

# APLICAÇÃO DE MATERIAIS ASFÁLTICOS RECAPADOS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS – ESTUDO DE CASO

JOSIMAR MARTOS MIRANDA <sup>1</sup>  
PEDRO MATIAZZI <sup>2</sup>

**RESUMO:** No Brasil, os pavimentos flexíveis integram a maior parte da rede rodoviária, a qual grande parte, se encontra no fim de sua vida útil. Devido a isso, a reabilitação desses pavimentos é uma preocupação atual e onde a seleção do processo de reabilitação do pavimento é dada em função de aspectos técnicos, econômicos e ambientais. No que tange à reabilitação dos pavimentos rodoviários flexíveis, o método da reciclagem permite que os materiais oriundos de camadas degradadas do pavimento sejam utilizados novamente na reabilitação deste ou de outros pavimentos. Desta forma, a reciclagem de pavimentos flexíveis é uma opção economicamente viável e diplomaticamente correta, devido a viabilizar o reaproveitamento dos elementos, por possibilitar menor extração de recursos naturais, diminuindo os gastos e os impactos ambientais. Diante disso, este estudo visa analisar as vantagens técnicas da reciclagem do material asfáltico deteriorado. Para tal, foram analisados alguns estudos de caso em rodovias nacionais, com foco em um trecho da BR-163/364 no município de Jangada – MT, que foi contemplado com a primeira obra rodoviária feita com asfalto reciclado do Brasil. Assim, através de pesquisa bibliográfica foi possível compreender a justificativa da tecnologia de reciclagem adotada, bem como o diagnóstico do trecho algum tempo após a conclusão da obra. Desta forma, pode-se concluir que a adição de teores de 30% de material fresado pode causar uma economia de até 35% na proporção de ligante adicionado na mistura, aumento de rigidez, parcela elástica, módulo de resiliência e resistência a tração quando comparado a mistura de referência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reaproveitamento; Recapagem; Rodovias.

## APPLICATION OF ASPHALT MATERIALS REPAIRED FROM FLEXIBLE FLOORS - CASE STUDY

**ABSTRACT:** In Brazil, flexible pavements make up most of the road network, most of which are at the end of their useful life. Due to this, the rehabilitation of these pavements is a current concern and where the selection of the pavement rehabilitation process is given according to technical, economic and environmental aspects. Regarding the rehabilitation of flexible road pavements, the recycling method allows materials from degraded pavement layers to be used again in the rehabilitation of this or other pavements. In this way, the recycling of flexible pavements is an economically viable and diplomatically correct option, due to the possibility of reusing the elements, allowing less extraction of natural resources, reducing costs and environmental impacts. Therefore, this study aimed to analyze the technical advantages of recycling deteriorated asphalt material. To this end, some case studies on national highways will be analyzed, focusing on a stretch of the BR-163/364 in the

---

<sup>1</sup> Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário UNIFASIPE, Rua Carine, nº 11, Residencial Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [josimar.martos@gmail.com](mailto:josimar.martos@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor, Engenheiro Civil, Centro Universitário UNIFASIPE, Rua Carine, nº 11, Residencial Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [eng.pedro@concreart.net.br](mailto:eng.pedro@concreart.net.br)

municipality of Jangada - MT, which was awarded the first road work made with recycled asphalt in Brazil. Thus, through bibliographic research, it was possible to understand the justification of the recycling technology adopted, as well as the diagnosis of the stretch sometime after the completion of the work. In this way, it can be concluded that the addition of 30% contents of milled material can cause savings of up to 35% in the binder content added in the mixture, increase in stiffness, elastic portion, modulus of resilience and tensile strength when compared the reference mixture.

**KEYWORDS:**Highways; Recapping; Reuse.

## 1. INTRODUÇÃO

A finalidade de uma rodovia é propiciar um meio confortável, seguro e econômico para a locomobilidade dos seus usuários. Além disso, a implantação de uma estrada sugere não só novas oportunidades para o progresso de uma área, mas também permite o fortalecimento da economia regional (BONFIM, 2007).

Um pavimento construído com qualidade, proporciona viagens seguras e econômicas. Na maioria dos pavimentos, as falhas começam a se tornar visíveis na superfície de rolamento após um breve período de tempo, reduzindo a segurança, causando incomodo e aumentando os custos com reparos e manutenções (AZEVEDO e CARDOSO, 2013).

Com o desenvolvimento social e econômico e o aumento da população, as rodovias se tornam mais danificadas devido ao elevado volume de tráfego, o que torna a vida útil do pavimento menor (SANTOS e DEMUELENAERE, 2018). Desta forma, a desordenada e crescente demanda por transporte de cargas causa problemas no pavimento devido as cargas excessivas afetarem a qualidade e a durabilidade do pavimento flexível. A partir deste cenário, é essencial possuir um gerenciamento adequado do pavimento para que assim, as correções sejam feitas antes que a estrutura e a durabilidade do pavimento sejam afetadas (CENTOFANTE et al., 2018).

Desta maneira, devido aos processos de degradação sob ação do tráfego aliado as condições climáticas, a qualidade de circulação e a aptidão do pavimento para suportar as cargas do tráfego são afetadas (CUNHA, 2010). Dado este fato, devido à escassez e ao elevado custo do material virgem, o emprego de métodos de reciclagem do pavimento tem se tornado atrativas (BARROS, 2013).

A reciclagem de pavimentos é um processo onde basicamente se executa um novo pavimento a partir de elementos de um antigo pavimento. A técnica consiste na deterioração de uma parte do pavimento, podendo ser a estrutura ou o revestimento (FERNANDES, OTSUBO e DE SOUSA, 2018).Desta forma, a reciclagem de material asfáltico está se tornando um aliado na sustentabilidade, com menor extração de matérias primas e menor custo financeiro, reduzindo os gastos com novas construções de estradas, reduzindo o desmatamento e a retirada de terras para aterros (COSTA e PINTO, 2011).

Dado este fato, este trabalho visa analisar casosde recapeamento de trechos de pavimentos flexíveis, em especial em um trecho da BR-163/364 no município de Jangada – MT, que possui um tráfego intenso de veículos durante o ano todo. Desta maneira, foi possível investigar a tecnologia adotada na recapagem da rodovia, com foco no desenvolvimento sustentável e na conservação das rodovias.

## **2.REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Pavimento Flexível**

Os pavimentos flexíveis são estruturas constituídas por camadas superiores e inferiores, de misturas betuminosas e materiais granulares, respectivamente. Assim, o desempenho de um pavimento rodoviário é influenciado pelas ações climáticas e do tráfego que atuam sobre ele, e pela sua constituição e pelas características dos materiais que compõe a fundação. Os materiais de pavimentação nas diferentes camadas apresentem determinadas propriedades que garantem que o conjunto de pavimento apresente as condições de projeto, oferecendo uma superfície de rolamento que visa a segurança, economia e conforto (CUNHA, 2010).

Os pavimentos flexíveis são formados por camadas que não trabalham a tração, exceto pelo revestimento que suporta este esforço. Quando uma carga é aplicada, todas as camadas do pavimento sofrem deformação elástica (LIMA, 2003).

Sendo assim, as camadas possuem propriedades para receber os impactos aplicados sobre a superfície e os distribuem para que as tensões resultantes sejam inferiores as tensões admissíveis (BRUGNOLI et al., 2018).

No pavimento flexível, as camadas superiores são consideradas as mais nobres, sendo utilizados misturas betuminosas visando impermeabilizar a estrutura do pavimento, bem como dotar o pavimento de capacidade resistente, propiciando assim a circulação apropriada dos veículos (BONFIM, 2007).

Para que as misturas betuminosas tenham um comportamento adequado, algumas características são necessárias, como adequada estabilidade à passagem de veículos, elevada durabilidade ao desgaste, resistência à fadiga, flexibilidade de adaptação de assentamentos graduais e impermeabilidade para proteger as camadas adjacentes (FREIRE, 2004).

Além destes requisitos as misturas betuminosas devem apresentar uma trabalhabilidade adequada para facilitar as operações de fabricação, transporte e aplicação. Quando destinadas as camadas de desgaste, os compostos betuminosos também devem fornecer boa aderência entre a superfície do pavimento e o pneu do veículo, bem como baixos níveis de ruído (CUNHA, 2010). Além disso, para que as camadas betuminosas operem como uma só camada, devem estar interligadas entre si.

Já às camadas inferiores (base e sub-base) são formadas por materiais granulares, que visam formar um esqueleto pétreo resistente à ação do tráfego, sendo a sua resistência obtida da mistura dos agregados. Além disso, os agregados podem ser classificados conforme o método que foram obtidos, podendo ser naturais (rochas britadas, areias e cascalheiras), artificiais (escórias industriais) ou reciclados (resíduos de construção e demolição) (BERNUTTI et al., 2006).

Nessas camadas, os agregados possuem função estrutural, onde degradam as cargas aplicadas sobre o pavimento, conferindo resistência à deformação, além de possibilitar uma drenagem apropriada (CENTOFANTE et al, 2018).

### **2.2 Degradação dos Pavimentos Flexíveis**

A vida útil do pavimento pode diminuir pela ação de cargas excessivas que causam a degradação do pavimento, bem como por fatores naturais como as intempéries físicas (temperatura e água), químicas e biológicas (SANTOS e DEMUELENAERE, 2018). Desta forma, estes agentes diminuem as características estruturais e superficiais de um pavimento (VICENTE, 2006).

As misturas betuminosas apresentam um comportamento viscoelástico, ou seja, apresentam propriedades e elásticas ao sofrer deformação. Assim, as condições térmicas impactam a resistência das misturas betuminosas e o comportamento dos pavimentos

flexíveis. Quando a temperatura é elevada, apresentam um comportamento viscoso ocasionando grandes deformações (menor rigidez). Porém em baixas temperaturas, as misturas betuminosas apresentam um comportamento elástico que ocasiona pequenas deformações (maior rigidez) (BATISTA, 2016).

A água também influencia o comportamento dos pavimentos, onde a sua presença pode causar um aumento na deformabilidade dos materiais granulares e na fundação. No nível superior das camadas betuminosas, a água pode acentuar a desagregação e fendilhamento. Dado este fato, é essencial ter uma boa drenagem do pavimento para que estes efeitos sejam minimizados (BARROS, 2013).

A ação sucessiva do tráfego sobre o pavimento causa estados de tensão e extensão que causam a degradação e o estado de ruína do pavimento, tanto por fadiga das misturas betuminosas quanto por deformação no solo da fundação (CUNHA, 2010).

Quando analisada a perspectiva estrutural nos pavimentos flexíveis, a ação imposta pelo tráfego origina duas zonas críticas. A primeira está localizada na base das camadas betuminosas, onde são verificadas as maiores tensões de tração, que podem levar à ruptura do pavimento pela fadiga à tração. Já segunda zona está localizada ao nível da face superior do solo de fundação, onde são verificadas as maiores tensões de compressão, que causam deformações permanentes do solo da fundação (CENTOFANTE et al, 2018).

No geral, a degradação do pavimento flexível é classificada segundo a perda das características estruturais ou funcionais do pavimento. Entretanto, estas degradações estão interligadas devido a existência de uma levar ao desenvolvimento da outra. Deste modo, a deformação permanente é o produto do somatório das deformações plásticas nas camadas inferiores, sob a repetida ação da passagem de veículos. Além disso, as deformações podem ser localizadas, quando verificadas em zonas pontuais do pavimento apenas ou ondulações, quando apresentarem certa frequência (BONFIM, 2007).

As deformações podem ocorrer também nas camadas superiores, sendo denominadas rodeiras. As rodeiras podem ser causadas devido a passagem de veículos pesados a baixas velocidades, devido a temperaturas elevadas ou má distribuição do ligante quando aplicado a camada (BARROS, 2013).

Desta maneira, a evolução da degradação de um pavimento se fundamenta no princípio da cadeia de consequências, onde uma degradação não evolui isoladamente no tempo, mas causa novos tipos de degradações, que interferem nas características das anteriores. Deste modo, é gerado um ciclo, onde diferentes degradações se interferem entre si (PICADO-SANTOS e BAPTISTA, 2008).

### **2.3 Manifestação Patológica**

Quando o pavimento apresenta defeitos e esses defeitos não forem tratados, o pavimento começa a se degradar. Caso esteja totalmente danificado e não seja recuperado a tempo, pode haver grandes problemas como a degradação completa, que compromete a estrutura do pavimento e impossibilita a reciclagem, produzindo custos adicionais (CENTOFANTE et al, 2018). De acordo com o DNIT (2003), cada uma dessas manifestações patológicas tem um fator de ponderação definido pelo DNIT para obter o IGG.

Alguns exemplos de defeitos são as falhas e os defeitos. As falhas nos pavimentos tais como fissuras, trincas e desagregação de material, ocasionam incômodos, reduzem a segurança e aumentam os custos ao começar a se tornar visíveis na superfície de rolamento dos pavimentos (BRUGNOLI et al., 2018).

Já os defeitos são danos que surgem na superfície do pavimento, podem ser observados a olho nu. Uma análise adequada do pavimento visa indicar uma solução apropriada na restauração do pavimento. Os defeitos que ocorrem em um pavimento asfáltico podem ser dos tipos trinca transversal, longitudinal e de retração que são consideradas trincas

isoladas, e trincas do tipo bloco e couro de jacaré que são interligadas. Ademais, pode ocorrer afundamento plástico, de consolidação, bem como painelas, exsudação, remendos e desgaste (ALMEIDA e PEREIRA, 2018).

#### **2.4 Tipos de Reciclagem de Pavimentos Flexíveis**

A metodologia de reciclagem de pavimentos rodoviários surgiu devido a resolução de problemas de ordem econômicos e ambientais. No entanto, o fator econômico é de elevada importância pois a reciclagem de pavimentos é mais econômica do que um reforço tradicional (CUNHA, 2010).

A reciclagem reaproveita materiais oriundos de pavimentos degradados, os incorporando nas camadas de novos pavimentos. Devido a isso, a reciclagem constitui um ciclo fechado (AZEVEDO e CARDOSO, 2013).

A reciclagem pode ser utilizada quando as camadas betuminosas do pavimento apresentarem fendilhamento por fadiga e quando o pavimento se apresentar avançado estado de degradação. Contudo, a técnica de reciclagem não deverá ser utilizada quando o pavimento apresentar problemas de fundação ou de drenagem (ALMEIDA e PEREIRA, 2018).

A reciclagem visa reabilitar as características estruturais do pavimento, melhorando o seu comportamento do pavimento quando solicitado pelo tráfego. Além disso, a reciclagem visa elevar a capacidade resistente do pavimento, aumentar a sua durabilidade, minimizar a utilização de novos materiais e proteger as camadas interiores do pavimento (FONSECA, 2002).

Desta forma, a reciclagem de pavimentos é realizada através da reutilização total ou parcial dos materiais de revestimento da base e/ou sub-base. Assim, após a desagregação os materiais são novamente misturados, tratados por energia térmica ou aditivados com ligantes, podendo haver recomposição granulométrica (COSTA e PINTO, 2011).

Inicialmente, a remoção do material da pista de rolagem era realizada por equipamentos manuais que possuíam lâminas e escarificadores. Contudo, a retirada do material da pista atualmente é realizada por máquinas fresadoras. No entanto, o princípio é essencialmente o mesmo: fragmentação, trituração e retirada da camada antiga do pavimento para reutilizá-la combinada a outros constituintes (BATISTA, 2016).

Dado este fato, fresagem é o termo utilizado para descrever o processo de retirada de parte de um pavimento asfáltico através de máquinas fresadoras, que contém tambores de trituração. Além disso, a fresagem pode ter várias funções, como o nivelamento do pavimento, fornecer maior aderência ao pavimento e remover a antiga sinalização de pista (FERNANDES, OTSUBO e DE SOUSA, 2018).

Os referidos autores inferem que, se tratando da dimensão dos dentes da fresa e seu espaçamento, é possível atingir diferentes profundidades de fresagem, que variam de milímetros a dezenas de centímetros. Desta forma, há a fresagem padrão que retira grande parte do pavimento, de 10 a 30 centímetros; a fresagem fina que retira poucos centímetros do pavimento, aproximadamente dez centímetros; e a microfresagem, que retira apenas a camada superficial do pavimento, na ordem de milímetros.

Atualmente há diversos métodos de reciclagem do pavimento asfáltico. Para determinada finalidade, é necessário verificar as características, composição e defeitos do pavimento baseando-se em estudos de amostras retiradas no campo. Estas amostras devem ser analisadas em laboratório, devendo ser avaliados o seu desempenho (estrutural ou funcional), a possibilidade de reaproveitamento e o método que mais se adequa para determinada situação (SANTOS e DEMUELENAERE, 2018).

Independentemente do tipo de reciclagem a ser utilizada, é necessário sempre realizar estudos preliminares de um trecho experimental. Assim, deverão ser considerados aspectos que tangem à espessura da intervenção, os materiais a reciclar e a previsão da evolução do

comportamento do pavimento reciclado ao longo do tempo. Além disso, nesta etapa é formulada a mistura final a ser utilizada, visando as melhores soluções para a reabilitação do pavimento degradado (CUNHA, 2010).

Porém, para que uma técnica de reciclagem possa ser uma técnica viável de reabilitação de pavimentos flexíveis, todo o processo deve ser analisado em fases, com especificidades únicas (BRUGNOLI et al., 2018). Segundo Teixeira (2006), o processo de reciclagem pode ser dividido em três fases: verificação das características do pavimento se adequadas para a reciclagem, estudo dos materiais e da composição da mistura betuminosa, e por fim, projeto do pavimento e realização da intervenção de reciclagem.

Na primeira fase de estudo, é avaliada a viabilidade da utilização da técnica como solução para a reabilitação estrutural do pavimento degradado, levando em consideração as condicionantes econômicas, as solicitações do tráfego, os impactos ambientais, aspectos logísticos, geométricos, dentre outros.

A segunda fase abrange o estudo dos materiais a reciclar oriundos do pavimento existente, podendo ser agregados ou por agregados aglutinados com ligantes betuminosos envelhecidos. Na caracterização do material fresado, é estudado o comportamento dos materiais no pavimento reabilitado. Para isto, é necessário realizar análises granulométricas (com e sem ligante) do material fresado e caracterizar o antigo ligante. Diversas vezes é necessário adicionar novos agregados para correção granulométrica ou aditivos de regeneração para repor as componentes mais leves, porém perdidas do ligante envelhecido. Além disso, o estudo da formulação da mistura e da taxa de reciclagem são etapas desta fase (SANTOS e BAPTISTA, 2006).

Por fim, na terceira fase o projeto de execução do pavimento reabilitado é elaborado, onde consta todas as zonas que não podem ser alvo de reciclagem devido a questões relacionadas com deficiência do material. Não só isso, no projeto de execução devem ser definidas as profundidades de reciclagem, a constituição e a espessura das camadas novas recicladas (CUNHA, 2010).

Em suma, a escolha do método a ser empregado para a recuperação de um pavimento flexível é dada em função dos resultados do estudo e do tipo de pavimento. Idealmente, todas as rodovias deviam ser sempre sendo monitoradas, para que fosse possível a detecção da deterioração do pavimento antes da ruptura completa, onde seria possível a recuperação sem comprometer a geometria da pista (DNIT, 2006).

## **2.5 Sustentabilidade e eficácia da técnica**

O RAP (Pavimento Asfáltico Recuperado) constitui o grande desafio ambiental, pois os altos volumes de resíduos descartados da fresagem desafiam os gestores rodoviários. Até pouco tempo atrás não havia uma destinação nobre para este resíduo de pavimentação e essa é a chance de mudar esse cenário (SANTOS e DEMUELENAERE, 2018).

A reciclagem de pavimentos favorece o meio ambiente, reduz o emprego de insumos e combustíveis e além disso, proporciona mais conforto aos trabalhadores dos trechos sob concessão. Assim, ele começa a contribuir para solução dos impactos causados pelos altos volumes de resíduos gerados da pavimentação (ALMEIDA e PEREIRA, 2018).

Da perspectiva econômica, a reutilização do material fresado é significativa devido ao alto valor de mercado dos materiais que podem ser substituídos e ter seu consumo reduzido, como os agregados e asfaltos. Além disso, quanto melhor o desempenho do pavimento, menores os custos de consumo de combustíveis, custos de acidentes, de operação, de conservação dos veículos e menores serão os tempos de viagem (BNDES, 2014).

A iniciativa inovadora do reuso de material fresado representa um importante ganho, pois oferece o mesmo desempenho de um pavimento produzido totalmente com insumos novos. Vale ressaltar que nos países desenvolvidos a tecnologia de reutilização de RAP é

bastante comum e praticamente não há misturas asfálticas sem aproveitamento de material fresado (BRUGNOLI et al., 2018).

Sendo formado por brita, polímeros e ligantes, o pavimento leva centenas de anos para que seja decomposto. Contudo, o pavimento removido durante o processo de recuperação do asfalto é reciclado e segue útil, com a finalidade para o qual foi elaborado (BATISTA, 2016).

Desta forma, dentre as vantagens do material desenvolvido para a BR-163/364 pode-se concluir que foi possível obter economia, sendo possível o emprego de recursos financeiros em outros serviços; redução do descarte do material fresado; diminuição de matéria-prima utilizados; a redução do emprego de combustível na usina e maquinários utilizados para aplicar a massa asfáltica; melhor conforto térmico para os colaboradores da obra e redução emissão de particulados e voláteis durante o processo de usinagem, que são nocivos ao meio ambiente (ROTA DO OESTE, 2021).

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A abordagem da pesquisa teve por caráter específico realizar levantamentos qualitativos e quantitativos para analisar a questão da reciclagem e do reuso de resíduo de fresagem em pavimentos. A pesquisa qualitativa preocupa-se no porquê das coisas, bem como a viabilidade de sua execução. Assim, a pesquisa qualitativa não se preocupa com os números, mas se preocupa com todos os aspectos, visando uma interpretação mais detalhada da realidade (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

A pesquisa quanto a sua abordagem foi de cunho qualitativo, pois objetiva analisar os benefícios da adição do material fresado. Já a pesquisa quantitativa consiste em uma análise dos diversos sistemas estatísticos para que seja possível quantificar os dados colhidos em um estudo. Ela é feita através da análise de dados brutos, sendo colhidas através de ferramentas de auxílio que sejam previamente padronizadas e neutras ao estudo (UFRGS, 2009).

Quanto aos procedimentos técnicos, o presente estudo envolveu a pesquisa bibliográfica para levantamento literário, pois busca uma aplicação prática de estudos de caso de reabilitação de pavimentos flexíveis degradados, com foco para o trecho localizado no município de Jangada – MT, distante 75 km da capital Cuiabá. Jangada foi escolhido devido a abranger o trecho da BR-163/364 que foi contemplado com a primeira obra rodoviária produzida com pavimento reciclado do Brasil.

A concessionária Rota do Oeste, responsável pelo trecho, juntamente com a Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) realizou uma pesquisa de dois anos de duração sobre a segunda etapa do Plano Anual de Recuperação deste trecho, cujos resultados foram divulgados em um material intitulado Aproveitamento de Resíduos de Pavimentos Asfálticos (RAP) em Regiões de Alta Temperatura e Tráfego Pesado. Este material fresado foi desenvolvido exclusivamente para as especificidades deste trecho da BR, como o tráfego intenso de veículos durante o ano todo e as altas temperaturas durante grande parte do ano.

De acordo com Treinta et al., (2014), a necessidade da pesquisa bibliográfica busca assegurar que o trabalho científico seja controlado, rigoroso, sistemático, válido e verificável. Nesse sentido, é de suma importância a realização de uma boa revisão bibliográfica na forma de levantamento do estado da arte daquele conteúdo, princípio esse seguido nesse estudo.

## 4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Estudo de tráfego

Na região Centro-Oeste do Brasil, especificamente, os principais problemas nos pavimentos asfálticos são relacionados a resistência à fadiga e ao acúmulo de deformação permanente nas trilhas das rodas devido ao intenso tráfego de veículos pesados e às altas temperaturas (ROTA DO OESTE, 2021).

Além disso, a Tabela 1 apresenta as projeções de crescimento médio anual na demanda da rodovia do estado por veículos. Pode-se observar que para o ano de 2025 está prevista um aumento superior a 4% para os veículos automóveis e também para os veículos de carga média/pesada.

Ano	Auto	Carga Leve	Carga Média Pesada
2025	4,31%	2,23%	4,42%
2030	3,62%	1,96%	3,00%
2035	3,05%	1,73%	2,64%
2040	2,56%	1,53%	2,33%
2045	2,50%	1,49%	2,28%
2050	2,50%	1,49%	2,28%

Tabela 1: Projeções do crescimento do tráfego.  
Fonte: SEINFRA (2019).

A Rota do Oeste, detentora da concessão das rodovias do MT realizou um Estudo de Tráfego das Rodovias do Mato Grosso, onde no trecho da rodovia MT-100 foi realizada uma contagem do volume diário médio por categoria e sentido no ano de 2016 (SEINFRA, 2019). Esse trecho da rodovia está dentro da extensão de 850,9 quilômetros da BR-163 concedida em março de 2014, pelo Governo Federal à empresa.

Desde então, todas as atividades de manutenção da Concessionária estão alinhadas com o seu programa de inovação tecnológica denominado *Estudo de Aproveitamento de RAP em Regiões de Alta Temperatura e Tráfego Pesado*. Esta pesquisa foi iniciada em novembro de 2017 e implantou o primeiro laboratório de pavimento do Mato Grosso, que está montada na sede da Rota do Oeste, a qual custeia o projeto (UNISELVA, 2020).

Visando obter séries históricas do volume de tráfego na região de estudo, foram levantadas informações disponibilizadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT) do Programa Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) em postos de contagem contínua próximos da concessão.

Com base nos parâmetros apresentados anteriormente foram estimadas as matrizes futuras, e assim, foram geradas matrizes para as quatro categorias de alocação:

- Automóveis: automóveis, vans, automóveis com semirreboque e reboque e motocicletas;
- Carga leve: caminhões de dois ou três eixos e ônibus;
- Carga média: caminhões de quatro ou cinco eixos;
- Carga pesada: caminhões de seis eixos ou mais.

Apesar de serem postos de contagem contínua, as informações do DNIT são séries curtas e em alguns pontos descontínuas. Os dados mais antigos datam de janeiro de 2015 e os

mais recentes de janeiro de 2017, ou seja, são informações de apenas 2 anos, nos locais mais completos (SEINFRA, 2019). Os resultados da contagem podem ser observados na Tabela 2.

UF	Município	Rodovia	Posto de Contagem	Auto	Carga Leve	Carga Média	Carga Pesada	Moto	Ônibus
MT	Jangada	BR-163	54	0,69	2	2,45	3,42	0,96	3,48

Tabela 2: Contagem de tráfego no município de Jangada - MT.  
Fonte: SEINFRA (2019).

Em suma, o Estudo de Tráfego foi desenvolvido visando obter subsídios necessários à definição do VMD (Volume Médio Diário), determinação no Número N (Repetições de passagem do eixo Padrão), definir a espessura e tipo do revestimento e da Rodovia (SEINFRA, 2019).

#### 4.2 Desenvolvimento do Método

A parceria entre a UFMT, a concessionário Rota do Oeste e a Fundação Uniselva, viabilizou a implantação do mais moderno laboratório de controle tecnológico de pavimento do estado e que conta com equipamentos exclusivos no Mato Grosso. O laboratório foca no reaproveitamento do material fresado na massa asfáltica para revestir a BR, ou seja, a técnica que permite o reuso do material removido durante o processo de restauração da rodovia (UNISELVA, 2020).

Vale ressaltar que o produto resultante da fresagem do revestimento asfáltico deve ser considerado como um novo material de pavimentação, podendo ser melhorado através de correção de sua granulometria, adição de materiais asfálticos e/ou de adição de agentes estabilizadores (CENTOFANTE et al., 2018).

Visando a sustentabilidade, o projeto de extensão tecnológica pesquisou novas tecnologias para ser aplicada na massa asfáltica, principalmente em serviços de pavimentação e restauração. Para promover a discussão sobre ações estratégicas de novas técnicas de pavimentos, a Rota do Oeste e a UFMT organizaram um evento chamado *1º Seminário de Pavimentos Sustentáveis*. O evento visou alcançar alternativas mais sustentáveis e com menor custo. Para tal, especialistas no segmento de pavimentos foram convidados para o seminário, cujas pesquisas já haviam sido aplicadas no país. A ideia foi reunir conhecimento para a utilização de Misturas Asfálticas Mornas, comparando com as técnicas de usinagem a quente convencionais (ROTA DO OESTE, 2021).

Vale mencionar que a BR-163/364 possui características bastante específicas, como a elevada temperatura da região e o intenso fluxo de veículos pesados, que foram considerados no processo de pavimentação da rodovia (BNDES, 2014).

O uso de RAP reutiliza resíduos de alto valor agregado, provindos dos processos de fresagem de pavimentos deteriorados. De fato, nos serviços de manutenção rodoviária, há limites de aceitação da superfície do revestimento a ser recapeado e a solução usual é fresar parte da camada para eliminar a superfície mais degradada, e assim, evitar ou reduzir o fenômeno de reflexão de trincas, que decreta a fadiga prematura dos recapamentos novos (BRUGNOLI et al., 2018).

O estudo analisou o aproveitamento do RAP em misturas asfálticas mornas usinadas e mensurou os ganhos em termos de fadiga dos revestimentos. Assim durante um período de dois anos, foram desenvolvidas e analisadas diversas dosagens de ligantes, agregados e fresados, visando obter um material apresentasse parâmetros satisfatórios de desempenho mecânico e volumetria. Como resultado, a melhor dosagem foi empregada no recapeamento da BR-163/364, em Jangada - MT. O composto foi feito a partir do reaproveitamento do fresado e foi desenvolvido especialmente para esta rodovia (UNISELVA, 2020).

Sendo o projeto da Rota do Oeste muito importante, esta técnica foi implantada em trechos experimentais para testar na prática o que foi constatado em laboratório. Assim, em fevereiro de 2020, o composto asfáltico elaborado pelo estudo começou a ser testado em processos de restauração desta rodovia.

Na imagem, a Rota do Oeste realizava o serviço de fresagem, que retirou a camada superficial do pavimento, e está aplicando o Tratamento Superficial Duplo com material reciclado desenvolvido para as especificidades desta rodovia, que além do tráfego intenso, sofre impactos pelas condições climáticas da região Centro-Oeste, com estações definidas entre calor e chuvas intensas.

Essa foi a primeira vez que uma rodovia do Mato Grosso recebeu pavimento de alto desempenho que utiliza material reciclável. Além disso no Brasil, esta foi a primeira obra rodoviária que empregou pavimento reciclado (ROTA DO OESTE, 2021).

#### **4.3 Método empregado**

As ações previstas no plano de trabalho do projeto da Rota do Oeste consistiram no desenvolvimento de um pavimento específico para a BR-163, considerando as especificidades das altas temperaturas da região, bem como o alto tráfego e volume transportado (ROTA DO OESTE, 2021).

Desta forma, o estudo desenvolveu processos de misturas betuminosas mornas, com o aproveitamento de RAP, que por vez possuem uma grande quantidade de agregados minerais. Assim, o reuso do RAP representa uma redução na quantidade de matérias primas empregadas no processo, tais como brita, asfalto e o combustível que aquece a mistura asfáltica (UNISELVA, 2020).

Antes de ser reutilizado, contudo, o material fresado passa pelos processos de caracterização e beneficiamento, pois o material retirado pode vir em blocos grandes, sendo necessário passar pela secagem, peneiramento, homogeneização, determinação da granulometria, densidade e teor de ligante (BARROS, 2013).

Além disso, na produção de Misturas Asfálticas Mornas foi utilizado um aditivo capaz de diminuir a temperatura de usinagem entre 30 e 50°C, ganhando produtividade e reduzindo custos de combustível e emissão de gases na usinagem. Deste modo, a técnica adotada demonstra ganhos quanto a vida útil do pavimento pela menor exposição da massa asfáltica ao calor na sua usinagem, em consequência do emprego do aditivo Evotherm (ROTA DO OESTE, 2021).

O Evotherm® 3G é um aditivo químico do tipo surfactante, com tecnologia específica para misturas asfálticas mornas sem adição de água. Este aditivo reduz a temperatura da mistura e da compactação das misturas asfálticas convencionais de 10°C até 30°C. De acordo com os fornecedores, a adição deste produto garante o recobrimento completo dos agregados pelo ligante asfáltico e inclusive melhora a trabalhabilidade da mistura devido ao ganho na lubrificação que o aditivo proporciona. Além disso, o seu uso melhora a adesividade entre os agregados e o ligante asfáltico, incrementado a resistência ao dano da água na mistura asfáltica (ANTT, 2017).

Não só isso, o relatório da pesquisa comparativa de misturas asfálticas da ANTT (2017) infere que este aditivo é especialmente formulado para ser compatível com cada tipo de ligante asfáltico que deseja ser modificado, seja convencional, modificado por polímero, modificado por borracha ou modificado por ácido polifosfórico. O aditivo possui consistência líquida e a modificação do ligante asfáltico pode ser realizada nos tanques das distribuidoras ou nos tanques da usina de mistura asfáltica. Usualmente é recomendado adicionar o Evotherm® 3G de 0,25% até 0,75% em peso no ligante asfáltico.

Através deste estudo, foi verificado através de amostras experimentais que é possível adicionar até 30% do material fresado em novas massas asfálticas do Estado, garantindo

redução da exploração adicional de pedreiras, economia de agregados e ligantes, além de que a mistura mantém a mesma qualidade, desempenho e durabilidade da rodovia (UNISELVA, 2020).

Contudo, é importante ressaltar que é necessário que os pavimentos recicláveis sejam estudados adequadamente, sendo submetidos a ensaios e testes, pois cada mistura em cada região pode apresentar um desempenho diferente (ALMEIDA e PEREIRA, 2018).

#### **4.4 Monitoramento e inovação**

Os estudos ao fenômeno da fadiga dos revestimentos, que impactam na redução da vida útil dos componentes estruturais do pavimento, envolvem análises laboratoriais e têm sido usados como critério de dimensionamento de pavimentos flexíveis, bem como no monitoramento in loco de trechos experimentais (ALMEIDA e PEREIRA, 2018).

Pensando na logística, o trecho experimental da Rota do Oeste foi sintonizado com a localização da usina fornecedora da massa de concreto asfáltico para o experimento. Em campo, continua sendo realizado o monitoramento dos trechos experimentais da BR-163/364 que recebeu o fresado reciclado em fevereiro de 2020, para os quais foram previstos os ensaios de deflexão utilizando Viga de Benkelman, aderência utilizando Pendulo Britânico, mancha de areia e medição de afundamento em trilhas de roda nos pavimentos (ROTA DO OESTE, 2021).

O projeto da Rota do Oeste foi tão bem-sucedido que foi aprovado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) que coordena o Programa de Concessão de Rodovias Federais. Assim, a Rota do Oeste foi uma das cinco concessionárias brasileiras mais bem avaliadas pela ANTT no Índice de Desenvolvimento Ambiental (IDA) quanto as boas práticas socioambientais em rodovias federais. Deste modo, o resultado foi publicado em 2020, mas o título é referente ao trabalho executado na BR-163/364 em 2019.

Deste modo, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) estabeleceu procedimentos para o reaproveitamento de material fresado (RAP) em obras de adequação de capacidade, restauração e ampliação de rodovias federais. Assim, em agosto de 2021 foi aprovada a Resolução nº 14, que visa a atenuação dos impactos ambientais provocados pelas obras rodoviárias no país e a redução dos custos destas obras. Em suma, a tecnologia empregada pela Rota do Oeste na pavimentação da rodovia mato-grossense passou a ser empregada em obras realizadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT) desde 2021 em todo o país. Assim, o material deverá ser empregado tanto nas camadas de restauração do pavimento quanto na execução de novos pavimentos.

Além da publicação desta Resolução o DNIT através do Instituto de Pesquisas em Transporte (IPR), enunciou a versão atualizada da norma DNIT 033/2021 – ES Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico reciclado em usina a quente – Especificação de serviço. Esta norma estabelece o processo de execução da camada do pavimento através da mistura asfáltica reciclada em usina a quente, empregando material de pavimento asfáltico fresado ou removido do pavimento – RAP. Desta forma, esta atualização incorporou os procedimentos mais recentes para a administração do material fresado.

#### **4.5 Outras aplicações no Brasil**

A ANTT publicou em seu relatório técnico um estudo comparativo entre amostras do fresado puro e uma mistura desenvolvida em laboratório. Desta forma, o material fresado da pesquisa foi coletado na BR 290 no Rio Grande do Sul, durante o processo de manutenção do pavimento asfáltico em 2012 nas proximidades da cidade de Cachoeirinha. Assim, foram feitas seis coletas diretamente na esteira da máquina fresadora. A máquina fresadora utilizada foi uma Caterpillar PM102 com largura de corte de um metro, espessura de corte de até 35 cm, sendo considerada uma máquina de médio porte (ANTT, 2015).

Segundo o estudo da ANTT, cada uma das amostras coletadas foi seca, quarteada e caracterizada em ensaios como análise granulométrica, determinação do teor de ligante e análise granulométrica pós-extração de ligante. Os ensaios de ISC e compactação feitos no fresado puro e na mistura elaborada (70% fresado + 30% agregado virgem), mostraram que a estabilização granulométrica apresentou propriedades superiores em relação ao material fresado puro estabilizado mecanicamente. Já o CBR da mistura foi de 95%, afirmando que uma baixa de material reciclado adicionado eleva a capacidade de desempenho final do material. Assim, estes materiais podem ser utilizados como camada portante de pavimentos flexíveis como sub-base ou base (ANTT, 2015).

Além disso, Canchanya (2017) avaliou o comportamento mecânico e reológico de uma mistura asfáltica com acréscimo de 20% de material fresado oriundo da fresagem de revestimentos asfálticos nos serviços de manutenção de vias urbanas da cidade de Florianópolis, indicando o seu potencial para ser reutilizado na construção de uma nova mistura asfáltica. Para tal, o autor desenvolveu um programa experimental dividido em seis etapas que abrangeram a caracterização dos agregados minerais e do RAP, a caracterização das propriedades do ligante asfáltico, a dosagem das misturas asfálticas, a moldagem e caracterização das placas de concreto asfáltico, a avaliação do comportamento reológico e desempenho mecânico e por fim, a simulação de estrutura de pavimento urbano.

Considerando todas as análises dos resultados desta pesquisa, pode-se concluir que a utilização de 20% de RAP na produção de uma mistura asfáltica, pode apresentar desempenho igual ou melhor que um mistura asfáltica projetada com 100% de agregados virgens. Os resultados desta pesquisa mostraram que esta mistura proporciona uma redução de 0,3 % no teor de ligante e 20% na quantidade de agregados virgens (CANCHANYA, 2017).

Já Batista (2016) analisou obras, procedimentos e técnicas de reciclagens empregadas pela Autopista Fluminense, que administra a Rodovia Mário Covas – BR-101/RJ, no trecho conhecido como Ponte Rio/Niterói entre o Espírito Santo e o Rio de Janeiro.

Este trecho da Rodovia BR-101/RJ possui 320,1 km, onde 261,2 km são constituídos por pista simples e 58,9 km por pista dupla. A camada de capeamento desta rodovia possui aproximadamente dez centímetros, dos quais até oito centímetros são retirados e levados para a usina, enquanto o restante é desprezado. Na usina, o material fresado é peneirado atendendo limites de granulometria conforme o projeto. Com isso, há uma perda de 25% aproximadamente de material que não pode ser reaproveitado.

Na sequência, Batista (2016) relata que o material reciclado é levado novamente ao local da aplicação e então é disposto e compactado visando criar um capeamento primário. Sob o material reciclado compactado, é lançada outra camada de pavimento não reciclado composto por CBUQ (Cimento Betuminoso Usinado a Quente). Já no processo de recuperação do pavimento, realizado quando há presença de anomalias irreversíveis, onde somente a restauração da capa não seria suficiente para que a qualidade do pavimento fosse garantida, a fresagem da base é feita no local da obra, reduzindo bastante os custos com deslocamentos. Assim, o material fresado é peneirado e reciclado em estações móveis empregando técnicas de aproveitamento e produção de misturas asfálticas a frio elaboradas de material fresado, cimento e emulsão asfáltica, visando melhorar as propriedades mecânicas da mistura num curto prazo, mantendo a flexibilidade em longo prazo e atenuando o consumo de energia na restauração de pavimentos. Em suma, a única desvantagem deste processo é a utilização do cimento em sua composição, devido a ser necessário três dias de cura. Só depois, o material de capa reciclado em usina pode ser lançado.

Em seu estudo, Centofante et al (2018) avaliaram as propriedades mecânicas de técnica da reciclagem a quente em misturas asfálticas, visando investigar o seu emprego na substituição de agregados virgens por material fresado em diferentes porcentagens. No estudo, foram realizados ensaios laboratoriais visando avaliar diferentes misturas que continham 10%,

20% e 30% de adição de material fresado, sendo comparadas a uma amostra placebo sem adição de material fresado.

Assim, através da aplicação de técnicas de reciclagem de material fresado a quente, foram avaliados os quesitos rigidez, resistência mecânica e propriedades de adesão/coesão. Desta forma, o estudo concluiu que com a adição de 30% de agregado reciclado em misturas asfálticas pode-se obter uma economia de até 35% no teor de ligante adicionado na mistura, a rigidez e a parcela elástica obtiveram aproximadamente 20% de aumento e os resultados do módulo de resiliência e resistência a tração apresentaram valores superiores na ordem de 30% e 40%, respectivamente. Com relação à deformação permanente, o fresado aumentou a resistência em quase 90% quando comparado a mistura de referência (CENTOFANTE et al, 2018).

Em suma, foi possível observar que em embora foi aplicado diferentes técnicas e metodologias em diferentes trechos de rodovias pelo país, as conclusões científicas, que parte da observação de fatos, chegaram a conclusões semelhantes. De fato, a reinserção das camadas de base, sub base e/ou a camada asfáltica tem uma contribuição de dimensão imensurável no que tange os quesitos ambientais por dar um uso a um resíduo até então descartado, além de que demandava grandes área para deposição. Além disso, há um ganho econômico no reaproveitamento, na dispensa de matérias primas pela sua substituição, e por fim, o ganho de qualidade, que reflete no contexto econômico pelo aumento da longevidade da vida útil das rodovias. Por fim, os estudos mostraram que é possível acrescentar até 30% de material fresado em um novo pavimento, desta forma, atingindo os maiores potenciais econômicos, ambientais e sociais.

## **5.CONCLUSÃO**

A reciclagem de pavimentos asfálticos visa substituir uma parcela de matérias-primas de camadas do pavimento pela incorporação de materiais retirados de pavimentos antigos. Quando se é considerado o tamanho da malha rodoviária do país, é notório o elevado potencial de RAP que pode ser anualmente gerado.

O RAP é um resíduo dos serviços de fresagem que é executado durante o processo de recuperação e/ou rejuvenescimento de pavimento. Ele pode conter tanto revestimento asfáltico quanto parte da camada de base da estrutura do pavimento. O beneficiamento do RAP constitui uma inovação significativa no País, pois há um grande ganho para economia e para o meio ambiente quando se reaproveita algo que seria descartado.

Contudo, o desempenho técnico-científico da região depende, sobretudo, de recursos tecnológicos até então não existentes em algumas regiões do país. Desta forma, a falta desses recursos para desenvolvimento da inovação tecnológica é responsável pelo atraso nas soluções empregadas em todos os níveis de conhecimento.

Assim sendo, concessionárias de rodovias por todo o país vem desenvolvendo programas de inovações tecnológicas, estudos e atividades manutenção das rodovias com resíduos de fresagem. Desta forma, o material fresado foi estudado detalhadamente, sendo possível investigar uma mistura de pavimento sustentável e resistente, tendo sido evidente que uma mistura com 30% de RAP apresenta vantagens bastantes significativas.

Em suma, esse é o passo inicial para uma política de reaproveitamento de resíduos de fresagem. Desta forma, esta tecnologia apresenta viabilidade técnica, econômica e ambiental, pois com o reaproveitamento do fresado, só há benefícios como um menor desperdício de dinheiro e materiais.

Por fim, através dos resultados apresentados é evidente um futuro promissor para o emprego do material fresado, que alia os quesitos técnico e econômico com o emprego de

ensaios simples e de resultados imediatos. Desta forma, o reaproveitamento destes materiais é extremamente relevante pela constante intervenção nas rodovias brasileiras para qualquer tipo de conservação, que proporcionam toneladas de agregados com potencial de utilização desde que aplicados de forma correta.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.; PEREIRA, M. **Levantamento de manifestações patológicas em pavimento asfáltico em dois trechos localizados em avenidas de Serra-ES**. Serra: MULTIVIX, 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. **Reciclagem de pavimentos flexíveis: estudo da estabilização química e granulométrica de material fresado para uso como camada de pavimento**. CONCEPA/ANTT. Porto Alegre. 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. **Relatório de pesquisa RDT: análise comparativa das propriedades viscoelásticas de misturas asfálticas quentes e mornas**. Porto Alegre: UFGRS/CONCEPA/ANTT, 2017.
- AZEVEDO, M.; CARDOSO, M. Reciclagem a Quente em Central Betuminosa. *Revista Engenharia Civil*, Porto, 2013.
- BARROS, R. **Utilização do revestimento fresado da BR-104 como material de reforço da camada de base e/ou sub-base**. Caruaru: 2013.
- BATISTA, R. **Reciclagem do resíduo pela fresagem do concreto asfáltico**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- BERNUTTI, L.; et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica dos Engenheiros**. Rio de Janeiro: ABEDA, 2006.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Um olhar territorial para o desenvolvimento: Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: BNDES, 2014.
- BONFIM, V. **Fresagem de Pavimentos Asfálticos**. São Paulo: Exceção Editorial, 2007.
- BRASIL. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2º ed. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT) / Diretoria de Planejamento / Coordenação geral de Estudos e Pesquisas / Instituto de Pesquisas, 2006.
- BRUGNOLI, A. et al. Análise de custo x benefícios na reciclagem de asfalto. **IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, São Bernardo do Campo, 26-29 Novembro 2018.
- CANCHANYA, J. **Avaliação do comportamento mecânico e reológico de mistura asfáltica com adição de 20% de material fresado – RAP**. Florianópolis: UFSC, 2017.
- CENTOFANTE, R.; AL, E. Avaliação do comportamento de misturas asfálticas recicladas a quente com inserção de material fresado. *Revista Matéria*, Santa Maria, 2018.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017.
- COSTA, C.; PINTO, S. O uso de reciclagem de pavimentos como alternativa para o desenvolvimento sustentável em obras rodoviárias no Brasil. *Revista Engenharia*, São Paulo, 2011.
- CUNHA, C. **Reciclagem de Pavimentos Rodoviários Flexíveis Diferentes Tipos de Reciclagem**. Lisboa: ISEL, 2010.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE - DNIT. **DNIT 006/2003 - PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimentos**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE - DNIT. **DNIT 031: Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.
- FERNANDES, L.; OTSUBO, M.; DE SOUSA, M. **Fresagem e reciclagem asfáltica em obras de reabilitação**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2018.

FONSECA, P. **A Reciclagem de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha: A Experiência Americana.** Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: 2005.

FREIRE, A. **Agregados para Misturas Betuminosas.** Agregados para Misturas Betuminosas: Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2004.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre: UFRGS, 2009.

LIMA, A. **Caracterização Mecânica de Misturas Asfálticas Recicladas a Quente.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2003.

ROTA DO OESTE. **BR-163/364: Rota do Oeste inicia primeira obra rodoviária feita com asfalto reciclado no Brasil.** Rota do Oeste, Cuiabá, 2021. Disponível em: <<http://www.rotadooeste.com.br/pt-br/br-163364-rota-do-oeste-inicia-primeira-obra-rodoviaria-feita-com-asfalto-reciclado-no-brasil>>. Acesso em: 03 janeiro 2022.

PICADO-SANTOS, L.; BAPTISTA, A. **Formulação de Misturas Betuminosas Recicladas a Quente.** Lisboa: Picado-Santos & Baptista, 2008.

SANTOS, L; BAPTISTA, A. **Misturas Betuminosas Recicladas a Quente em Central – Contribuição para o seu Estudo e Aplicação.** Coimbra: 2006.

SANTOS, M.; DEMUELENAERE, R. Reciclagem de Pavimento Asfáltico a Quente In Situ. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 1, n. 2, 2018.

SEINFRA. **Concessão de serviços públicos de recuperação, operação, manutenção, conservação, implantação de melhorias e ampliação de capacidade do sistema rodoviário.** Campo Grande: SEINFRA, 2019.

TEIXEIRA, M. **A Utilização de Espumas de Betume na Reciclagem de Pavimentos Flexíveis.** Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006.

UFRGS. **Métodos de pesquisa,** 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2019.

UNISELVA, F. **Estudo desenvolve primeiro pavimento de alto desempenho com material reciclável utilizado no estado.** Cuiabá: Fundação UNISELVA, 2020. Disponível em: <[https://web.fundacaouniselva.org.br/frmNoticia.aspx?\\_id=730](https://web.fundacaouniselva.org.br/frmNoticia.aspx?_id=730)>. Acesso em: 09 jan. 2022.

VICENTE, A. **A Utilização de Betumes Modificados com Borracha na Reabilitação de Pavimentos Flexíveis.** Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006.