**A VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE ASFALTO BORRACHA NO BRASIL**

**LEONARDO MELO BITTENCOURT**

**BELO HORIZONTE
 2016**

Sumário

[1. INTRODUÇÃO 3](#_Toc454469465)

[2. CONTEXTO MUNDIAL 3](#_Toc454469466)

[3. PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS 3](#_Toc454469467)

[4. PAVIMENTO FLEXÍVEL 5](#_Toc454469468)

[5. ASFALTO BORRACHA 5](#_Toc454469469)

[6. OBTENÇÃO DO PÓ DE BORRACHA 5](#_Toc454469470)

[7. ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS ÀS MISTURAS ASFÁLTICAS 6](#_Toc454469471)

[8. ASFALTO CONVENCIONAL X ASFALTO BORRACHAMPORTANTES PARA A ATUAÇÃO NA ÁREA 7](#_Toc454469472)

[9. CUSTOS 7](#_Toc454469473)

[10. VANTAGENS DA UTILIZAçÃO DO ASFALTO BORRACHA 9](#_Toc454469474)

[11. CONCLUSÃO 11](#_Toc454469475)

[12. REFERÊNCIAS 12](#_Toc454469476)

# INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o modal mais representativo na matriz brasileira, existem cerca de 1,7 milhão de km de estradas no país (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2016), desses 255.040 quilômetros são rodovias estaduais, 1.339,26 milhões de quilômetros municipais, 119.936 quilômetros rodovias federais.

Em 2013 foram gastos R$ 12,7 bilhões com a manutenção de rodovias no Brasil. Tal percentual ainda representa menos do que 5% do que a Confederação Nacional do Transporte, CNT, acreditava ser necessário para consertar as rodovias, que seria de R$ 355,2 bilhões (UOL, 2013).

# CONTEXTO MUNDIAL

As primeiras tentativas de incorporação de borracha de pneus em asfalto aconteceram na década de 50, mas foi na década seguinte que a tecnologia despertou realmente o interesse dos cientistas e autoridades desse setor. O engenheiro Charles McDonald inspecionava rodovias pelos Estados Unidos. Em uma de suas viagens utilizou uma mistura de asfalto e pó de pneu para selar trincas no teto do seu trailer. Passado algum tempo, ele notou que a mistura não oxidava como acontecia com o asfalto convencional. Os primeiros artigos sobre o assunto começaram então a ser publicados em 1963 (Giulio, 2007). Hoje em dia o material já é amplamente utilizado nos Estados Unidos. No estado do Arizona, por exemplo 70% de suas rodovias são pavimentadas com asfalto borracha (Orsi e Simon). No Brasil, a utilização do material ainda é incipiente, apenas cerca de 2,5 mil km de estradas no país utilizam dessa tecnologia (Giulio, 2007). Sendo assim, esse material se apresenta como uma tecnologia não tão recente mundialmente falando. Entretanto, quando se trata do Brasil, ele ainda se apresenta como uma oportunidade promissora de desenvolvimento e aplicação.

# PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Em obras de pavimentação rodoviárias, o pavimento é composto por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentadas sobre o solo de fundação, subleito. Essas camadas são compostas de materiais de diferentes módulos de resiliência/rigidez e consequentemente, com características diferentes quanto a deformabilidade. Tais materiais tem como função final garantir a segurança e conforto do usuário (2006 apud FERRARA, 1993).

Segundo a NBR-7207 (2006 APUD FERRARA, 1992), as principais funções do pavimento são:

•. Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais provenientes do tráfego;

•. Melhorar as condições de rolamento quanto a comodidade e segurança;

•. Resistir aos esforços horizontais tornando mais durável possível a superfície de rolamento.

Os pavimentos são classificação devido a estrutura dos mesmos em:

• Pavimentos Rígidos, são pouco deformáveis e compostos principalmente por concreto.

• Pavimentos Flexíveis, são caracterizados por não romperem ao serem deformados, até certo limite.

O quadro 1 mostra os dois tipos de base que compõem os pavimentos, e suas respectivas condições.

QUADRO 1: Tipos de base que compõem os pavimentos rígido e flexível.



FONTE: SENÇO, 1997

Quando um pavimento é solicitado por uma carga de veículo, que se desloca sobre o revestimento com uma dada velocidade, fica sujeito a uma tensão normal na direção vertical (de compressão) e uma tensão cisalhante na direção horizontal (de cisalhamento). As variadas camadas componentes da estrutura do pavimento possuem a função de diluir a tensão vertical aplicada na superfície para que o subleito receba uma parcela muito inferior desta tensão vertical. A tensão horizontal aplicada na superfície exige que o revestimento possua uma coesão mínima para suportar a parcela do esforço de cisalhamento (2006 apud FERRARA, 1993).

# PAVIMENTO FLEXÍVEL

Os pavimentos flexíveis são caracterizados por suas deformações, até um certo limite, não o levam à ruptura, tem em sua composição principalmente materiais betuminosos. Pode ser composto por diversas camadas, como subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento (2006 apud FERRARA, 1997).

A estrutura dos pavimentos flexíveis é construída sobre o solo, subleito, de forma técnica e econômica, com o objetivo de resistir e distribuir os esforços verticais provenientes do tráfego, melhorar as condições de rolamento garantindo segurança e conforto e resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando a superfície de rolamento mais durável.

# ASFALTO BORRACHA

Asfalto Borracha é um produto elaborado a partir da adição de Borracha Moída de Pneu (BMP) ao revestimento asfáltico, antes que seja misturado o agregado. A borracha (BMP) é adicionada, a teores de 15% a 25%, ao ligante modificando-o permanentemente.

Além de ser uma forma nobre de dar destino aos pneus inutilizáveis, o uso de borracha moída de pneus no asfalto melhora em muito as propriedades e o desempenho do revestimento asfáltico.

# OBTENÇÃO DO PÓ DE BORRACHA

Para a obtenção do pó de borracha existem três tipos de processo.

Moagem a frio – o pneu é cortado em pedaços de aproximadamente 6 a 10cm, ele é então separado dos fios de aço que o compõem, os pedaços são moídos até que o pó obtenha a granulometria solicitada, este pó passa então por uma esteira, acima da qual estão localizados eletroímãs que garantem um pó isento de partículas metálicas.

Regeneração – extração através do uso de solvente, o processo de regeneração dos pneus exige a separação da borracha vulcanizada de outros componentes (como metais e tecidos, por exemplo). Os pneus são cortados em lascas e purificados por um sistema de peneiras. As lascas são moídas e depois submetidas à digestão em vapor d‘água e produtos químicos, como álcalis e óleos minerais, para desvulcanizá-las.

Criogenia – é utilizado nitrogênio líquido para o congelamento dos pneus, posteriormente o material é esmagado, repete-se o processo até que se adquira a granulometria necessária.

# ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS ÀS MISTURAS ASFÁLTICAS

A adição da borracha de pneus as misturas asfálticas, deve ser realizada das seguintes formas:

* Via seca: - A borracha é introduzida diretamente no misturador da usina de asfalto. Neste caso a borracha entra como um agregado na mistura. A transferência de propriedades importantes da borracha ao ligante é prejudicada, embora seja possível agregar melhorias à mistura asfáltica, desde que na sua fabricação seja possível obter uma mistura homogênea;
* Via úmida - A borracha é previamente misturada ao ligante, modificando-o permanentemente. Nesta modalidade ocorre a transferência mais efetiva das características de elasticidade e resistência ao envelhecimento para o ligante asfáltico original.
* Adição da borracha moída de pneus ao ligante – a borracha de pneus é adicionada ao ligante, modificando-o permanentemente. Nesta modalidade ocorre a transferência mais efetiva dos polímeros e da química dos pneus que se traduzem em maior elasticidade e resistência ao envelhecimento.

A adição da borracha ao ligante deve ser executada em reator especial (Terminal Blend) e através de um processo físico químico adequado, somente assim é possível obter uma mistura estável de asfalto borracha.

A aplicação do ligante no tratamento por penetração ou na mistura asfáltica deve ocorrer em menos de 24 horas e sua produção é, normalmente, realizada diretamente no local de consumo.

A tecnologia tem sido desenvolvida e adaptada à realidade Brasileira, utilizando-se o que existe de melhor em outros países que já utilizam o Asfalto Borracha e desenvolvendo as características necessárias para o melhor uso no Brasil.

No quadro 2 é demonstrado a vida média esperada de diversos tipos de manutenção e reabilitação.

QUADRO 2: Comparação entre os tipos de manutenção



 FONTE: State Highway Agencies

\*DG – Granulometria Densa

\*\*GG – Granulometria Descontínua

# ASFALTO CONVENCIONAL X ASFALTO BORRACHAMPORTANTES PARA A ATUAÇÃO NA ÁREA

A utilização de asfalto borracha no Brasil é regulamentada pela norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT, DNIT 001/2009 – PRO.

O critério usado para dimensionamento do asfalto borracha é o mesmo que o critério do asfalto convencional. Mas em relação ao revestimento, em análise no Brasil, as empresas têm chegado ao resultado de que, para a mesma durabilidade em anos do asfalto convencional, adota-se a metade da espessura do revestimento (2006 apud FERRARA, 2003).

# CUSTOS

Os custos do pavimento foram obtidos no DER, onde mostra o preço de cada item do asfalto, sendo mais evidenciado o custo do revestimento, que é o fator diferencial do tipo do pavimento. Foram analisados os custos do CA e CA + BMP.

Os preços, quadro 3, foram pesquisados segundo na tabela do DER de julho/2006 do DER.

QUADRO 3: Custos unitários das camadas.



FONTE: FERRARA, 2006

QUADRO 4: Custos com revestimento de capa de Concreto asfáltico



FONTE: FERRARA, 2006

QUADRO 5: Custos com revestimento de capa de concreto asfáltico + borracha moída de pneu



FONTE: FERRARA, 2006

QUADRO 6: Custos com revestimento de capa de concreto asfáltico + borracha moída de pneu (4 cm)



FONTE: FERRARA, 2006

Resultados:

Asfalto Convencional revestimento com 5 cm → R$ 1.116.970,54

Asfalto Borracha revestimento com 5 cm → R$ 1.128.224,86

Asfalto Borracha revestimento com 4 cm → R$ 1.080.963,77

# VANTAGENS DA UTILIZAçÃO DO ASFALTO BORRACHA

Os pneus usados e descartados são obtidos gratuitamente, pois se encontram descartados nos lixões, aterros sanitários (que é problemática, pois os pneus dificultam a compactação, reduzindo assim a vida útil dos aterros), rios, córregos, lagos ou abandonados em qualquer terreno baldio, causando problemas sanitários, visto que com o acúmulo de água parada devido às chuvas, são os locais preferidos pelo mosquito da dengue que proliferam rapidamente e podem, com sua picada contaminar o homem e lhe causar a morte.

Comparando-se o asfalto borracha com os convencionais pode-se destacar como vantagens: maior viscosidade; menor suscetibilidade térmica; maior elasticidade; maior resistência ao envelhecimento; maior coesão; maior adesão e resistência à desagregação; maior resistência à tração e ao cisalhamento. Segundo Zanzotto e Svec (1996), o ligante modificado por borracha granulada de pneus ou simplesmente asfalto borracha, apresenta as seguintes características:

* Aumento da flexibilidade, devido a maior concentração de elastômeros na borracha de pneus;
* Melhor adesividade aos agregados;
* Aumento da vida útil do pavimento;
* Maior resistência ao envelhecimento: a presença de antioxidantes e carbono na borracha de pneus auxilia na redução do envelhecimento por oxidação;
* Maior resistência a propagação de trincas e a formação de trilhas de roda;
* Permite a redução da espessura do pavimento;
* Proporciona melhor aderência pneu-pavimento;
* Redução do ruído provocado pelo tráfego entre 65 e 85%.

O Departamento de Transportes da Califórnia (CALTRANS) vem utilizando de forma sistemática o asfalto borracha por via úmida e desde 1987 as espessuras das camadas asfálticas com borracha, tem sido reduzidas em relação às necessárias para pavimentos convencionais.

O CALTRANS também relata que em termos gerais os pavimentos com asfalto borracha possuem um desempenho excelente, requerendo menos manutenção e tolerando deflexões superiores àquelas suportadas pelos pavimentos com asfalto convencional.

Por outro lado, relativamente ao envelhecimento do ligante asfáltico durante a usinagem e a sua vida útil, podemos relatar que este é diminuído com a utilização de asfalto borracha, tendo em vista dois fatores:

A espessura de película sobre o agregado é superior àquela encontrada com CAPs convencionais (devido a maior viscosidade do ligante), tal fato garante um menor envelhecimento do ligante durante a usinagem;

A recuperação elástica do ligante após a simulação de envelhecimento na usinagem, aponta ganho desta característica ao invés de perda que ocorre com os demais ligantes convencionais e modificados por outros polímeros (2006 apud FERRARA, 2003), muito provavelmente, este fenômeno também ocorre durante a usinagem no campo, proporcionando uma mistura asfáltica mais flexível mesmo após a oxidação que ocorre em todo o processo de fabricação e aplicação da massa asfáltica. Portanto este é mais um fator que contribui para o aumento da durabilidade da mistura asfáltica e consequentemente do revestimento.

O aspecto ecológico e social deve ser relatado como um benefício muito importante e adicional às melhorias que se pode observar na modificação do asfalto tradicional com a adição da borracha moída de pneus. Sob esta visão, podemos citar os seguintes benefícios:

• Surgimento e fortalecimento de empresas especializadas na reciclagem de pneus;

• Benefícios diretos ao setor público pela criação de novas fontes de tributos a ingressar no erário público, e adicionalmente, na criação de novos empregos diretos nas empresas recicladoras e indiretos ligados ao processo de angariação e movimentação de pneus inservíveis;

• Inibição maior aos focos de criação de insetos prejudiciais à saúde e até letais ao homem;

• Redução da poluição visual que é causada pelo descarte de pneus em locais impróprios;

• Diminuição do assoreamento de lagos, rios e baías, causados, também pelo indevido descarte de pneus;

• Diminuição do número de pneus usados em depósitos, com a consequente redução do risco de incêndios incontroláveis, que causam a poluição atmosférica e a não deposição de pneus, sob qualquer formato, em aterros sanitários.

• Redução da demanda de petróleo, pela substituição de parte do asfalto por borracha moída de pneus e também pela maior durabilidade que será alcançada na vida útil de nossas estradas. Não podemos esquecer que o petróleo, e por consequência o asfalto, é uma fonte não renovável de energia.

As consequências ecológicas e socioeconômicas acima, aliadas ao benefício técnico do novo ligante asfáltico elaborado com a borracha fazem do asfalto borracha o ligante do futuro no Brasil

# CONCLUSÃO

Estima-se em mais de 2,5 mil km de estradas cobertas pelo produto em todo o país, uma tecnologia bastante disseminada nos Estados Unidos mas ainda uma novidade por aqui. Grande parte das rodovias que utilizam dessa tecnologia são administradas por concessões. É crescente a utilização do asfalto borracha nesse segmento. Exemplos disso são que 22% das estradas administradas pelo Grupo EcoRodovias já possuem pavimentação com asfalto-borracha (o equivalente a 1,5 mil km) e o grupo CCR, outro gigante do setor, possui pavimentação do tipo em 15% de suas rodovias (MAZZONETTO, 2011).

Anualmente são geradas cerca de 35 milhões de carcaças de pneus e há mais de 100 milhões de pneus abandonados no país que (GIULIO, 2007), reciclados, podem ser utilizados na pavimentação das estradas. O primeiro impacto positivo no uso de borracha em misturas asfálticas está no ambiente, pois a restauração de pavimento com esse tipo de asfalto pode usar até mil pneus por quilômetro, o que reduz o depósito desse material em aterros ou fora deles, no entanto, outras vantagens ainda superam o ganho ambiental: aumento da vida útil do pavimento, maior retorno elástico, maior resistência ao envelhecimento precoce por oxidação do cimento asfáltico de petróleo e às intempéries e, ainda, maior resistência às deformações plásticas. Conclui-se então que o asfalto borracha, apesar de apresentar preço mais elevado, apresenta diversas vantagens que tornam a sua utilização, não só viável, como mais interessante, tanto financeiramente, quanto ambientalmente para as empresas e para a sociedade.

# REFERÊNCIAS

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, Set. 2014. *Disponível em:* < http://www.transportes.gov.br/transporte-rodoviario.html>. *Acesso em:* 22/06/2016

UOL. **Má conservação de rodovias elevam em R$ 1,4 bi gasto anual de combustível, diz pesquisa**. Maceió, 2013. *Disponível em:* <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2013/11/01/ma-conservacao-de-rodovias-elevam-em-r-14-bi-gasto-de-combustivel-diz-pesquisa.htm>. *Acesso em:* 01/11/2013

MAZZONETTO, Caroline. Asfalto-borracha. Dez. 2011. *Disponível em:* <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/asfalto-borracha-a-adicao-de-po-de-borracha-extraido-de-245173-1.aspx>. *Acesso em:* 22/06/2016

ORSI & SIMON. Asfalto Borracha: Uma Alternativa Ambiental para Pneus em Desuso. *Disponível em:<* http://www.ufrgs.br/ensinodareportagem/meiob/asfaltob.html>. *Acesso em:* 22/06/2016

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, Set. 2014. *Disponível em:* < http://www.transportes.gov.br/transporte-rodoviario.html>. *Acesso em:* 22/06/2016

DI GIULIO, Gabriela. **Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto.** Uniemp. Campinas, 2007. *Disponível em*: <http://inovacao.scielo.br/scielo. php?script=sci\_arttext&pid=S1808-23942007000300008&lng=&nrm=iso>. *Acesso em:* 22/06/2016

FERRARA, Renada D’avello. **Estudo Comparativo do Custo x Benefício Entre o Asfalto Convencional e o Asfalto Modificado Pela Adição de Borracha Moída de Pneu**. São Paulo, 2006. *Disponível em*: <http://engenharia.anhembi.br/tcc-06/civil-57.pdf>. *Acesso em:* 22/06/2016