



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE TEÓFILO OTONI
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS RIBEIRO JARDIM

RECICLAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

TEÓFILO OTONI
2019

MATHEUS RIBEIRO JARDIM

RECICLAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

Artigo apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo aluno Matheus Ribeiro Jardim, orientado pelo professor Paulo Henrique Vieira de Carvalho.

Aprovado em __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Paulo Henrique Vieira de Carvalho
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Prof. Bruno Balarini Gonçalves
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Prof. Rogério Starick
Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

Sumário

RESUMO	4
ABSTRACT	4
1 INTRODUÇÃO.....	5
1.1 Objetivo Geral.....	6
1.2 Objetivos Específicos	6
2 REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1 Pavimento	6
2.2 Patologias.....	7
2.3 Principais tipos de patologias	7
2.4 Reciclagem dos Pavimentos	8
2.5 Tipos de reciclagem de pavimentos asfálticos flexíveis	10
2.6 Reciclagem do pavimento a Frio	10
2.7 Reciclagem do pavimento a quente	12
2.7.1 Reciclagem a quente <i>in situ</i>	13
2.7.2 Reciclagem a quente em usinas	13
2.8 Benefícios da utilização da reciclagem.....	14
3 METODOLOGIA.....	16
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
5 REFERÊNCIAS	17

Matheus Ribeiro Jardim*

Paulo Henrique Vieira de Carvalho**

RESUMO

O presente artigo apresenta uma pesquisa bibliográfica, que tem como temática principal o estudo sobre a reciclagem de pavimentos asfálticos. O objetivo principal desta pesquisa é apresentar um estudo técnico acerca da importância da reciclagem de pavimentos asfálticos flexíveis, considerando o estado precário atual que as rodovias brasileiras se encontram, uma vez que o pavimento é uma estrutura destinada a receber esforços vindos do tráfego de veículos e do clima. Analisar previamente sobre as principais patologias ocorridas nos pavimentos além de conhecer os principais tipos de técnicas de reciclagem de pavimentos asfálticos flexíveis. A necessidade da implantação de técnicas ecologicamente corretas na engenharia vem aumentando gradualmente, a reciclagem é umas dessas técnicas que traz grandes benefícios ambientais que minimizam os impactos provocados por obras de restauração de rodovias brasileiras.

Palavras-chave: Reciclagem, pavimentos, rodovias.

ABSTRACT

The present article presents a bibliographical research, which has as main theme the study on the recycling of asphalt pavements. The main objective of this research is to present a technical study about the importance of the recycling of flexible asphalt pavements, considering the current precarious state that the Brazilian highways are, since the pavement is a structure designed to receive efforts from vehicular traffic and the climate. To analyze previously the main pathologies in pavements besides knowing the main types of recycling techniques of flexible asphalt pavements. The need for the implementation of ecologically correct techniques in engineering has been increasing gradually, the recycling is one of those techniques that brings great environmental benefits that minimize the impacts caused by works of restoration of Brazilian highways.

Keywords: Recycling, pavements, highways.

*Acadêmico do 10º período do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni. E-mail: Matheus_mrj@hotmail.com

**Professor na Faculdade Presidente Antônio Carlos – Teófilo Otoni. E-mail: phvcengcarvalho@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Os processos de degradação dos pavimentos rodoviários são constantes ao longo de sua vida útil, tais como a ação do tráfego e das condições climáticas, tendo em vista que essas ações têm aumentado nos últimos anos, afetando a qualidade dos pavimentos, causando patologias que geram problemas para quem faz seu uso, diminuindo a segurança viária, ampliando o custo de manutenção dos veículos, além do acréscimo no gasto com combustível, lubrificantes, pneus e freios.

O modal rodoviário tem muita importância no desenvolvimento social e econômico mundial, em especial no Brasil, onde os outros modais não possuem tanta força, sua importância é evidente, pois mais da metade das cargas são transportadas através das rodovias. Segundo pesquisa da Confederação Nacional de Transportes – CNT (2018), em relação à pavimentação, 50,9% da amplitude das rodovias tiveram classificação regular, ruim ou péssima, os defeitos nos pavimentos geram uma adição média de 26,7% no custo operacional do transporte. A idade dos pavimentos, a solicitação volumosa do tráfego, o excesso de carga e a falta de manutenção no momento apropriado constituem as principais causas da baixa qualidade das vias.

Segundo Momm e Domingues (1995), entende-se por reciclagem de pavimentos, o reuso total ou parcial dos materiais existentes no revestimento da base e da sub-base, em que os materiais são misturados novamente no estado em que se encontram após a desintegração ou tratados por energia térmica e aditivados com partes novas ou rejuvenescedoras, com ou sem recomposição granulométrica.

Outro fator a ser considerado para o uso da reciclagem são as restrições de controle ambiental que estão sendo implantadas gradualmente em todos os países do mundo, que estabelecem a redução da emissão de gases poluentes, exploração de fontes de materiais não renováveis e principalmente no que diz respeito à deposição de resíduos sólidos. Essa técnica além de permitir a restauração das características estruturais de um pavimento flexível, vai também ao ponto no que se diz respeito às preocupações relativas às políticas de desenvolvimento sustentável.

É possível através do sistema construtivo de reciclagem dos pavimentos flexíveis, recuperar as características estruturais das camadas que compõe os pavimentos? É possível

afirmar que após a execução da técnica de reciclagem de pavimento asfáltico é restaurada toda ou parte das características estruturais da camada do pavimento.

Esta pesquisa justifica-se pela grande quantidade de patologias encontradas em grande parte das rodovias situadas no Brasil, que vem afetando cada vez mais seus usuários, diminuindo a segurança e aumentando custo com veículos, essa técnica apresenta-se adequada e com amplo campo de aplicação.

1.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo principal, apresentar um estudo técnico acerca da importância da reciclagem de pavimentos flexíveis nas principais rodovias.

1.2 Objetivos Específicos

O presente trabalho visa analisar as principais patologias que ocorrem nos pavimentos flexíveis, conhecer os tipos de reciclagem mais utilizadas na recuperação das rodovias e por fim propor a utilização de obras de reciclagem nas vias.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Pavimento

Segundo Bernucci (2008), a estruturação natural do solo não é considerada de resistência adequada para absorver as cargas resultantes do tráfego sem se deformar, sabendo desta limitação a engenharia rodoviária produziu um modelo de pavimento, este distribuído em camadas de modo que possa absorver as cargas solicitadas e amenizar as deformações causadas pelo uso contínuo.

De acordo com Balbo (2007), o pavimento trata-se de uma estrutura desenvolvida através de camadas sobrepostas, com materiais diferentes e compactados, essencialmente voltados para o desempenho estrutural de durabilidade e custo mínimo.

O pavimento é formado de várias camadas de espessuras limitadas, construída sobre a área final de terraplenagem, destinada econômica e tecnicamente a resistir aos esforços vindos do

clima e do tráfego dos veículos, e assegurar aos usuários a melhoria das condições de rolagem, com conforto, economia e segurança.

2.2 Patologias

As patologias da superfície de uma via podem aparecer de antemão devido a erros ou inadequações e a médio ou longo prazo, devido à utilização pelo tráfego e efeitos das intempéries. Entre os fatores ou incoerências que levam à diminuição da vida útil de uma via, exibem-se agindo separada ou conjuntamente os seguintes fatores, erros de projeto; erros ou inadequações construtivas e manutenção, afirma Bernucci, (2008).

Quando é alcançado o limite de durabilidade do pavimento, surgem defeitos que são gerados pela perda de características físicas e químicas dos agregados e dos ligantes betuminosos esses são chamados defeitos de superfície segundo Souza (2004).

As imperfeições podem ser classificadas ainda como: funcionais e estruturais. As funcionais estão relacionadas às condições de trafegabilidade e segurança do pavimento em termos de rolamento. As estruturais estão associadas à redução da capacidade do pavimento de resistir a cargas, em perder sua integridade estrutural como afirma o Manual de restauração (DNIT, 2006).

2.3 Principais tipos de patologias

- Fendas: São falhas na superfície asfáltica que são classificadas como fissuras, quando a rachadura é nítida, ou como trincas, quando a abertura é superior à da fissura. As fendas retratam uma das deficiências mais significativas dos pavimentos asfálticos e são subdivididas dependendo do tipo e da gravidade (BERNUCCI, 2008).

- Afundamentos: Segundo Bernucci (2008), estes são decorrentes de deformações permanentes seja do seu revestimento asfáltico ou de suas outras camadas, sendo o subleito sub-base e base. São divididos como: afundamentos plásticos – quando os desníveis são consequentes principalmente da fluência do revestimento asfáltico, existe também uma compensação no volume, com levantamento da massa asfáltica junto às bordas do afundamento; ou afundamento por consolidação – quando os desníveis ocorrem por desigualdade de densificação.

- **Corrugações/Ondulações transversais:** Segundo Souza (2004), corrugações são partes transversais deformadas ao eixo da pista, em geral compensadas, com a distância de onda entre duas cristas que podem variar de centímetros a poucos milímetros, formando uma PA (progressão aritmética), com depressões alternadas de elevações. Ocorrem devido às patologias existentes no solo, solo arenoso, com ausência de maciço rochoso ou aterramento, terraplanagem e compactação do solo mal feito e uso de lama asfáltica. Segundo Bernucci (2008), ondulações também são deformações transversais ao eixo da pista, em geral decorrentes da consolidação diferencial do subleito, diferenciadas da corrugação pela distância de onda entre duas cristas da ordem de metros.

- **Exsudação:** É caracterizada pelo aparecimento de ligante betuminoso em excesso na superfície da malha e da fluência do revestimento asfáltico, normalmente junto às depressões localizadas. Apresenta-se como manchas escurecidas, decorrentes do excesso do mesmo no asfalto (BERNUCCI, 2008).

- **Desgaste ou desagregação:** Segundo Bernucci (2008), decorre da soltura de agregados da superfície ou ainda da perda de mástique junto aos agregados que não eram de natureza totalmente inerte.

- **Panela ou buraco:** De acordo com Bernucci (2008), é uma cavidade no revestimento asfáltico, normalmente com forma circular, podendo ou não atingir as camadas de base e sub-base.

- **Remendos:** É um tipo de defeito que apesar de estar relacionado a uma conservação da superfície e de caracterizar-se pelo preenchimento de painelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica, se mal executado criará uma patologia ainda maior (BERNUCCI, 2008).

2.4 Reciclagem dos Pavimentos

A técnica de reciclagem dos pavimentos asfálticos resume-se basicamente na restauração, na qual toda ou parte da camada do pavimento atual é reutilizada na construção de uma nova camada, acrescentando ou não novos materiais o que permite obter um pavimento com características superiores ou semelhantes às do pavimento antigo. Uma camada nova é colocada em substituição à antiga, para evitar a sobreposição de camadas (SOUZA, 2009).

A reciclagem dos pavimentos se apresenta como uma resposta para vários transtornos e oferece muitas vantagens em relação ao uso comum de materiais novos.

Conforme o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), a preservação do meio ambiente, o mantimento de agregados de ligantes e de energia e a restauração das disposições geométricas existentes, estão entre os benéficos que a reciclagem pode oferecer. O reuso dos agregados do pavimento danificado para os trabalhos de reconstrução, restauração e conservação, oferecem uma redução da procura de novos materiais e das respectivas distâncias de transporte, estendendo o tempo de exploração dos eventos existentes. Isso é benéfico ao aumento da valorização dos locais de ocorrências de jazidas e devido às restrições ambientais.

A utilização da reciclagem possibilita que as formas geométricas da pista sejam mantidas ou prontamente modificadas. Nas rodovias de faixas múltiplas, as ações de reciclagem podem ser executadas somente na faixa danificada, como é apresentada na figura 1, evitando expandir o recapeamento a toda a largura da pista de rolamento, ocasionando uma drenagem adequada e acabando com os desníveis na pista.

Figura 1 – Obra de reciclagem



Fonte: <http://tracado.com.br>

O interesse por reciclagem dos pavimentos vem crescendo e tem motivado os fabricantes a produzir equipamentos projetados para reciclar e reformular as camadas do pavimento. As atuais máquinas recicladoras permitem a reciclagem de vias mesmo em um estado mais avançado

de degradação e esses equipamentos são de custo acessível e de qualidade para projetos de restauração. Na figura 2 é possível observar um exemplo de máquina recicladora.

Figura 2 - Recicladora/Estabilizadora Cartepillar RR 250.



Fonte: <http://sjequipamentos.com.br/equipamentos>

2.5 Tipos de reciclagem de pavimentos asfálticos flexíveis

Existem várias alternativas de reciclagem que permitem a reabilitação de um pavimento flexível. As reciclagens dos pavimentos podem ser executadas a quente ou a frio, com o processamento *in situ* ou na usina.

Independentemente de qual tipo de reciclagem a ser utilizada, há a necessidade de serem feitos estudos preliminares, os quais necessitarão serem acompanhados pela execução de um trecho experimental, em que são considerados aspectos relativos à espessura aproximada da intervenção, materiais a serem reciclados e a previsão da evolução do seu desempenho ao longo do tempo, a formulação da mistura final a utilizar, de modo a aferir quais as melhores soluções para a reabilitação do pavimento degradado (CUNHA, 2010).

2.6 Reciclagem do pavimento a Frio

A reciclagem a frio é um método no qual parte da estrutura do pavimento, ou toda ela, é retirada e reduzida a dimensões adequadas, para posteriormente ser misturada a frio no próprio local ou em usina. Podem ser inseridos materiais betuminosos, agregados, agentes rejuvenescedores ou estabilizantes químicos. A mistura é utilizada como camada de base que deve ser revestida com um procedimento superficial ou uma mistura asfáltica nova a quente, antes de ser sujeita à ação direta do tráfego dos veículos (DNIT, 2006).

De acordo com o United States Department of Defense (USDD, 2001), este tipo de reciclagem possibilita que os materiais reaproveitados do antigo pavimento, possam ser utilizados em uma camada de base do atual pavimento reabilitado.

Como se trata de uma técnica a frio, os níveis de consumos de energia são menores quando comparados com as técnicas a quente, pois não tem a necessidade de aquecer o material. A reciclagem *in situ* a frio oferece também níveis mais baixos de emissão de gases poluentes para a atmosfera quando comparada com alguma solução tradicional de reabilitação de um pavimento.

Na fase de execução, o mínimo de equipamentos necessários à realização da técnica de reciclagem *in situ* a frio são uma máquina recicladora, caminhões tanque para armazenamento de água e ligantes, motoniveladora e rolos compactadores, os quais formam um comboio. Como mostra na figura 3.

Figura 3 – “Comboio” de reciclagem



Fonte: (Wirtgen, 2009).

A fase de execução tem início em primeiro lugar com a passagem da máquina recicladora. A máquina recicladora age de forma contínua à desagregação do pavimento existente, logo após aspersão de água e do ligante através de injetores existentes no rotor da máquina, posteriormente a mistura do material, e por fim ao seu espalhamento e compactação. Se no traço da mistura estabelecido em laboratório for necessário material corretivo (agregados), estes devem ser colocados sobre o pavimento antes da passagem da máquina recicladora, para que se proceda às correções estabelecidas no projeto de mistura.

Na reciclagem em central a frio o material é removido através de uma primeira fresagem do pavimento e posteriormente numa central de produção de misturas betuminosas é misturado à temperatura ambiente com um ligante asfáltico. De acordo com Gomes (2005) este tipo de reciclagem não é muito utilizado. Normalmente as técnicas de reciclagem a frio são aplicadas *in situ*.

2.7 Reciclagem do pavimento a quente

A reciclagem a quente é um método que toda ou parte da estrutura do pavimento é removida, reduzida a dimensões apropriadas para depois ser misturada a quente no próprio local (*in situ*) ou em usina estacionária. O processo pode incluir a adição de novos agregados, cimento Portland, a cal, cimento asfáltico e agente rejuvenescedor. O produto deve atender os critérios de misturas asfálticas a quente destinadas as camadas de base, de ligação ou de rolamento (DNIT, 2006).

Visto que a reciclagem a quente ainda é um processo relativamente novo e devido a maior variação dos materiais removidos em referência aos materiais virgens, devem ser tomados cuidados extras no projeto e construção de camadas com misturas recicladas a quente.

Com o acréscimo da experiência e do nível de utilização, os problemas de controle de qualidade estão sendo sanados e encorajando os engenheiros a aplicar misturas recicladas na camada superficial. Se o projeto de dosagem e o processo executivo forem adequados, os pavimentos restaurados com misturas recicladas a quente podem ter bom desempenho.

A reciclagem a quente das camadas asfálticas de revestimento do pavimento, é feita atualmente por meio das Normas DNIT 033/2005-ES e DNIT 034/2005-ES que mostram o processo em que parte ou toda a estrutura do revestimento é removida e reduzida a dimensões apropriadas para depois ser misturada a quente no próprio local (*in situ*) ou em usina.

2.7.1 Reciclagem a quente *in situ*

Este tipo de reciclagem se difere da reciclagem *in situ* a frio, quanto ao tipo de ligante, à temperatura de reciclagem e o equipamento principal de reciclagem.

Na verdade, a técnica de reciclagem *in situ* a quente, de maneira oposta a todos os outros tipos de reciclagem, não permite a restauração das características estruturais de pavimentos flexíveis degradados. Trata-se de uma técnica que permite apenas a restauração das características funcionais do pavimento ao nível da camada de desgaste, não podendo sequer ser utilizada em situações em que o pavimento apresente defeitos ao nível das camadas estruturais do pavimento (CUNHA, 2010).

A Figura 4 abaixo representa os equipamentos necessários e a sua sequência de intervenção neste tipo de reciclagem.

Figura 4 - Fases da reciclagem a quente *in situ*



Fonte: (Costa-Baptista, 2006)

2.7.2 Reciclagem a quente em usinas

A reciclagem a quente em usina estacionária é um método em que uma parte ou toda a estrutura é removida e reduzida, em geral através de fresagem a frio, e transportada para ser misturada e restaurada em usina de asfalto apropriada.

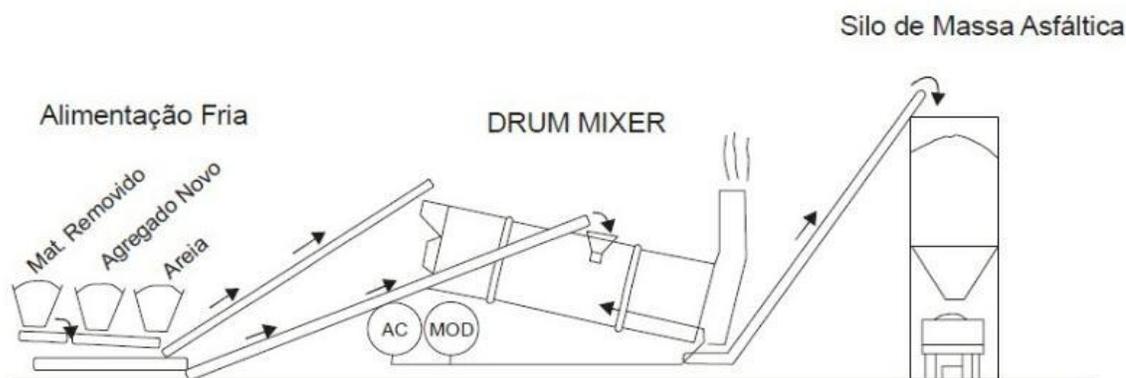
De acordo com o United States Department of Defense (USDD, 2001) as misturas recicladas em usinas a quente apresentam um ótimo desempenho, aproximadamente equivalente aos que são verificados para as misturas novas produzidas a quente em central.

Segundo Cunha (2010) por se tratar de uma técnica em central, este tipo de reciclagem tem início com a fresagem a frio do pavimento, numa espessura que permita a eliminação das

fendas existentes no pavimento. Em seguida o material fresado é levado por caminhões até à usina de produção das misturas betuminosas. Existem diferentes tipos de usinas, com diferentes processos de incorporação do material fresado proveniente do pavimento degradado na nova mistura betuminosa.

O processo contém o acréscimo de novos agregados, material de enchimento, CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), e se necessário, um agente rejuvenescedor. A usina mais empregada é a do tipo “Drum Mixer” que está ilustrada na figura 5, e o produto final deve atender às especificações de misturas asfálticas a serem aplicadas nas camadas de base, de “binder” ou de rolamento (DNIT, 2006).

Figura 5 - Operação de usina “Drum Mixer” na reciclagem a quente.



Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006)

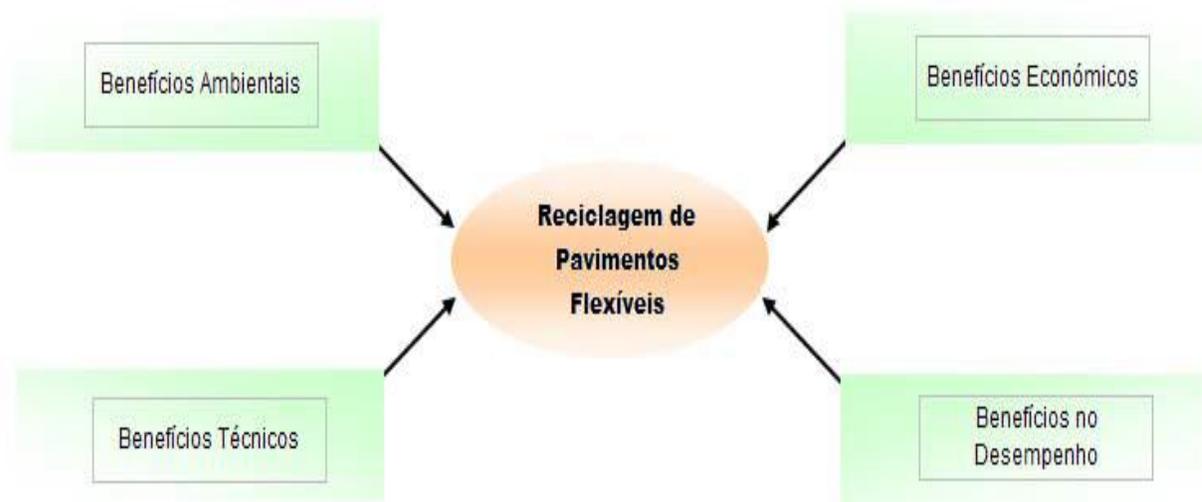
Neste tipo de reciclagem é utilizado o betume como ligante. O betume deverá ter menor dureza, para que a temperatura de amolecimento seja menos elevada.

Depois de fabricada a mistura betuminosa é transportada até ao local do novo pavimento onde é aplicada por pavimentadoras e compactada.

2.8 Benefícios da utilização da reciclagem

A utilização da técnica de reciclagem apresenta, de acordo com Alkins *et al.* (2008), de modo geral, os seguintes benefícios apresentados na figura 6:

Figura 6 – Benefícios da reciclagem de pavimentos asfálticos (flexíveis).



Fonte: (CUNHA, Célia Melo, 2010, p.20).

- **Benefícios Ambientais:** Diminuição da utilização de novos agregados – se trata de um recurso não renovável. A extração, produção e transporte dos agregados consomem energia, além de ter um elevado impacto ambiental negativo.
- **Benefícios Económicos:** Tem sido nos últimos anos, cada vez mais limitado o fornecimento de betumes e agregados com qualidade, para a construção e melhorias das estradas. Por isto tem-se verificado um grande incremento nos custos dos equipamentos, dos materiais pétreos e betuminosos, dos combustíveis e transportes, o que leva para que a reciclagem dos materiais já presentes no pavimento seja mais econômica.
- **Benefícios no Desempenho:** Permite a melhoria das características estruturais de um pavimento danificado reutilizando o material já existente, aumentando sua vida útil.
- **Benefícios Técnicos:** Com a reciclagem dos pavimentos conseguem-se melhorias estruturais e funcionais, evitando problemas patológicos e grandes modificações no traçado da rodovia.

Conforme relatado anteriormente, o material retirado, que antes era tido como entulho armazenado em locais impróprios ou bota foras, passa a ser um ótimo produto para reciclar sem perdas a qualidade final, permitindo assim que o pavimento primitivo tenha um ciclo de vida maior, além de preservar os recursos naturais da região impactada pela obra.

Usando da reutilização do asfalto antigo pode se reduzir a quantidade de asfalto novo para a restauração do pavimento. Por exemplo, a reutilização da matéria-prima de um revestimento de concreto asfáltico pode necessitar de cerca de 1 a 3% de asfalto adicional, na mesma proporção que uma mistura de concreto asfáltico com materiais virgens requer cerca de 6% de asfalto, o que representa uma redução significativa (DNIT, 2006).

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada ao presente trabalho teve como fundamentação a pesquisa bibliográfica de cunho qualitativa e quanto aos fins sendo explicativa.

Segundo Marconi (2002), a pesquisa bibliográfica envolve toda documentação já tornada pública em relação ao tema de estudo, seu objetivo é deixar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi dito, escrito ou filmado sobre o assunto específico.

Esta pesquisa se iniciou mediante de análise bibliográfica de livros, teses e artigos acadêmicos científicos, analisados a partir da leitura dos resumos com foco definido aos elementos da temática abordada para este trabalho.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como o objetivo do trabalho foi apresentar um estudo técnico acerca da importância da reciclagem de pavimentos flexíveis nas principais rodovias, ficou evidente que há grandes vantagens na sua utilização. Os estudos mostraram que é possível ter redução de impactos no meio ambiente e gerar economia com a utilização da técnica. Foi efetuado um aprofundamento dos conhecimentos quanto à possível utilização da reciclagem dos pavimentos a qual se divide em diferentes tipos de reciclagem. Pode ser observado que as patologias da superfície de uma via podem aparecer devido a erros de projeto ou inadequações, devido à utilização pelo tráfego e efeitos das intempéries.

No caso da técnica de reciclagem *in situ* a quente, que ao contrário de todos os outros tipos, não é um método de reabilitação estrutural de pavimentos flexíveis, reutiliza o material oriundo do pavimento antigo, mas apenas ao nível da camada de desgaste. Trata-se de uma técnica de conservação das características superficiais.

Do ponto de vista económico, pode-se considerar que para a recuperação estrutural de um pavimento degradado, a técnica de reciclagem é tendencialmente mais barata que uma solução tradicional. Os valores podem contemplar a uma redução significativa, dependendo sempre do tipo de reciclagem.

A reciclagem *in situ* a frio permite a reutilização de todo o material fresado na estrutura do novo pavimento, tem baixo consumo de energia quando comparados com técnicas a quente e um pequeno nível de emissão de gases poluentes jogados na atmosfera. Nas técnicas a quente, os agregados provenientes do pavimento antigo são aquecidos, e ao serem aquecidos libertam gases tóxicos, sendo assim mais poluentes.

Contudo observou-se que em termos económicos e ambientais a reciclagem *in situ* a frio é aquela que apresenta maior vantagens, mas em termos de desempenho, a técnica a quente em usina é aquela que apresenta os melhores resultados, sendo que qualquer uma delas permite a reabilitação das características estruturais de um pavimento flexível.

5 REFERÊNCIAS

ALKINS, A.; LANE, B.; KAZMIEROWSKI, T. **Sustainable Pavements- Environmental, Economic and Social Benefits of In-Situ Pavement Recycling**. Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Canada, 2008. (Alkins *et al.*, 2008).

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

BERNUCCI, L. B.; et. Al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: Petrobrás: Associação Brasileira de Distribuidores de Asfalto, 2006.

Costa - Baptista, A. M. - **Misturas Betuminosas Recicladas a Quente em Central – Contribuição para o seu Estudo e Aplicação**. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil – F.C.T.U.C., Coimbra. (Costa – Baptista, 2006).

CNT - **Confederação Nacional de Transportes 2018**. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/pesquisa-cnt-rodovias-2018-indica-57-trechos-apresentam-problemas>>. Acesso em: 5 de maio 2019.

CUNHA, Célia Melo. **Reciclagem de pavimentos rodoviários flexíveis: diferentes tipos de reciclagem**. 2010. Dissertação (Doutorado) - Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior De Engenharia De Lisboa, [S. l.], 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de restauração rodoviária**. 2ª ed. Rio de Janeiro. 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro: Publicação IPR 719, 2006. Disponível em: <https://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf>. Acesso em: 7 maio 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro: Publicação IPR 720, 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CManual_de_Restauracao.pdf>. Acesso em: 7 maio 2019.

GOMES, L. S. **Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central**. 2005. Tese (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2005. (Gomes, 2005).

MARCONI, Marina de Andrade et al. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

MOMM, L.; DOMINGUES, F. A. A. **Reciclagem de Pavimentos à Frio "in situ", Superficial e Profunda**. Reunião Anual de Pavimentação, 29ª, Cuiabá, 1995.

SOUZA, Firmino Sávio Vasconcellos de. **Avaliação do desempenho de pavimentos restaurados por meio de técnicas de reciclagem de materiais de pavimentação.** 2009.

SOUZA, Maurício José de. **Patologias em pavimentos flexíveis. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil).** Universidade Anhembi-Morumbi. 63p. São Paulo, SP, 2004.

United States Department of Defense – ***Standard Practice Manual for Flexible Pavements.***USA, 2001. (USDD, 2001).

Wirtgen@. Acedido em Junho de 2009. Disponível em: <http://www.wirtgen.de/en>. (*Wirtgen*, 2009). Acesso em: 7 maio 2019.

Wirtgen Group - ***Cold Recycling Manual.*** Alemanha, 2004. (*Wirtgen*, 2004).