

ANÁLISE DE CUSTO X BENEFÍCIOS NA RECICLAGEM DE ASFALTO

BRUGNOLI, A. M, NASCIMENTO, J. G. M., MARQUES, C. S. A, SILVA, Gabriella Rodrigues, ORTIS, Carolina Franchetti Fukuyama.

*Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, SP, 2018.

RESUMO

A reciclagem do asfalto vem despertando o interesse e a atenção de muitos envolvidos em obras rodoviárias no Brasil, devido ao benefício ambiental e econômico trazido por este sistema de recuperação. Diante disso, esse projeto tem como objetivo analisar as vantagens técnicas e os ganhos ambientais a partir da reciclagem do material asfáltico deteriorado. A reciclagem asfáltica consiste na reutilização total dos materiais existentes em um pavimento asfáltico danificado. Uma grande vantagem é que se utiliza 100% do material e ainda pode-se reforçar o pavimento com a espuma de asfalto. No entanto, o asfalto reciclado não pode ser aplicado em vias de tráfego intenso, pois as mesmas necessitam de um material mais resistente. O estudo será desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. Espera-se assim obter dados para comprovar que esta reciclagem é economicamente e ambientalmente viável.

PALAVRAS-CHAVE: reciclagem, meio ambiente, pavimento, asfalto.

INTRODUÇÃO

As rodovias primárias foram arquitetadas como consequência da invenção da roda, quando se verificou a urgência do uso de insumos mais resistentes na construção das mesmas (PREGO, 2001).

A construção civil se define pela alteração do cenário, o uso de recursos naturais renováveis e não renováveis, conduzindo à geração de resíduos sólidos e a segregação de gases a atmosfera impactando o ambiente e à qualidade de vida dos seres vivos. Os insumos empregues na pavimentação asfáltica vêm passando por transformações no decorrer dos anos visando uma melhor adaptação as necessidades vigentes, como: máxima durabilidade, resistência, qualidade e economia de custos (DI GIULIO, 2007).

A função de uma rodovia é aferir um meio confortável, econômico e seguro para a locomobilidade de pessoas e mercadorias, sendo que a implantação de uma estrada desperta novas perspectivas para o progresso de uma região e permite a fortalecimento da economia regional (CNT, 2007).

Pode-se verificar que na maioria dos pavimentos, passado um breve período de tempo, as falhas começam a ficar visíveis na superfície de rolamento, ocasionando incomodo, reduzindo a segurança e aumentando os custos. As principais deformações que aparecem nos pavimentos são as trincas por fadiga e o acúmulo de defeitos nas trilhas de rodas. Um dos fundamentos da sucessão de deformação permanente nas trilhas de roda é resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas inferior, que se subordina da vulnerabilidade térmica do ligante asfáltico e da estrutura dos agregados minerais (NEVES FILHO, 2004).

A reciclagem de pavimento tem conquistado os órgãos governamentais e ambientalistas, por ser uma opção economicamente viável, além de ser diplomaticamente correta, por viabilizar o reaproveitamento parcialmente integral dos elementos, possibilitando menor extração de recursos naturais, diminuição dos gastos de energia e minimizando os impactos ambientais.

OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, as vantagens técnicas e os ganhos ambientais a partir do reaproveitamento do material asfáltico deteriorado.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Revisar a bibliografia
- Estudar dados sobre a reciclagem de revestimentos asfálticos, suas dificuldades e seus benefícios
- Verificar os benefícios da reciclagem asfáltica na reabilitação de pavimentos asfálticos.

TRANSPORTE RODOVIÁRIO

De acordo com Rodrigues (2005), o transporte rodoviário é um dos mais acessíveis e eficazes. Seu único requisito é a presença de rodovias. Entretanto, esse meio denota um alto consumo de combustível.

O transporte rodoviário é indicado para curtas e médias distâncias e alto valor agregado. Conforme Ramalho (2009), a vantagem é permitir o assentamento de rotas flexíveis. Refere-se a um modal relevante na prática das atividades porta a porta.

Pela elevada flexibilidade, segundo Rodrigues (2005), este modelo é indicado para a distribuição urbana, nos quais os transportes são de pequenas distâncias, além de possibilitar a conexão com outros modos de transporte.

Rodrigues (2005) ressalta as vantagens e desvantagens do transporte rodoviário, apontadas abaixo:

Vantagens: alta disponibilidade de vias de acesso; embarques e partidas rápidos; favorece o embarque de pequenos lotes; facilidade de substituir o veículo em caso de quebra ou acidente; maior rapidez de entrega.

Desvantagens: maior custo operacional e menor capacidade de carga; em épocas de safras provoca congestionamentos nas estradas; desgasta prematuramente a infraestrutura da malha rodoviária.

O modelo rodoviário tem grande ênfase no Brasil, e alcança praticamente todo território nacional. Com o estabelecimento da indústria automobilística na década de 50, e com a pavimentação das rodovias, o modelo rodoviário cresceu tanto que hoje é o que comanda o país (RAMALHO, 2009).

PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Os pavimentos rodoviários sofrem deterioração devido a ação do tráfego ao longo do seu uso e das intempéries, surgindo a necessidade de recupera-lo ou reabilitá-lo.

O pavimento é infraestrutura criada para sustentar choques ocasionados pelo tráfego de veículos devido as intempéries climáticas, proporcionando, assim estado de conforto e segurança aos usuários (CNT, 2007).

O pavimento rodoviário é um alicerce formado por uma ou mais camadas, com propriedades próprias para receber os impactos aplicados na superfície e distribuídos de forma que as tensões resultantes sejam inferiores as admissíveis (PINTO *et al.*, 2002).

Segundo Medina (1997) pavimento flexível é aquele composto de um revestimento betuminoso acima da base granular. Para Pinto *et al.* (2002) é o qual todas as camadas passaram por deformação elástica considerável sob a carga aplicada e, logo, o carregamento se fragmenta em porções proporcionais entre as camadas.

Os principais materiais que constituem o pavimento flexível são: agregado graúdo, agregado miúdo e material asfáltico (BIANCHI *et al.*, 2008).

Os principais componentes do asfalto rígido, são: aço, agregado graúdo, agregado miúdo, água tratada, aditivos químicos, Cimento Portland, fibras (plástico ou aço), material de enchimento de juntas (fibras ou borracha), e selante de juntas (moldado) (BIANCHI *et al.*, 2008).

As características dos pavimentos são instigadas pelos insumos e tipo de revestimento utilizados. Busca-se novas opções para a construção civil, visto que, a carência de matéria prima está cada vez maior e os custos dos materiais de construção aumentaram (LASTRAN, 1998).

A reciclagem de pavimentos surge como uma alternativa viável diante da degradação do asfalto, reduzindo o uso de recursos naturais e busca manter a mesma qualidade e as mesmas funções de um revestimento asfáltico novo (ZELAYA, 1985).

A reciclagem pode ser dividida em três métodos: a frio (sem necessidade de aquecimento), ou reciclagem a quente (processo com aquecimento). No método a frio, o processo pode ser subdividido em execução *in loco* ou execução em uma usina especial de reciclagem a frio. (JULIANO GEWEHR, 2014, p.6)

ENVELHECIMENTO DO ASFALTO

No decorrer do processamento e da utilização da mistura asfáltica, assim como no decorrer da sua vida útil, seus elementos estão em constante mudança em virtude de inúmeros fatores, como a exposição ao ar, calor, luz e umidade. Como resultado, nota-se um declínio de plasticidade do ligante, causando endurecimento crescente que, tornando-o quebradiço. Tal fenômeno é conhecido como "envelhecimento" do ligante (DNER, 1994).

Conforme ocorre envelhecimento, o CAP vai expandindo a sua taxa de asfaltenos progressivamente e reduzindo, na mesma intensidade, seu teor de maltenos.

Foram desenvolvidos insumos com o intuito de compensar aos ligantes envelhecidos as condições apropriadas para o seu reuso, que são os agentes rejuvenescedores, também conhecidos como agentes recuperadores, modificadores, reciclantes, amaciantes, óleos aromáticos e óleos diluentes (DNER, 1994).

Os agentes rejuvenescedores são materiais constituídos por hidrocarbonetos escolhidos com particularidades químicas que restauram os ligantes envelhecidos, de modo, que voltem a encaixar-se nas classificações de um produto novo (IBP, 1999).

Os agentes reciclantes devem se compor em adicionais que, quando inclusos ao CAP envelhecido, estejam aptos para devolver-lhes as características originais. Já os rejuvenescedores devem restituir no ligante asfáltico os elementos aromáticos e as resinas, cujas taxas foram perdidas em consequência do envelhecimento (LEITE *et al.*, 1990).

ZELAYA (1985) menciona as propriedades funcionais fundamentais de um agente rejuvenescedor:

1. Ser eficaz ao modo de restaurar a textura do ligante envelhecido até um teor almejado.

2. Recuperar a durabilidade do material reciclado.
3. Ser adaptável ao ligante envelhecido.

A seleção do tipo de agente rejuvenescedor a ser empregue subordina-se a rigidez do ligante envelhecido. Os agentes rejuvenescedores de baixa viscosidade servem para ligantes envelhecidos muito viscosos reciprocamente.

RECICLAGEM DE PAVIMENTOS

Devido à importância econômica e ao valor patrimonial exercidos pelas rodovias, a manutenção dos pavimentos rodoviários deve ser a preocupação mais urgente do setor.

Os pavimentos urbanos também exercem funções vitais para o progresso das cidades, sendo digno da mesma preocupação no que se refere aos problemas de conservação e manutenção.

Durante muitos anos, os órgãos responsáveis pela manutenção de estradas, em todo o mundo, mantinham a rede de estradas pela adição de camadas sucessivas de concretos asfálticos sobre pistas de concreto de cimento Portland ou concreto asfáltico, procurando estender ao máximo possível a vida útil das estradas com os recapeamentos periódicos. No entanto, com a adição subsequente de camadas de recapeamento vão surgindo problemas com relação à altura útil em túneis, sob viadutos, altura de meio-fio e defensas, bem como problemas de drenagem e formação de degraus nos acostamentos (TUCHUMANTEL, 1999).

No entanto, está cada vez mais difícil manter a conservação e manutenção dos pavimentos em razão da redução dos orçamentos, crises econômicas, além das deficiências técnicas e operacionais das vias. Com isso, se tem são quilômetros de rodovias em estado de calamidade, vias urbanas deterioradas e usuários descontentes.

Um meio de reduzir esses problemas é o uso do método de fresagem, que é um procedimento onde uma porção da espessura do pavimento é extraída da pista e uma nova camada é inserida, substituindo a antiga, suspendendo a sobreposição de camadas.

Com a finalidade de reaproveitamento do material que foi extraído da pista, evitando a exploração de reservas minerais, a nova camada pode ser composta por material reciclado.

“A reciclagem de pavimentos é compreendida pela reutilização dos materiais existentes no revestimento, e são misturados na condição em que se encontram após a desagregação, como aditivados ligantes ou rejuvenescedores, com ou sem recomposição granulométrica” (MOMM e DOMINGUES, 1995).

A reciclagem de pavimentos, a quente e a frio, com intuito de manutenção, reabilitação e reconstrução foi relatada pela primeira vez em 1915 nos Estados Unidos (ZELAYA, 1985).

Somente até os anos 30, reciclou-se uma quantidade relevante de pavimentos, principalmente urbanos. Após esta década, o número de obras com aplicação da técnica de reciclagem foi reduzindo em virtude do aumento da oferta de asfalto no mercado, o que tornava a construção de um novo revestimento mais barata que a reciclagem do mesmo (ZELAYA, 1985).

Com a crise econômica internacional da década de 70 e a escassez de materiais asfálticos, os técnicos rodoviários, recorreram à ideia de reprocessar os materiais de pavimentação de pistas desgastadas, através da reciclagem, de modo a restaurar as condições do tráfego satisfatoriamente, tanto financeiramente quanto tecnicamente (BONFIM, 2001).

RECICLAGEM A FRIO DE PAVIMENTOS

É intitulado técnica de reciclagem a frio, quando durante o processamento dos materiais de pavimentação ocorre sem o consumo de energia para o aquecimento de ambos, (MOMM e DOMINGUES, 1995).

No processo de reciclagem a frio pode ser adicionado material betuminoso (emulsão asfáltica), agregados e agentes rejuvenescedores, que por fim se resultará em uma mistura que será utilizada como camada de base, a qual terá que ser revestida com um tratamento superficial ou uma mistura asfáltica à quente, antes de ser exposta ao tráfego.

Uma vez que é realizado a reciclagem a frio em rodovias com baixo tráfego, o material reciclado pode ser usado como camada de rolamento após a aplicação de uma capa selante. Porém, quando o volume de tráfego for elevado, o material reciclado tem melhor uso como camada de base ou de ligação.

Se o revestimento da rodovia estiver deteriorado, com vários reparos, a qualidade do material reciclado decairá, não sendo propício para ser usado como camada de rolamento para rodovias com tráfego elevado.

No Rio de Janeiro, o uso da reciclagem a frio “in situ”, proporcionou uma economia de 24% no custo em relação ao sistema de recapeamento em CBUQ (RAMOS et al., 1996).

Nem sempre é viável o emprego de reciclagem à frio do pavimento, para isso ROGGE *et. al.* (1993), propôs critérios para seleção dos pavimentos a serem reciclados a frio, como demonstra a tabela 1.

Tabela 1 - Critérios para a tomada de decisão quanto a reciclagem a frio "in situ".

A reciclagem a frio "in situ" não é recomendada:
Pavimentos que apresentem problema no subleito.
Incompatibilidade ao volume de tráfego.
Desagregação precoce do revestimento.
Pavimentos exibindo afundamentos de trilhas de roda devido a instabilidade da mistura, excesso de ligante.
Frio e umidade elevada, incluindo áreas sujeitas a alagamentos.
Revestimento asfáltico com espessura inferior a 4 cm.
A reciclagem a frio "in situ" é recomendada:
Pavimentos trincados devido a idade do revestimento.
Pavimentos com diversos recapeamentos sucessivos.
Pavimento com problemas de drenagem entre as camadas originais e de reforço.
Desintegração do revestimento devido a idade.
Como "binder" e base no caso de recapeamento.
VMD inferior a 5000 veículos.
Reabilitação seletiva.
Insuficiência de agregados virgens na região.

Fonte: (ROGGE et al., 1993).

Dentre as principais vantagens que a reciclagem pode promover, pode-se mencionar as seguintes (DNER, 1998):

- Conservação de agregados, de ligantes e de energia;
- Preservação do meio ambiente;
- Manutenção das condições geométricas existentes.

A reciclagem de pavimentos tem se mostrado um bom caminho não apenas pela rapidez executiva, mas também pelo aspecto da preservação ambiental (MIRANDA e SILVA, 2000).

RECICLAGEM A FRIO "IN SITU"

A reciclagem a frio "in situ" é realizada com o uso da máquina da categoria fresadora-recicladora, sendo de uso habitual no Brasil o modelo pneumático WR 2500 da marca WIRTGEN, como mostra a figura 1. Elas também podem ser montadas sobre esteiras como o modelo 2100 DCR (WIRTGEN), como indica a figura 2.

Figura 1 - Exemplo de Máquina Fresadora/Recicladora



Fonte: <https://media.wirtgen-group.com/media/>

As condições influem na execução dos trechos reciclados, incluindo:

- Granulometria do fresado e dos agregados adicionais
- Temperatura do pavimento e do ar assim como da emulsão
- Quantidade de emulsão e água adicionada
- Temperatura da emulsão e da água
- Tempo de cura
- Compactação

A princípio deve-se realizar a compactação para a regularização. Durante o processo de cura do material é importante haver umidade para que ocorra a exsudação da emulsão na superfície, no entanto muita umidade pode ser desvantajosa à compactação, provocando o recobrimento somente dos finos da massa (O'LEARY & WILLIAMS, 1993).

Neste processo a vibro-acabadora deve estar perto ao equipamento de reciclagem (quando não está acoplado a esta), porém a máquina de rolagem deve permanecer na retaguarda, sobretudo quando se compacta materiais finos. Normalmente em dias chuvosos não deve se efetuar processos de reciclagem e rolagem.

O procedimento convencional de compactação adotado em misturas a quente não funciona e pode causar sérios problemas. Uma rolagem inicial com rolo liso metálico pode selar a superfície e aprisionar água na mistura, resultando em vários defeitos provocados pela umidade.

Para prevenir este tipo de problema, a rolagem deve ser feita com rolo pneumático. Em adição deve-se lembrar que as misturas recicladas tendem a ficar fofas, o que implica que um trecho não compactado é um pouco mais espesso se comparado com uma quantidade igual de CBUQ. Rolos pesados são essenciais para uma boa compactação. O rolo pneumático deve trabalhar até que não haja mais desniveis na massa ou até que não ocorram mais deformações sob os pneus. O final da compactação é obtido com um rolo metálico liso que faz o nivelamento final da superfície do trecho para a avaliação do grau de compactação do reciclado (O'LEARY & WILLIAMS, 1993).

Segundo estudos, existem duas lógicas para se dosar materiais asfálticos reciclados a frio. O primeiro método julga o material fresado como um “agregado negro” formado por asfalto envelhecido e agregados. Diante disso, determina-se um novo composto, tendo em vista a contribuição desse “agregado negro” (ROGGE et al., 1993).

De acordo com ROGGE et al. (1993), o segundo meio analisa as características físicas e químicas do asfalto envelhecido e busca aproveitar essas características, agregando agentes rejuvenescedores irão restituir as condições originais do CAP. Baseado neste princípio, pode-se dizer que uma fração do CAP envelhecido “amolece” e se ajusta à emulsão incorporada, originando uma mistura conhecida por “CAP efetivo”.

O método mais comum e amplamente utilizado em todo o mundo é a Reciclagem a Frio *in loco* (no local). Este processo requer a utilização de um equipamento específico, a Recicladora de Asfalto, que possui um cilindro especial para corte e trituração não somente da camada asfáltica como também para a camada de base granular do pavimento.

O cilindro é dotado de dentes de corte especiais composto por aço e ponta de tungstênio de alta resistência. Desta forma, o pavimento danificado é cortado, triturado e, com o giro contínuo em sentido ascendente do cilindro, o

material é misturado e homogeneizado. Tudo executado em uma passada única da Recicladora, assegurando altíssimos índices de produtividade. (JULIANO GEWEHR, 2014)

RECICLAGEM A QUENTE

A reciclagem a quente consiste no método no qual o pavimento asfáltico existente encontra-se deteriorado estruturalmente, esse é removido por intermédio de uma fresadora ou outro equipamento que seja capaz de arrancar a camada superficial total ou parcial a uma profundidade estabelecida por norma, depois esse material passa a ser transportado para local de estocagem onde poderá ser reciclado em usina estacionária ou no próprio local.

O concreto asfáltico reciclado no local pode ser empregado como revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento. (DNIT, 2005 apud SANTOS, 2018).

METODOLOGIA

Este trabalho será baseado em uma pesquisa bibliográfica sobre a reciclagem do pavimento asfáltico, buscando responder quais as vantagens e desvantagens da utilização deste método.

Serão utilizados dados primários e secundários de fontes técnico-científicas como livros; teses e dissertações; normas e manuais; revistas periódicas e sites da internet, para analisar as vantagens técnicas, e os ganhos ambientais a partir do reaproveitamento de material asfáltico deteriorado.

RESULTADOS

O descarte de asfalto, como visto na literatura estudada, na maioria das vezes, é feito de maneira irregular como lixões, ou ainda, é cedido para proprietários de terrenos. O descarte em locais inadequados vem sendo proibido, podendo gerar multa, uma vez que o asfalto pode levar anos para se degradar, além de ser considerado um resíduo perigoso. Assim percebe-se que a reciclagem asfáltica é ambientalmente viável, pois além de reduzir a utilização de matéria prima, petróleo, agrega valor ao resíduo, que seria apenas descartado.

Contudo, não se obteve todos os resultados ainda pois o este projeto de pesquisas ainda está em andamento. Porém, até fim de setembro estará completo todo o artigo, assim mandarei um e-mail solicitando a substituição do trabalho.

CONCLUSÃO

Pelo estudo inicial feito, mas ainda incompleto, já foi possível verificar as vantagens ambientais apresentada por esse sistema de recuperação asfáltica, mesmo não podendo aplicar o produto final da reciclagem asfáltica em vias de tráfego pesado. Isso ainda será estudado e analisado neste projeto.

Como dito anteriormente, o trabalho ainda não está concluído, porém até fim do mês estará concluído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- BIANCHI, F. R., BRITO, I. R., CASTRO V. A. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. IBRACON 50º CBC, Associação de Ensino Superior Unificado do Centro Leste, 2008.
- 2- CASTRO, L.N. Reciclagem a Frio "in situ" com Espuma de Asfalto. Tese (Doutorado). 2003. 183p. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/geotecnia/2003/teses/CASTRO_LN_03_t_M_geo.pdf. Acessado em: 27 jun.2018
- 3- CNT – Confederação Nacional dos Transportes. Pesquisa Rodoviária, 2007.
- 4- CUNHA, C. M. Reciclagem de Pavimentos Rodoviários Flexíveis: Diferentes Tipos de Reciclagem. Mestrado (Dissertação). 2010. 110p. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Departamento de Engenharia Civil. Lisboa, Portugal. 2010. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/425/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acessado em 10 jun.2018.
- 5- DAMA, M. A. Análise de Comportamento da Camada Reciclada com Espuma de Asfalto na Rodovia BR-290/RS. Mestrado (Dissertação). 2003. 181p. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3973/000395530.pdf?sequence=1>. Acessado em 10 jun.2018.

- 6- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DNER, *Programa de Capacitação de Pessoal do DNER, Curso RP9 - Reciclagem de Pavimentos*, v1 e v2, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Rio de Janeiro, 1994.
- 7- DI GIULIO, G. Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto – Inovação UNIMEP v.3 n.3 – Campinas, 2007.
- 8- FRAGMAQ BLOG. **Entenda como acontece a reciclagem de pavimento asfáltico**. 2017. Disponível em: <https://www.fragmaq.com.br/blog/entenda-como-acontece-reciclagem-de-pavimento-asfaltico/>>. Acessado em: 4 jun.2018.
- 9- FIAMONCINI, M. Asfalto reciclado é solução econômica e rápida para poupar o meio ambiente. 2013. Disponível em: http://www.tudosobrefloripa.com.br/index.php/desc_noticias/asfalto_reciclado_e_solucacao_economica_e_rapida_para_poupar_o_meio_ambiente. Acessado em: 2 jun.2018.
- 10- GEWEHR, J. **O que é a Reciclagem de Asfalto?** 2014. Disponível em: <<http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2014/02/o-que-e-reciclagem-de-asfalto.html?m=1>>. Acessado em: 25 jun. 2108.
- 11- INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO IBP, *Informações Básicas sobre Materiais Asfálticos*, Rio de Janeiro, 1999.
- 12- LASTRAN, C. **Concessão de Rodovias no Rio Grande do Sul**. Relatório Interno, UFRGS – RS. 1998.
- 13- LEITE, LENI F. M.; CAPUDI, G. G.; JUNIOR, FERNADO A.; GIAMPAGLIA, HEITOR R., "Emprego do Resíduo Pesado de Óleo de Xisto como Agente de Reciclagem para Asfáltos". In: *Encontro de Asfalto, 100*, IBP, Rio de Janeiro, 1990
- 14- MEDINA, J. **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 380p. 1997
- 15- MOMM, LETO; DOMINGUES, F. A. A., "Reciclagem de Pavimentos à Frio "in situ" Superficial e Profunda". In: *Reunião Anual de Pavimentação, 29a*, Cuiabá, 1995.