

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FELIPPE PEDRO TEIXEIRA SILVA  
VANDERLEI DA PAZ RIBAS**

**RECICLAGEM DE MATERIAL  
PROVENIENTE DE FRESAGEM ASFÁLTICA**

**Santos – SP**

**Maio / 2019**

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FELIPPE PEDRO TEIXEIRA SILVA**

**VANDERLEI DA PAZ RIBAS**

**RECICLAGEM DE MATERIAL  
PROVENIENTE DE FRESAGEM ASFÁLTICA**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como exigência parcial para  
obtenção do título de Engenheiro Civil à  
Faculdade de Engenharia Civil da  
Universidade Santa Cecília, sob orientação  
do Engenheiro Me. Valter Prieto.**

**Santos – SP**

**Maior / 2019**

FELIPPE PEDRO TEIXEIRA SILVA  
VANDERLEI DA PAZ RIBAS

RECICLAGEM DE MATERIAL  
PROVENIENTE DE FRESAGEM ASFÁLTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de graduação à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Santa Cecília.

Data da aprovação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora

---

Orientador: Prof. Eng. Me. Valter Prieto

---

Prof.(a) CARLA MARIA VILABOIM PONTES OGIER

---

Prof. PAULO EDUARDO DE OLIVEIRA ANDRADE

---

Prof. WANDERLEY GOMES MORENO JUNIOR

## RESUMO

O presente trabalho fundamentou-se na descrição dos processos de reaproveitamento do material fresado de pavimentação, por meio de estudos bibliográficos de procedimentos, normas, manuais, estudos de casos, especificações técnicas e de trabalhos já realizados com as técnicas de reciclagem. O pavimento é uma estrutura destinada a resistir aos esforços gerados pelo tráfego. Mas, com o passar do tempo e pelo excesso de carga sobre a pista, começam a surgir imperfeições ao longo do pavimento, necessitando de manutenção. Essa manutenção é feita através da fresagem de uma camada do pavimento, que posteriormente, recebe uma nova capa asfáltica, sendo, neste processo, gerado uma grande quantidade de resíduos. A dificuldade em encontrar locais de botafora, devidamente legalizados, para recebimento deste material acarreta na possibilidade de destinação incorreta, poderá ocasionar danos ao meio ambiente. Este trabalho contemplará uma avaliação das vantagens de aplicação da reciclagem no que diz respeito aos aspectos técnicos e de qualidade na pavimentação, descrevendo ainda os métodos, técnicas e procedimentos disponíveis. A reciclagem de pavimentos consiste na reutilização dos resíduos provenientes da fresagem para a construção de novas camadas, para a qual é necessária a adição de compostos ligantes (cimento, cal, betume espuma, emulsão), água, eventualmente novos agregados (como corretores granulométricos) e aditivos. As novas camadas construídas podem visar apenas à reabilitação das características funcionais ou também das características estruturais.

**Palavras Chaves:** Reciclagem; Pavimentos asfálticos; Fresagem.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Deformação dos pavimentos .....	9
FIGURA 2 - Camadas de um pavimento .....	10
FIGURA 3 - Trinca isolada .....	11
FIGURA 4 - Afundamento de trilha .....	11
FIGURA 5 - Ondulação .....	12
FIGURA 6 - Exsudação .....	12
FIGURA 7 - Desgaste .....	13
FIGURA 8 - Panela ou buraco .....	13
FIGURA 9 - Fresadora asfáltica .....	16
FIGURA 10 - Tipos de fresagem .....	18
FIGURA 11 - Comparação entre os tipos de fresagem quanto à rugosidade resultante na pista .....	18
FIGURA 12 - Esquema do equipamento de reciclagem a quente no local .....	20
FIGURA 13 - Operação de usina intermitente (gravimétrica) na reciclagem a quente .....	21
FIGURA 14 - Operação de usina drum mixer (tambor-misturador) na reciclagem a quente .....	22
FIGURA 15 - Operação usina de reciclagem a frio .....	23
FIGURA 16 - Esquema de usina de reciclagem a frio .....	23
FIGURA 17 - Dispositivo de reciclagem a frio no local .....	24
FIGURA 18 - Mistura reciclada a frio com espuma de asfalto .....	25

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	6
1.1.	JUSTIFICATIVA .....	7
1.2.	OBJETIVO .....	7
<b>1.2.1.</b>	<b>Geral</b> .....	7
<b>1.2.2.</b>	<b>Específico</b> .....	7
1.3.	HIPÓTESE .....	7
<b>2.</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	8
2.1.	O QUE É PAVIMENTO? .....	8
2.2.	PAVIMENTO RODOVIÁRIO .....	8
2.3.	CAMADAS DO PAVIMENTO .....	9
2.4.	PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS .....	10
2.5.	RECICLAGEM DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	14
<b>2.5.1.</b>	<b>Um breve histórico</b> .....	14
<b>2.5.2.</b>	<b>Fresagem</b> .....	15
2.5.2.1.	<i>Definição</i> .....	15
2.5.2.2.	<i>Classificação dos tipos de fresagem</i> .....	16
2.5.2.3.	<i>Fresagem quanto à espessura de corte.</i> .....	16
2.5.2.4.	<i>Fresagem quanto à rugosidade resultante na pista.</i> .....	17
<b>2.5.3.</b>	<b>Tipos de reciclagem</b> .....	19
2.5.3.1.	<i>Reciclagem a quente</i> .....	19
2.5.3.2.	<i>Reciclagem a quente no local</i> .....	20
2.5.3.3.	<i>Reciclagem a quente em usinas estacionárias</i> .....	21
2.5.3.4.	<i>Reciclagem a frio</i> .....	22
2.5.3.5.	<i>Reciclagem a frio em usinas estacionárias</i> .....	22
2.5.3.6.	<i>Reciclagem a frio no local</i> .....	24
<b>2.5.4.</b>	<b>Vantagens e desvantagens da reciclagem</b> .....	25
<b>3.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	27
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	28

## 1. INTRODUÇÃO

As obras de pavimentação rodoviária tiveram um grande crescimento nos anos 50 com a transferência de tecnologia proveniente dos Estados Unidos e com o modelo de financiamento do setor rodoviário, baseado no Fundo Rodoviário Nacional – FRN. Com a chegada da crise de petróleo nos anos 70 e a extinção do FRN nos anos 80 e os investimentos insuficientes destinados ao setor tornaram o sistema rodoviário extremamente vulnerável. A idade dos pavimentos e a solicitação intensa do tráfego compõem o problema especialmente nas rodovias federais, onde grande parte da malha já superou a vida útil dos projetos originais. Nos últimos anos de forma gradual, a construção rodoviária vem sendo transferida para atividades de recuperação e restauração. (DNIT, 2006, p.17)

A fresagem, utilizada na recuperação e restauração dos pavimentos, é responsável pela geração de uma grande quantidade de resíduos. Esses resíduos necessitam ser descartados em locais de bota-fora devidamente legalizados para que o mesmo não cause impactos ao meio ambiente.

Devido à crescente demanda de matéria prima na área da engenharia, seja ela para manutenção de obras ou para a criação de novas construções, cria-se a necessidade de novas tecnologias com a intenção de preservação dos recursos naturais, uma vez que os mesmos têm se tornado cada vez mais escasso.

De modo a reduzir a exploração de matérias-primas não renováveis a reciclagem de materiais mostra-se como uma alternativa eficaz uma vez que se utiliza de resíduos como novos recursos, ou em sua normalização para provável aplicação.

Com foco na engenharia rodoviária, um dos materiais que tem se destacado é o material originário da fresagem dos pavimentos, recentemente popularizado, em diversas aplicações, por seus benefícios ambientais e econômicos.

## 1.1 . JUSTIFICATIVA

O impacto ambiental gerado pela construção civil nos estimulou a explorar maneiras de destinação mais adequadas, sobretudo de resíduos. Resolvemos aprofundar esse estudo na parte de infraestrutura, principalmente na pavimentação, pois é um setor que tem grande potencial de crescimento, apesar de carecer de investimentos no nosso país.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Geral

O objetivo geral deste trabalho é apresentar a reciclagem de pavimento como uma destinação adequada ao resíduo gerado através da fresagem do concreto asfáltico

### 1.2.2. Específico

Diretrizes das técnicas de reutilização e aproveitamento de material fresado na pavimentação de forma a reduzir impactos ambientais no descarte inadequado deste resíduo

## 1.3. HIPÓTESES

Como é classificado o material fresado?

Quais os métodos de reciclagem de pavimento?

Quais as vantagens da utilização da reciclagem de pavimento?

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. O QUE É PAVIMENTO?

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. (Bernucci, 2010).

### 2.2. PAVIMENTO RODOVIÁRIO

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT (2006), define pavimento rodoviário como superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito. Ainda segundo o DNIT (2006), os pavimentos, de forma geral, são classificados como flexível, semirrígido e rígido.

- **Pavimento flexível:** aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas, DNIT (2006).
- **Pavimento semirrígido:** caracteriza-se por base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias, DNIT (2006).
- **Pavimento rígido:** o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado, DNIT (2006).

A figura 1 demonstra o comportamento da deformação dos pavimentos quando carregados.

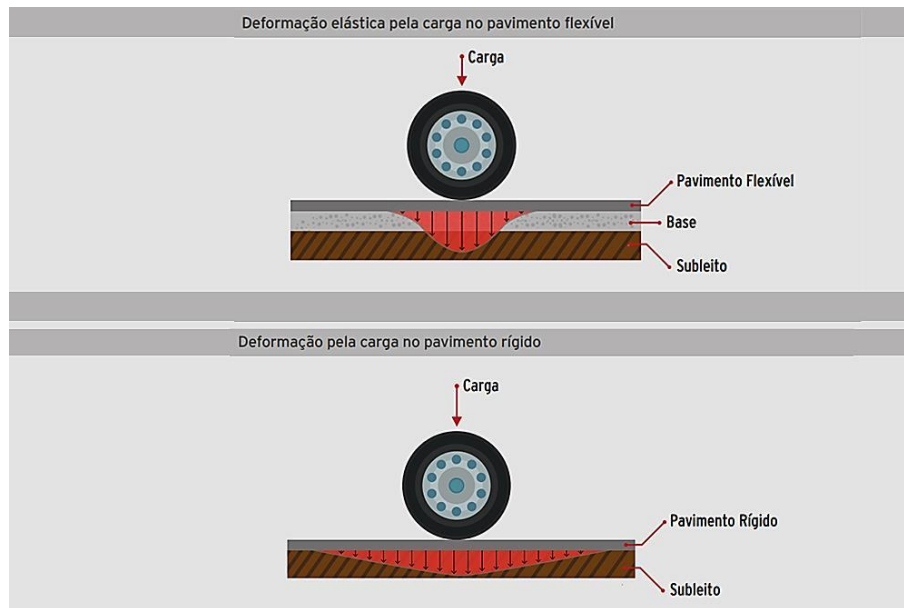


Figura 1 – Deformação dos pavimentos. Fonte: <http://media.motonline.com.br/2017/09/asfalto-no-brasil-1.jpg> (acesso em 12/09/2018)

### 2.3. CAMADAS DO PAVIMENTO

A estrutura do pavimento é composta de algumas camadas que serão construídas após a terraplenagem do local, que variam conforme a solicitação do tráfego. O subleito funciona como fundação do sistema que irá receber os esforços absorvidos pelo pavimento, após a regularização do subleito executa-se as camadas de reforço de subleito, caso haja necessidade, sub-base acima desse reforço de subleito, seguido de uma base e por fim o revestimento, conforme demonstrado na figura 2.

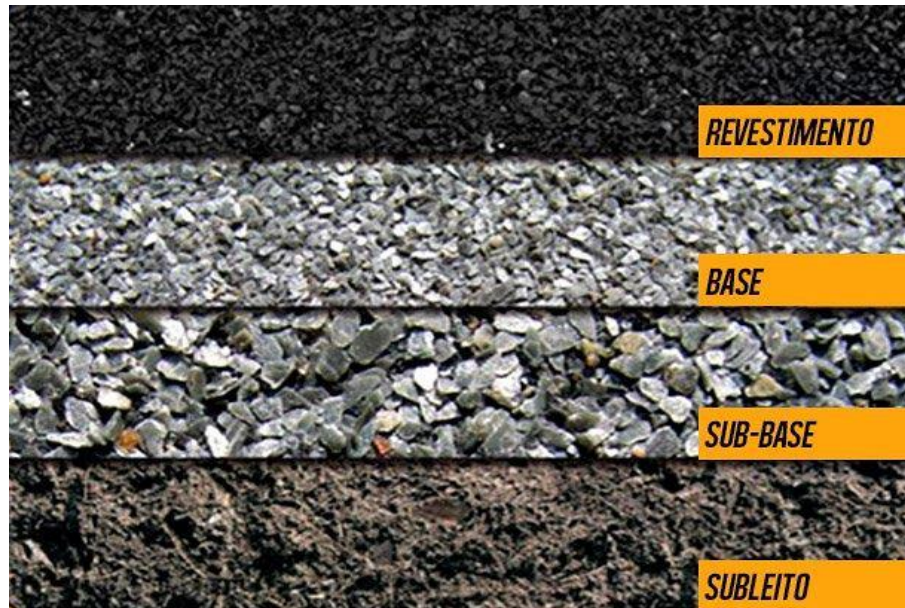


Figura 2 – Camadas de um pavimento. Fonte Flatout (2017)

## 2.4. PATOLOGIA DOS PAVIMENTOS

A Norma DNIT 005/2003 – TER fornece a terminologia que define os termos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos e essas terminologias são descritas abaixo:

**Fissura:** Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista forte de uma distância inferior a 1,50 m.

**Trinca:** Fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada (figura 3).



Figura 3 – Trinca isolada. Fonte: DNIT (2003)

**Afundamento:** Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de levantamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação (figura 4).



Figura 4 – Afundamento de trilha. Fonte: DNIT (2003)

**Ondulação ou Corrugação:** Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento (figura 5).



Figura 5 – Ondulação. Fonte: DNIT (2003)

**Escorregamento:** Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.

**Exsudação:** Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento (figura 6).



Figura 6 – Exsudação. Fonte: DNIT (2003)

**Desgaste:** Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego (figura 7).



Figura 7 – Desgaste. Fonte: DNIT (2003)

**Panela ou buraco:** Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas (figura 8).



Figura 8 – Panela ou buraco. Fonte: DNIT (2003)

**Remendo:** Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”

As principais patologias dos pavimentos asfálticos são provenientes de rupturas que podem ser divididas, basicamente, em ruptura plástica ou estrutural, e ruptura funcional ou operacional. Essa última consiste na falha em relação a conforto e segurança, o que torna a qualidade de rolamento inadequada ao usuário. Quanto à ruptura plástica, o pavimento apresenta excessiva deformabilidade plástica, o que leva à falha no desempenho de absorção das cargas aplicadas, como é o caso da fadiga (BALBO, 2007). Entre os fatores que podem provocar esse fenômeno, tem-se as cargas dos veículos, produtos químicos e ações ambientais. No caso do Brasil, com clima predominantemente tropical, tem-se dois principais critérios de ruptura que comandam o dimensionamento de pavimentos de qualquer tipo. Esses critérios são a fadiga e o afundamento de trilha de roda, os quais são resultantes de deformações elásticas e plásticas que vão se acumulando a cada passagem de veículo (FERREIRA, 2013).

## 2.5. RECICLAGEM DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Segundo BERNUCCI (2010), a reciclagem de pavimentos se baseia na reutilização de materiais fresados combinados com agentes rejuvenescedores e ou ligantes asfálticos novos, ou ainda com a incorporação de agregado para correção granulométrica, de espuma de asfalto ou de emulsões asfálticas e até de cimento Portland.

### 2.5.1 Um breve histórico

Em 1915, nos Estados Unidos iniciou-se a técnica de reciclagem de pavimentos. Até meados da década de 30, reciclava-se grande parte da pavimentação, porém, com o aumento da oferta de asfalto no mercado, tornou-se mais viável a construção de um novo revestimento do que reciclar, com isso houve uma redução significativa da técnica de reciclagem. (KANDHAL; MALLICK, 1997 apud CASTRO, 2003). Foi no final dos anos 80, com a constatação que as fontes de

petróleo e outras matérias-primas além de escassas não se renovaram, que o termo Reciclagem destacou-se. A preocupação com o meio ambiente rapidamente demonstrou que outros métodos deveriam ser utilizados. A primeira experiência de reciclagem realizada no Brasil, segundo CASTRO (2003), foi em 1960, pela Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Os revestimentos betuminosos das ruas eram removidos através de martelete e então eram levados para a usina, para serem misturados novamente. Este processo de reciclagem perdurou até meados de 2014. De acordo com o histórico de reciclagem das rodovias no Brasil, a primeira rodovia a ser reciclada foi a Anhanguera, no trecho entre São Paulo e Campinas, no ano de 1985. (CAMPOS, 1987; MELLO; CAMERATO, 1995).

A reciclagem *in situ* do revestimento asfáltico foi realizada pela primeira vez no Brasil pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) em 1993 com utilização de emulsão especial (PINTO *et al.*, 1994).

## 2.5.2 Fresagem

### 2.5.2.1. Definição

Segundo Bernucci (2010): “Fresagem é a operação de corte, por uso de máquinas especiais, de parte ou de todo o revestimento asfáltico existente em um trecho de via, ou até englobando outra camada do pavimento, como forma de restauração da qualidade ao rolamento da superfície, ou como melhoria da capacidade de suporte”.

A figura 9 mostra um equipamento de fresagem



Figura 9 – Fresadora asfáltica. Fonte: <http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2017/09/fresagem-fina-e-microfresagem.html> (acesso em 07/12/2018)

#### *2.5.2.2. Classificação dos tipos de fresagem*

Segundo BONFIM (2011), pode-se classificar a fresagem de pavimentos quanto à espessura de corte (superficial, rasa e profunda) e quanto à rugosidade resultante da pista (Padrão, fina e microfresagem).

#### *2.5.2.3. Fresagem quanto à espessura de corte.*

**Fresagem Superficial:** Conhecida como fresagem de regularização, é destinada apenas a correção de defeitos existentes na superfície do pavimento. Sendo assim, pode ser dispensado o posterior recapeamento da pista, uma vez que a textura obtida permite o rolamento de forma segura, porém não muito confortável, executando-se em pontos específicos onde a desagregação do revestimento remanescente acarrete a formação de buracos (BONFIM, 2011).

**Fresagem Rasa:** A fresagem rasa atinge normalmente as camadas superiores do pavimento, chegando a alguns casos na camada de ligação. Na maioria dos serviços, é aplicada a uma profundidade média de corte em torno de 5 cm.

Esse procedimento é utilizado na correção de defeitos funcionais e em remendos superficiais. É aplicado, principalmente, em vias urbanas, onde se deseja manter o greide do pavimento com relação aos dispositivos de drenagem superficial e obras de arte correntes. (BONFIM, 2011, p. 22).

**Fresagem Profunda:** A fresagem profunda é aquela cujo corte atinge níveis consideráveis, podendo atingir as camadas de ligação, de base e até de sub-base do pavimento. Esse é um procedimento geralmente utilizado em intervenções de reabilitação estrutural, seja por recomposição da estrutura do pavimento ou mesmo, por reciclagem e incorporação do revestimento à base. Visando a segurança e o restabelecimento das condições ideais de atuação dos dispositivos de drenagem

superficial, esta técnica é utilizada para corrigir o greide original das rodovias (BONFIM, 2011, p.22).

#### *2.5.2.4. Fresagem quanto à rugosidade resultante na pista.*

**Fresagem Padrão:** A fresagem padrão (standard) resulta do cilindro originalmente oferecido nos equipamentos. A distância lateral entre os dentes do corte é de aproximadamente 15 mm. A fresagem padrão deve ser seguida da aplicação de uma nova camada de revestimento, devido à rugosidade elevada resultante. (BONFIM, 2011).

**Fresagem Fina:** Este tipo de fresagem, conhecida como “fine milling”, é possibilitada por um menor espaçamento entre os dentes do tambor, aproximadamente 8 mm, resultando sulcos menores e menor rugosidade na pista. (BONFIM, 2011).

“Essa técnica é muito utilizada na regularização das vias, por possibilitar melhores condições de trafegabilidade aos usuários. Em alguns casos, neste tipo de aplicação, pode-se dispensar o posterior recapeamento da pista” (BONFIM, 2011).

**Microfresagem:** A microfresagem (“micro milling”) é resultante de fresagem com cilindro dotado de dentes espaçados lateralmente em aproximadamente 2 a 3mm.

“Consiste na remoção de uma camada muito delgada do revestimento, visando a adequação do perfil longitudinal ou retirada de faixas de sinalização horizontal das pistas, para alteração do layout viário” (BONFIM, 2011).

As figuras 10 e 11 comparam os tipos de fresagem.

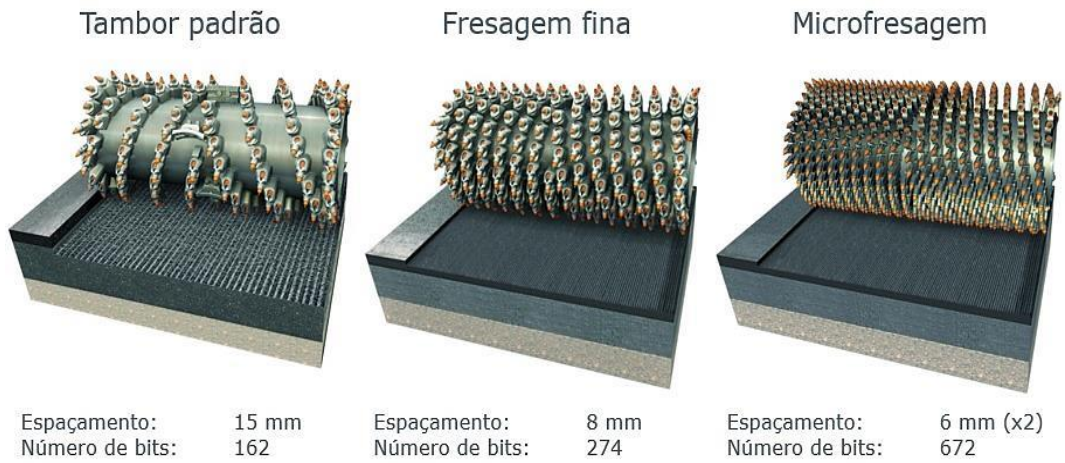


Figura 10 – Tipos de fresagem. Fonte: <http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2017/09/fresagem-fina-e-microfresagem.html> (acesso em 07/12/2018)

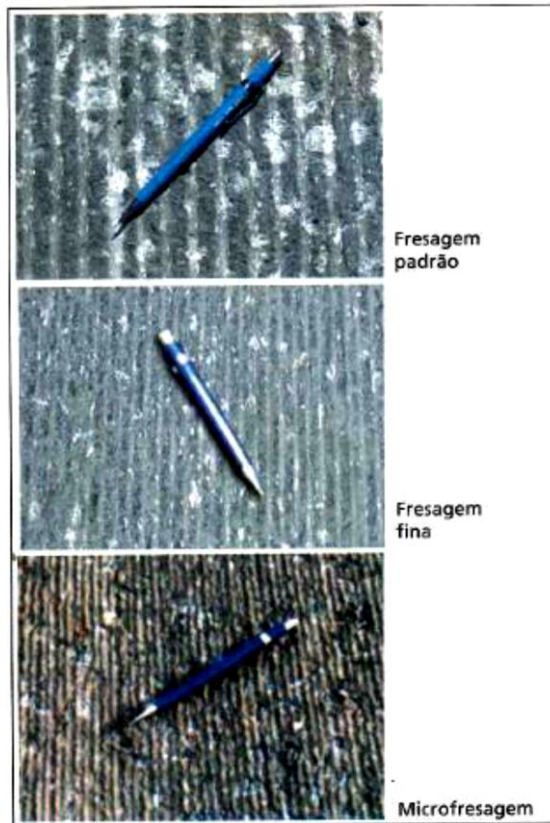


Figura 11 – Comparação entre os tipos de fresagem quanto à rugosidade resultante na pista. Fonte: BONFIM (2010)

### **2.5.3. Tipos de reciclagem**

Há diversas técnicas de reciclagem de pavimentos, sendo os critérios mais relevantes de uma forma geral a temperatura de execução da mistura e o processamento em usina ou no local.

#### *2.5.3.1. Reciclagem a quente*

De acordo com o DNIT (2006), reciclagem a quente é 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 estacionária, podendo no processo incluir a adição de novos agregados, cimento asfáltico e agente rejuvenescedor, sendo o produto final destinado as camadas de base, binder ou rolamento.

Ainda segundo o DNIT (2006), a reciclagem a quente pode corrigir deficiências de misturas betuminosas e pode ser utilizada para aumentar a capacidade estrutural, podendo ser usadas antes de um recapeamento, porem para esse tipo de reciclagem como alternativa de restauração deve ser considerados os seguintes fatores:

- condição do pavimento;
- disponibilidade de equipamentos apropriados;
- comparativo de custos e de energia;
- regulamentação ambiental;
- irregularidade longitudinal;
- trincamento;
- afundamento na trilha de roda;
- aderência;
- desgaste;
- estrutura do pavimento;
- capacidade de tráfego.

### 2.5.3.2. Reciclagem a quente no local

A reciclagem a quente no local ou “in situ” é definida como um processo de correção de defeitos de superfície, através do corte e fragmentação do revestimento asfáltico antigo (geralmente por fresagem), mistura com agente rejuvenescedor, agregado virgem, material ou mistura asfáltica, e posterior distribuição da mistura reciclada sobre o pavimento, sem remover do local original o material a ser reciclado. (DNIT, 2006, p.182).

Este modelo de restauração pode ser considerado, desde que não haja problemas estruturais, de drenagem ou de qualidade dos materiais constituintes do pavimento, podendo ser utilizada para defeitos de desagregações, corrugações, afundamentos nas trilhas de roda, locais de baixa aderência, exsudações e locais com problemas de declividade transversal (DNIT, 2006).

A figura 12 mostra um esquema de equipamento de reciclagem a quente no local

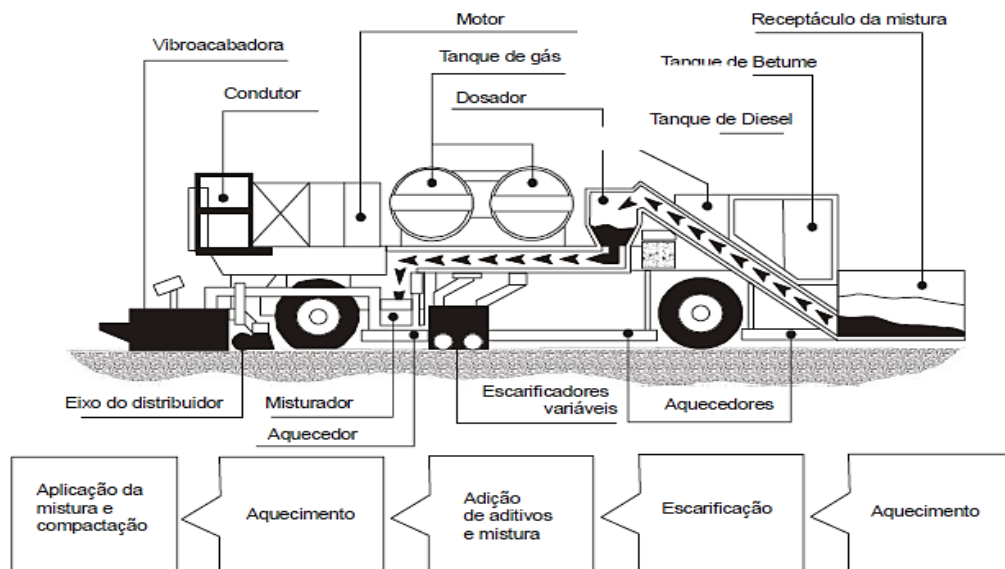


Figura 12 - Esquema do equipamento de reciclagem a quente no local. Fonte: DNIT (2006)

### 2.5.3.3. Reciclagem a quente em usinas estacionárias

A reciclagem a quente em usinas estacionárias é um processo no qual uma parte ou toda a estrutura do revestimento é removida e reduzida, geralmente através de fresagem à frio, e posteriormente transportada para ser misturada e recuperada em usina de asfalto.

O processo inclui a adição de novos agregados, material de enchimento, CAP e, se necessário, um agente rejuvenescedor. (DNIT, 2006, p.184)

Segundo o DNIT (2006), para produzir uma mistura asfáltica reciclada a quente com sucesso, podem ser utilizadas tanto as usinas do tipo intermitente (gravimétrica), como as usinas do tipo tambor - misturador (*drum-mixer*).

De acordo com Kandhal e Mallick, comumente se utiliza de 10 a 35 % do material removido do pavimento na composição da mistura reciclada nas usinas gravimétricas, podendo em alguns casos utilizar até 50%. Nas usinas *drum mixer* o aproveitamento do material removido geralmente é de 30 a 50%, podendo chegar até 70%.

Segundo o DNIT (2006) a porcentagem de material removido utilizado é cerca de 30% para as usinas gravimétricas e 50% para usinas *drum-mixers*, sendo para maior proporção de material removido temperaturas extremamente altas dos agregados, não sendo geralmente viáveis economicamente.

As figuras 13 e 14 mostram o esquema de uma usina de reciclagem a quente gravimétrica e *drum mixer* respectivamente

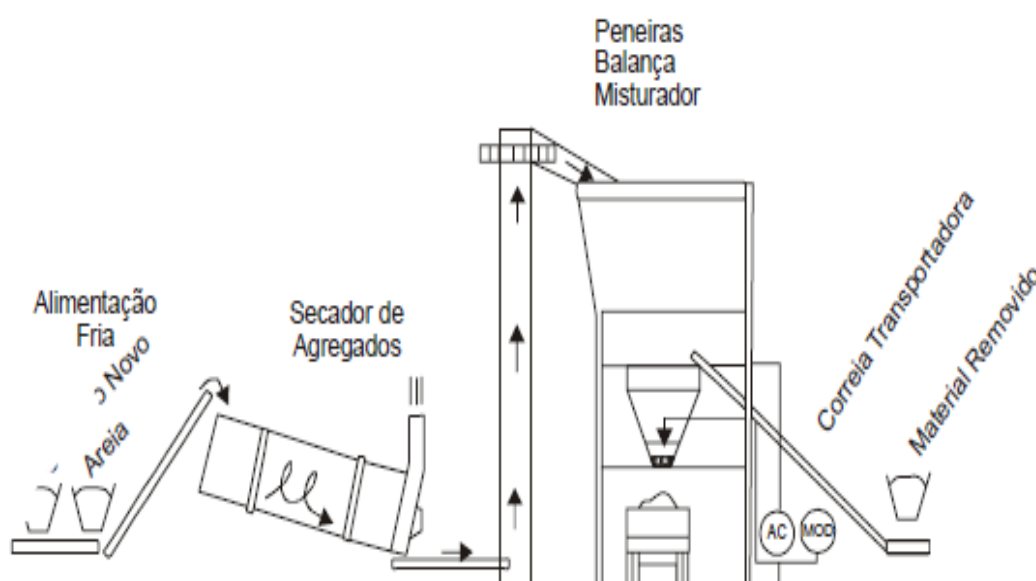


Figura 13 - Operação de usina intermitente (gravimétrica) na reciclagem a quente. Fonte: DNIT (2006)

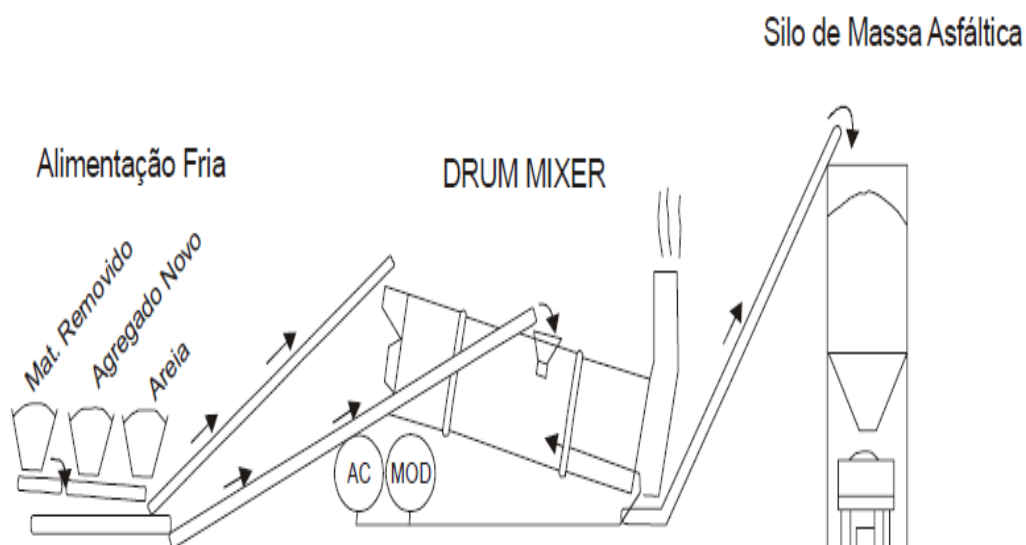


Figura 14 - Operação de usina drum mixer (tambor-misturador) na reciclagem a quente.

Fonte: DNIT (2006)

#### 2.5.3.4. Reciclagem a frio

Segundo Wirtgen (2012), a reciclagem a frio é o termo usado para a recuperação e reutilização de materiais de pavimento existente, sem adição de calor.

O DNIT (2006) define reciclagem a frio como um processo no qual toda a estrutura do pavimento, ou parte dela, é removida e reduzida a dimensões apropriadas para depois ser misturada a frio no próprio local ou em usina, podendo ser adicionados materiais betuminosos (emulsão asfáltica), agregados, agentes rejuvenescedores ou estabilizantes químicos, sendo a mistura final utilizada em camada de base, que deverá ser revestida com um tratamento superficial ou uma mistura asfáltica antes de ser submetida à ação direta do tráfego.

#### 2.5.3.5. Reciclagem a frio em usinas estacionárias

A reciclagem em usina possibilita que os materiais de um pavimento existente sejam selecionados e tratados previamente, assim aumentando o nível de confiança que pode ser alcançado no produto final, tendo como principal vantagem,

comparado com o tratamento no local: o controle de insumos e a qualidade da mistura, (WIRTGEN, 2012).

As desvantagens, segundo DNIT (2006) são os transportes adicionais, os custos de execução adicionais e os maiores prazos de construção

As figuras 15 e 16 mostram o funcionamento de uma usina de reciclagem a frio



Figura 15 operação usina de reciclagem a frio. Fonte: Wirtgen (2016)

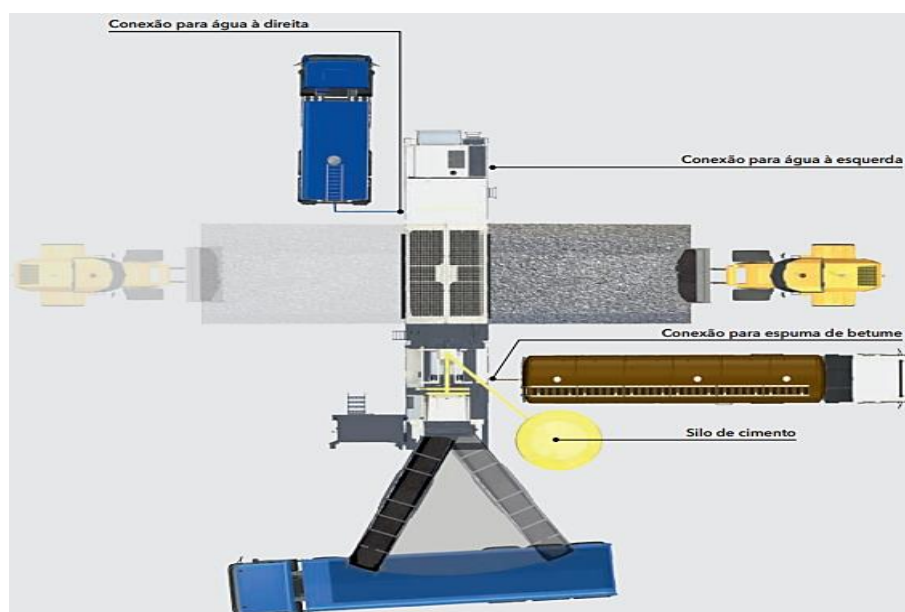


Figura 16 esquema de usina de reciclagem a frio. Fonte: Wirtgen (2016)

### 2.5.3.6. Reciclagem a frio no local

Na reciclagem a frio, no local, o material é fragmentado, misturado com o agente estabilizador (material asfáltico, cimento ou cal) e redistribuído em uma única passada. Em geral, um único equipamento é utilizado para as tarefas de fresagem a frio e estabilização com material asfáltico ou com aditivos químicos (DNIT, 2006).

As figura 17 e 18 mostram dispositivo de reciclagem a frio no local

Segundo o DNIT (2006), as vantagens da mistura no local comparado com o processo em usina são:

- o material não tem que ser transportado para fora da pista;
- o equipamento exigido para o processo é mínimo e proporciona a oportunidade de corrigir rapidamente problemas estruturais e de qualidade do material.

A desvantagem, normalmente, reside na maior dificuldade no controle de qualidade do material misturado.

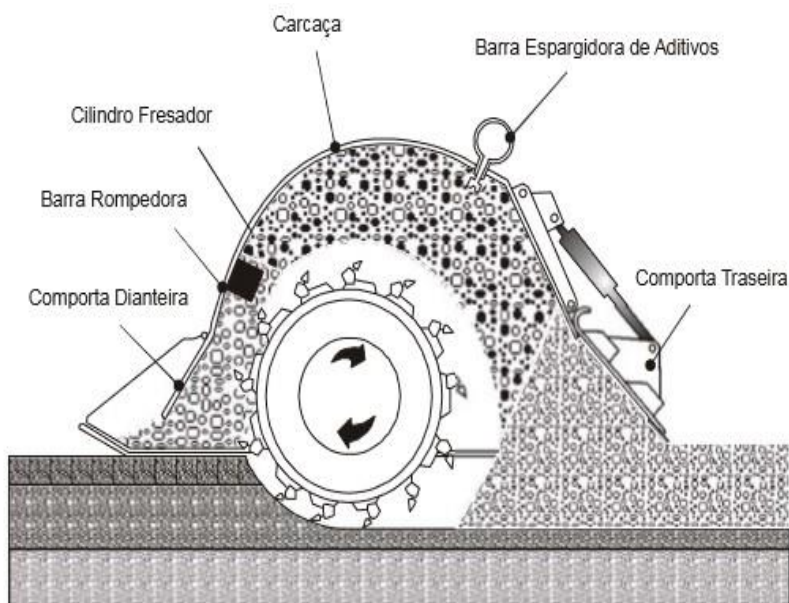


Figura 17– Dispositivo de reciclagem a frio no local. Fonte: DNIT (2006)

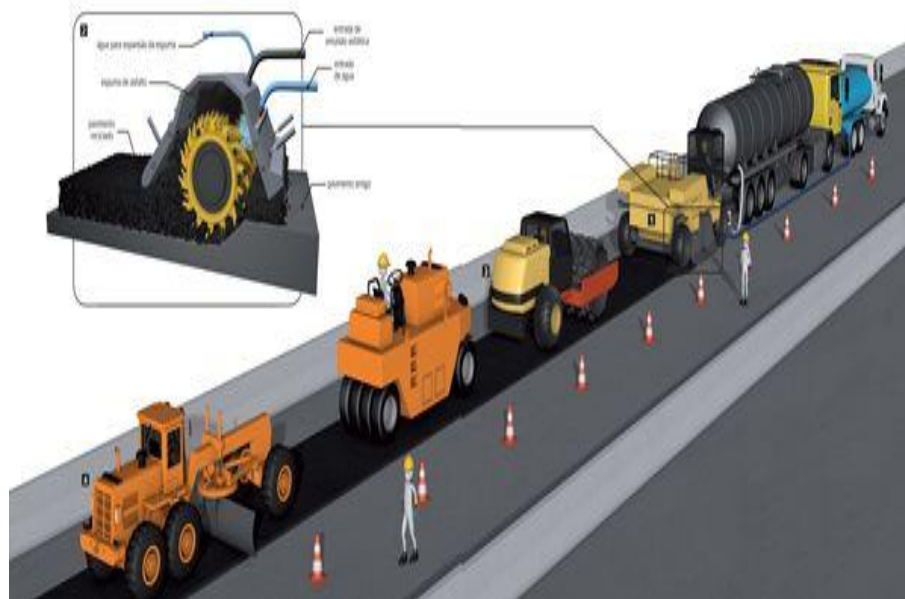


Figura 18 – Mistura reciclada a frio com espuma de asfalto.  
 Fonte: Revista Infraestrutura Urbana (2012)

#### 2.5.4. Vantagens e desvantagens da reciclagem

Segundo COSTA; PINTO (2011), O reaproveitamento dos materiais existentes do pavimento antigo como fonte principal para a construção de pavimentos novos, pode gerar benefícios como:

- Evitar a exploração excessiva de jazidas minerais, já tão escassas em algumas regiões do país;
- Eliminar os depósitos, em aterro, dos materiais retirados do pavimento;
- Diminuir a extração de agregados das pedreiras existentes com todas as vantagens ambientais daí resultantes.

O DNIT (2006) enfatiza a reciclagem dos pavimentos existentes como uma solução para muitos problemas e oferece inúmeras vantagens em relação a utilização convencional de materiais virgens, podendo ser citados as seguintes:

- conservação de agregados, de ligantes e de energia;
- preservação do meio ambiente; e
- restauração das condições geométricas existentes.

Pode-se citar como desvantagem da aplicação das soluções de reciclagem, o emprego de mão de obra especializada, o difícil acesso das máquinas às obras distantes dos grandes centros urbanos – como, por exemplo, a Amazônia –, e a necessidade da análise econômica para serviços realizados em diferentes regiões, observando-se as devidas peculiaridades. (COSTA; PINTO, 2011)

### **3. CONCLUSÃO**

A degradação dos pavimentos, decorrente das patologias está relacionada à falta de manutenção, com isso acaba afetando a trafegabilidade nas rodovias e, conseqüentemente, gerando insegurança aos seus usuários. Os materiais virgens, utilizado no processo de manutenção das rodovias, estão se tornando escassos, fato que contribui para um custo mais elevado, além de causar impacto ambiental.

Através dessa perspectiva, considerando-se as técnicas de reciclagem, o material removido, que antes era considerado um entulho problemático, passa a ser um excelente produto para a reciclagem, sem prejuízo da qualidade final. A reciclagem permite, assim, ao pavimento primitivo um ciclo de vida maior, além de poupar os recursos naturais da região. As vantagens do processo de reaproveitamento do material fresado se sobrepõem as suas desvantagens e dessa forma, espera-se que o emprego dessa solução tenha um aumento substancial no decorrer dos anos.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASFALTO DE QUALIDADE. Fresagem fina e microfresagem. Disponível em: <<http://asfaltodequalidade.blogspot.com/2017/09/fresagem-fina-e-microfresagem.html>> Acesso em 07/12/18

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

BERNUCCI, L.B., MOTTA LMG, CERATTI JAP, SOARES JB. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2010.

BONFIM, V. **Fresagem de Pavimentos Asfálticos**. São Paulo: Exceção Editorial, 2011.

CAMPOS, O.S. **Serviços de reciclagem de pavimentos realizados nas rodovias da DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A.** In: 22 Reunião Anual de Pavimentação. Anais... Maceió. 1987

CASTRO, L. N. de **Reciclagem à Frio "in situ" com Espuma de Asfalto**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2003.

COSTA, C.; PINTO, S. O uso de reciclagem de pavimentos como alternativa para o desenvolvimento sustentável em obras rodoviárias no Brasil. São Paulo: **Revista Engenharia**, ed. 602, p. 96-102, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. (2003). **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos**. Terminologia. DNIT 005/2003 – TER

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. (2006). **Manual de Pavimentação Publicação IPR – 719**

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. (2006). **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos Publicação IPR – 720**

FERREIRA, F. A. **Análise do dimensionamento de pavimentos asfálticos utilizando o programa SISPAVBR**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

FLATOUT. Cinco fatores que tornam o asfalto brasileiro tão ruim. Disponível em: <<https://www.flatout.com.br/cinco-fatores-que-tornam-o-asfalto-brasileiro-tao-ruim/>> Acesso em 12/09/18

<http://media.motonline.com.br/2017/09/asfalto-no-brasil-1.jpg> (acesso em 12/09/2018 02:11)

KANDHAL, P. S.; MALLICK, R. B. FHWA. **Pavement Recycling Guidelines for State and Local Governments**. Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation. FHWA-SA-98-042. Washington, 1997.

MELLO, L.G.; CAMERATO C.R. **Reciclagem asfáltica da via Anhanguera- Relato de uma experiência pioneira**. In: 29 Reunião Anual de Pavimentação. Anais... Cuiabá, 1995.

PINTO, S. *et al.* **Pré-misturado a frio reciclado *in situ***. In: 12º Encontro de Asfalto do Instituto Brasileiro de Petróleo. Anais... Rio de Janeiro, 1994.

REVISTA INFRAESTRUTURA URBANA (edição 22 – Junho 2012). **Restauração de pavimento com espuma de asfalto**. Disponível em:  
<<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/22/restauracao-de-pavimento-com-espuma-de-asfalto-mistura-reciclada-275138-1.aspx>> Acesso em 03/03/2019

WIRTGEN GROUP (2012). **Manual de Reciclagem a Frio**. Disponível em:  
<[http://media.wirtgen-group.com/media/02\\_wirtgen/infomaterial\\_1/kaltrecycler/kaltrecycling\\_technologie/kaltrecycling\\_handbuch/Cold\\_recycling\\_Manual\\_PT.pdf](http://media.wirtgen-group.com/media/02_wirtgen/infomaterial_1/kaltrecycler/kaltrecycling_technologie/kaltrecycling_handbuch/Cold_recycling_Manual_PT.pdf)> Acesso em 05/03/2019

WIRTGEN GROUP (2016). **Misturador de Reciclagem a Frio Móvel KMA220**. Disponível em:  
<[https://media.wirtgen-group.com/media/02\\_wirtgen/media\\_1/media\\_1\\_product\\_divisions/media\\_1\\_product\\_divisions\\_soil\\_stabilizers\\_\\_cold\\_recyclers/W\\_brochure\\_KMA220-KMA220i\\_0116\\_PT.pdf](https://media.wirtgen-group.com/media/02_wirtgen/media_1/media_1_product_divisions/media_1_product_divisions_soil_stabilizers__cold_recyclers/W_brochure_KMA220-KMA220i_0116_PT.pdf)> Acesso em 20/03/2019