 6: Tabela comparativa de redução de custo de revestimento CBUQ Convencional x revestimento CBUQ com asfalto-borracha

Fonte: Greca Asfalto: Estudo Ecoflex (2009).

5.1.1.2 ESTUDO 2 – AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DE PROJETOS COM UTILIZAÇÃO DO ASFALTO-BORRACHA EM RELAÇÃO AO ASFALTO CONVENCIONAL.

Para a realização do estudo foi escolhida a via Rua Ângelo Domingos Durigan, situada em Curitiba. (SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, 2012, p.48).

Em visita a Rua Ângelo Domingos Durigan, foram selecionados 2 trechos de 100 metros para cada tipo de pavimento a ser analisado. Ao total foram estudados 400 metros da via. Foram selecionados os 200 metros que dividem os dois tipos de pavimento a fim de ter o tráfego mais semelhante possível um do outro.

Por fim, outro trecho de 100m foi escolhido aleatoriamente para dois modelos de pavimentação.

O trabalho comparou dois métodos de pavimentação diferentes, ficando evidente então que os custos dos projetos não seriam os mesmos. Para método de comparação foram avaliados os valores investidos e também os custos de manutenção.

Ambas as vias foram executadas no ano de 2005, e após 7 anos, na data corrente do estudo, foram analisados os custos de execução e de recuperação da rua. Para estes valores foram utilizadas as tabelas da Prefeitura Municipal de Curitiba, que foi o órgão responsável pela execução da obra em 2005. Como a via é municipal, seria também este órgão responsável pela manutenção.

Os cálculos comparativos foram realizados com base nas estimativas de qual porcentagem de cada trecho, asfalto-borracha e asfalto convencional, deveria ser recuperado após sete anos de uso.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 649-674, out.2016/mar. 2017.

Após 7 anos de utilização da via em estudo, realizou-se uma análise visual e chegou-se a conclusão que aproximadamente 70% do trecho com CAP-50/70 sofreu algum tipo de manutenção, enquanto o asfalto-borracha precisou somente de 10% de reparo.

Para comparação de custos foram consultadas as tabelas da Prefeitura de Curitiba em exercício no ano de 2012.

Ressaltou-se que o custo de manutenção era o mesmo para o asfalto convencional e o asfalto-borracha, uma vez que a manutenção se dava da mesma forma para ambas as formas de pavimentação. Os custos levantados de execução e manutenção seguem abaixo:

- 1) - Execução de pavimento em asfalto convencional com preparo de base: R\$ 46,66/m²
- 2) - Execução de pavimento em asfalto-borracha com preparo de base: R\$ 77,22/m²
- 3) - Manutenção em asfalto convencional: R\$ 67,30/m²

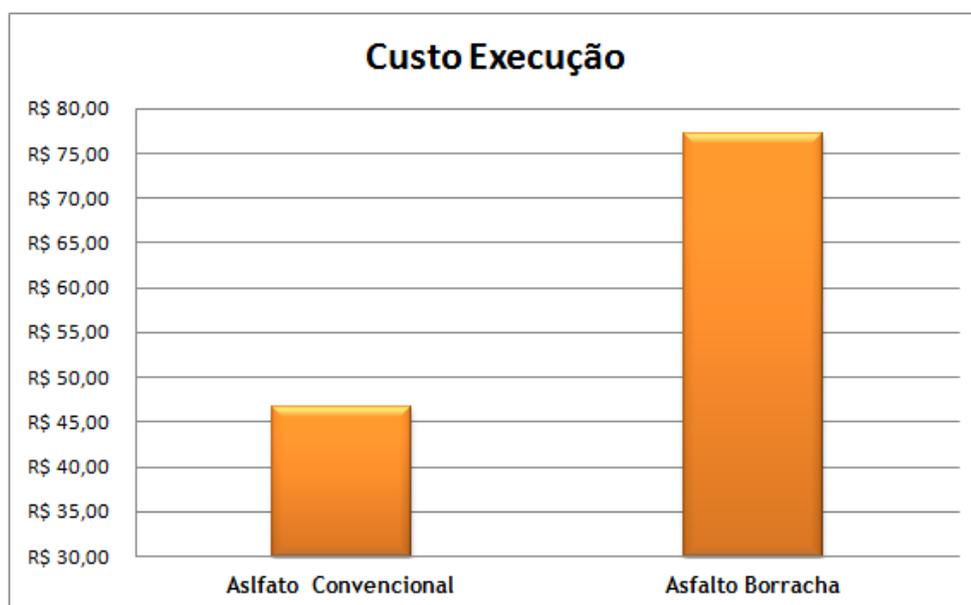


Figura 7: Custo de execução - Avaliação da Viabilidade Financeira de Projetos com Utilização do Asfalto-Borracha em Relação ao Asfalto Convencional

Fonte: SANCHES;GRANDINI;JUNIOR, (2012).

Os dados foram analisados, ficando evidente que o custo de execução do asfalto-borracha era maior. Percentualmente, um valor 65,49% maior.

Entretanto, como foi citado anteriormente, após 7 anos de uso foi observado diferentes níveis de desgaste nas vias. Sendo assim, aplicando percentualmente a quantidade de manutenção necessária em cada trecho, obtiveram-se novos valores para o custo de manutenção a ser aplicado na rua Ângelo Domingos Durigan:

1 - Manutenção do asfalto-borracha: $R\$ 67,30/m^2 \times 0,10 = R\$ 6,73/m^2$

2) - Manutenção do asfalto convencional: $R\$ 67,30/m^2 \times 0,70 = R\$ 47,11/m^2$

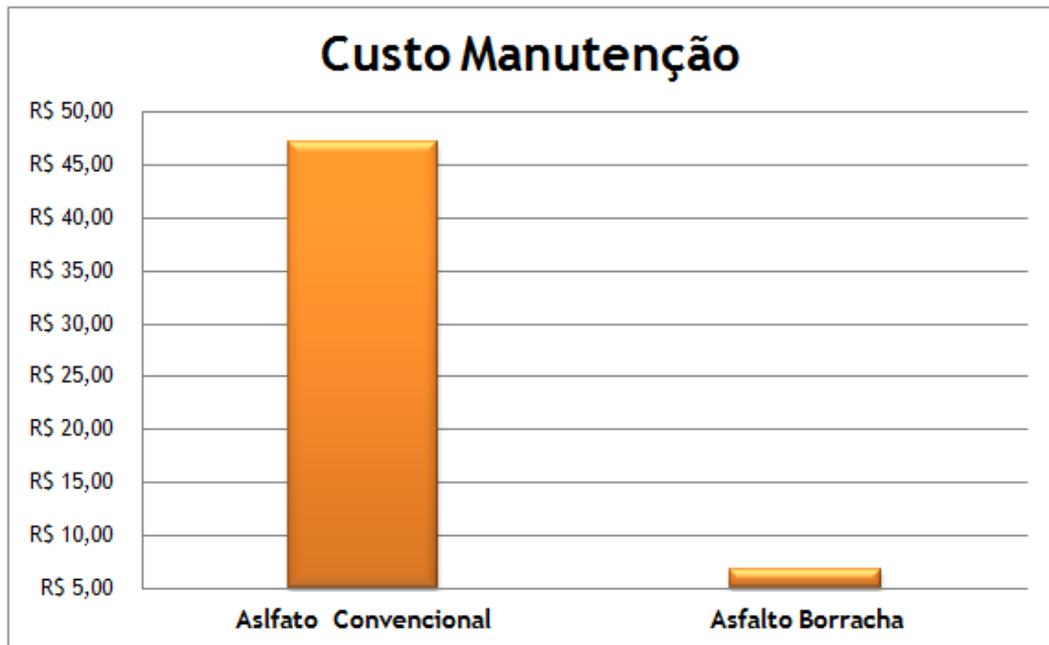


Figura 8: Custo de manutenção - Avaliação da Viabilidade Financeira de Projetos com Utilização do Asfalto-Borracha em Relação ao Asfalto Convencional

Fonte: SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, (2012).

Comparando somente os valores de manutenção, ficou clara a diferença entre o reparo do CAP-50/70 e o AB8. Contudo, para se ter um valor confiável de comparação foi necessário somar os dois custos, de manutenção e execução. Sendo assim:

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 649-674, out.2016/mar. 2017.

1) Manutenção+Execução AB8: R\$6,73/m² + R\$77,22/m² = R\$83,95/m²

2) Manutenção+Execução CAP-50/70: R\$47,11/m² + R\$46,66/m² = R\$ 93,77/m²

GRANDEZAS	CÁLCULO	UNIDADE	TIPO DE ASFALTO		
			CAP 50/70	ASFALTO BORRACHA (ECOFLEX)	
A	Execução do pavimento com preparo de base em extensão	-	m	200	200
B	Custo de execução do pavimento com preparo de base	-	R\$/m ²	46,66	77,22
C	Manutenção do pavimento no período de 7 anos	-	% m ²	70%	10%
D	Custo geral da manutenção do pavimento	-	R\$/m ²	67,30	67,30
E	Percentual de Custo Manutenção do pavimento	C x D	R\$/m ³	47,11	6,73
E	Custo de execução + manutenção do pavimento	B + E	R\$/m ²	93,77	83,95

Figura 9: Custo de manutenção + execução
Fonte: SANCHES; GRANDINI; JUNIOR, (2012).

Somando-se a execução e a manutenção teve-se um custo 11,69% maior para o asfalto convencional neste período de 7 anos.

Apesar de a execução ter ocorrido no ano de 2005, todos os valores comparativos foram de 2012, logo não se fez necessária a correção monetária deste valor.

5.1.1.3 ESTUDO 3 – VIABILIDADE DA PAVIMENTAÇÃO COM ASFALTO-BORRACHA

Depois de uma vasta pesquisa e estudo sobre o tema objeto deste trabalho, definiu-se por realizar uma pesquisa junto as Concessionárias de Rodovias as quais são as principais responsáveis pela utilização da tecnologia do asfalto-borracha atualmente no país.

Conforme consulta no site da ABCR⁵ o Programa de Concessões de Rodovias Federais, desde o seu início, em 1994, tem adotado como critério de decisão o valor do pedágio, vencendo aquele que oferecer a menor tarifa para a prestação do serviço.

Esse modelo prioriza basicamente a aplicação de recursos na conservação, na recuperação e na operação das rodovias, sem a exigência de grandes investimentos em melhorias ou ampliações dos trechos concedidos.

No caso das concessões estaduais, principalmente as realizadas pelo governo do Estado de São Paulo, o modelo de concessão deu maior relevância a investimentos em ampliações e melhorias.

Na primeira fase do programa paulista, em 1997, adotou-se a concessão com pagamento de outorga, tendo o valor do pedágio sido fixado com base na tarifa quilométrica praticada até então pela Dersa, considerando o trecho de cobertura de cada praça (TCP).

Já na segunda fase, licitada em 2008, os vencedores foram aqueles que, além de desembolsarem um valor de outorga fixado, ofereceram a menor tarifa. Nos dois casos, na segunda etapa adotou-se o IPCA para o reajuste anual das tarifas de pedágio.

Para realização do estudo foi elaborado um questionário com perguntas com o objetivo de obter-se o maior número possível de informações e dados quanto à utilização prática do asfalto-borracha, com ênfase na sua durabilidade, viabilidade econômica, viabilidade ambiental e principalmente quanto ao interesse na continuidade e expansão do seu uso. Abaixo na Figura 10 apresentamos tabela

⁵ ABCR: Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias
R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 649-674, out.2016/mar. 2017.

contendo os resultados da pesquisa, realizada em concessionárias localizadas no estado de São Paulo:

Questionário aplicado á concessionárias (perguntas chaves)	Concessionária CART	Concessionária CCR	Concessionária Ecovias	Concessionária Rota das Bandeiras
Na sua opinião, o tempo de vida útil das vias que possuem asfalto-borracha em relação as que possuem asfalto convencional é: () maior () igual () menor	maior	maior	maior	maior
De acordo com sua experiência, o asfalto-borracha comparado ao asfalto convencional é viável?	sim	sim	sim	sim
O asfalto-borracha é ambientalmente correto?	sim	sim	sim	sim
Existe intenção de utilizar o asfalto-borracha em outros trechos?	sim	sim	sim	sim

Figura 10: Tabela de respostas do questionário aplicado ás concessionárias de rodovias
Fonte: Autores (2015)

Em acréscimo foram pesquisados o percentual em quilômetros de rodovia em asfalto-borracha, que as empresas possuem atualmente em relação ao total de quilômetros de sua concessão, conforme pode-se observar na Figura 11 apresentada a seguir:

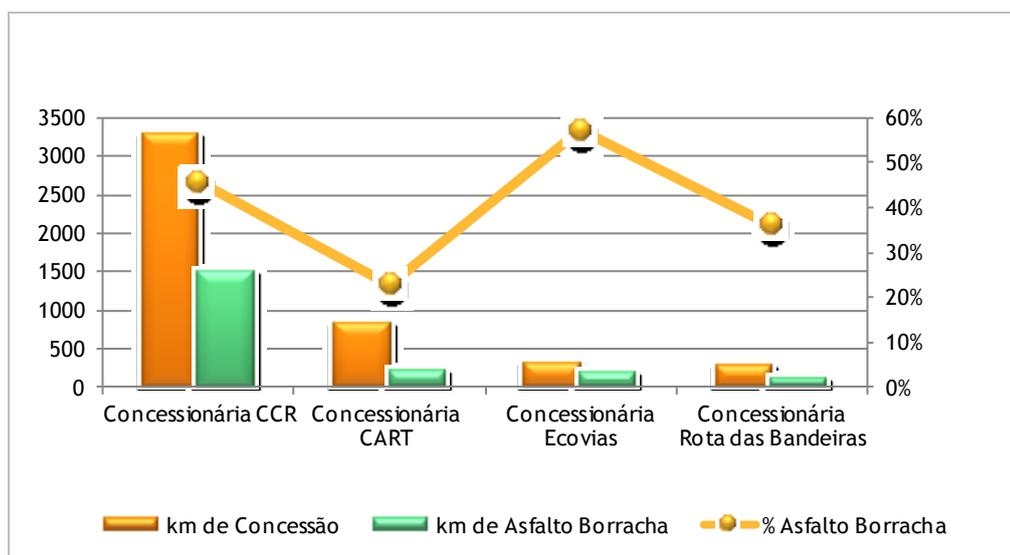


Figura 11: Gráfico do total de quilometragem de concessão e percentual do total do pavimento que utiliza asfalto-borracha pelas concessionárias pesquisadas

6. DISCUSSÃO

Com a pesquisa e análise dos dados da Figura 10 e 11 foi possível identificar que dentre as concessionárias entrevistadas, embora constitua porcentagem do trecho de concessão de cada uma (independente da quilometragem de concessão), todas demonstraram plena satisfação quanto à utilização do asfalto-borracha.

Concluiu-se que todas as concessionárias posicionam-se de maneira positiva em relação à utilização do asfalto-borracha, desde suas vantagens na utilização até a pretensão de seu emprego em projetos atuais e futuros.

Todas concessionárias foram unânimes em afirmar positivamente os benefícios decorrentes da utilização do asfalto-borracha.

Não havendo um incentivo e sendo o investimento inicial mais alto, as concessionárias optam por aplicar seus investimentos contratuais de concessão em longo prazo para obter um retorno mais rápido, mesmo sendo perceptíveis as vantagens da utilização do asfalto-borracha, como o conforto e durabilidade do pavimento.

7. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos através das comparações dos estudos apresentados, foi possível concluir que a viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha é clara, pois, é economicamente viável, tecnicamente e ambientalmente correto.

Com base no estudo 1 pode-se observar uma redução de 14% em função da possibilidade de redução de espessura do pavimento.

Através do estudo 2 foi possível observar que com relação ao enfoque execução+manutenção, num período de 7 anos o asfalto convencional apresentou um custo de 11,69% maior.

Sendo este um país que depende basicamente de suas rodovias para transportar suas riquezas produzidas, a utilização do asfalto-borracha ainda é modesta, se comparado às extensões de vias concedidas. Fica perceptível que se

houvesse incentivo governamental para que as empresas do ramo de concessões o utilizassem, seguramente o percentual de vias pavimentadas com esta tecnologia seria mais expressivo.

VIABILIDADE DE PAVING WITH ASPHALT - RUBBER

ABSTRACT

The present work had as objective to analyze the best practices for implementing and developing innovations, aiming the performance and durability of the pavements. The primary element of work is the use of asphalt-rubber, as raw material in the paving of the roads. In the course of work sought to understand the viability and for which reason the practice is rarely applied. The option for using asphalt rubber is a bet on a stronger material that requires less maintenance interventions. In spite of the asphalt rubber-be more expensive than the conventional, is ecologically correct because, collaborates with the decrease of environmental waste. The initial investment although it is higher, is noticeable advantage of this application, one of them is the comfort and durability of the floor.

Keywords: Paving, Asphalt-rubber, Cost benefit.

REFERÊNCIAS

ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Qualidade – Asfalto-borracha**, Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/?id=486>> acesso em: 20 de agosto de 2015.

ABCR - Associação Brasileira de Concessionária de Rodovias. **Concessões de Rodovias**, São Paulo. Disponível em: <<http://www.relatorioweb.com.br/abcr/?q=pt-br/node/53>> acesso em: 20 de agosto de 2015.

BALBO, J.T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558p.

BERNUCCI, L.B; ET AL, **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006, 504p.

PETROBRÁS – Distribuidora; Petróleo Brasileiro S.A. **Produtos asfálticos: Asfalto-Borracha**, Rio de Janeiro. Disponível em:
<<http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/asfalticos/autoborracha/> >
acesso em: 03 de Maio de 2015.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes. **Pesquisa Rodoviária**, 2007.

CCR - Companhia de Concessões Rodoviárias. **Relatório Anual de Sustentabilidade: Asfalto ecológico**. Disponível em
<http://www.grupoccr.com.br/ri2010/asfalto_ecologico.html> acesso em 20 de agosto de 2015.

CONCER. **Obras em andamentos**; Disponível em:
<www.concer.com.br/obras_andamento_asf_eco.htm > acesso em 20 de agosto de 2015.

DER - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, **Especificação Técnica ET-DE – P00/030 Concreto Asfáltico Com Asfalto-Borracha (Processo Úmido)**, Disponível em
<http://www.der.sp.gov.br/website/Documentos/normas_tecnicas.aspx> acesso em: 04 de Maio de 2015.

DI GIULIO, G. **vantagens ambientais e econômicas no uso da borracha em asfalto** – Inovação Uniemp v.3 n.3 – Campinas, 2007.

DNIT – Departamento Nacional de Infra Estrutura de Transporte. **Manual de pavimentação**. 3 ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. 274p.

GRECA ASFALTOS. **Fatos & Asfaltos**, Informativo quadrimestral, ano 8, nº 24 de Outubro, 2011.

GRECA ASFALTOS. **Contabilidade ecológica – Asfalto-borracha**. Disponível em:
<http://www.grecaasfaltos.com.br/fatos/fatos_25.pdf> acesso em: 03 de Maio de 2015.

GRECA ASFALTOS. **Linha Ecoflexpave**. Disponível em:
<http://www.flexpave.com.br/leiamais_ecoflex/13_estudo_ecoflex_2009.pdf> acesso em 05 de maio de 2015.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 649-674, out.2016/mar. 2017.

HENKES, Jairo Afonso, RODRIGUES, Cristiano Millani;. **Reciclagem de Pneus: atitude ambiental aliada a estratégia Econômica**. Revista Gestão & sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, SC, v. 4, n. 1, p. 448-473, 2015.

LAGARINHOS, Carlos Alberto F.; TENÓRIO, Jorge Alberto S. Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. **Polímeros Ciência e Tecnologia**, São Paulo, vol. 18, núm. 2, p. 106-118, abril-junho, 2008.

MARTINS, Haroldo A. F.. **A utilização da borracha de pneus na pavimentação asfáltica**. 2004. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2004.

MORILHA JR., A.; GRECA, M. R. **Considerações Relacionadas ao Asfalto Ecológico – Ecoflex**. IEP, Apostila sobre Asfalto-borracha, Instituto de Engenharia do Paraná. 2003. NBR 11803 (1991): Materiais para sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento. Rio de Janeiro.

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.

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; DO NASCIMENTO, Luis Alberto Herrmann; EDEL, Guilherme. **Aplicação de asfalto-borracha na Bahia**. In: Anais do 3 Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás-IBP. Salvador/Bahia. 2005.

OLIVEIRA, Otávio José de; CASTRO, Rosani de. **Estudo da destinação e da Reciclagem de pneus inservíveis no Brasil**. UNESP. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650481_0291.pdf>. acesso em 04 de maio de 2015.

SANCHES, Felipe G.; GRANDINI, Fernando H. B.; JUNIOR Orlei B. **Avaliação da Viabilidade Financeira de Projetos com Utilização do Asfalto-Borracha em Relação ao Asfalto Convencional**. 2012. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Superior de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, 2012.

SEGS. Disponível em: **Asfalto recuperado na via dupla equivale a 342 voltas no autódromo de interlagos.** <http://www.segs.com.br/veiculos/52529-asfalto-recuperado-na-via-dupla-equivale-a-342-voltas-no-autodromo-de-interlagos.html>> acesso em 20 de agosto de 2015.

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).

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1.ed. São Paulo: Pini, 2001. 670p.

WICKBOLDT, V. S. **Ensaio acelerado de Pavimentos para avaliação de desempenho de Recapeamentos Asfálticos** – Dissertação de Mestrado – PPGE/UFRRGS. 134p. 2005.