

Misturas asfálticas: Conceituação, Materiais e Dosagem

Conteudista:

Letícia Alberto Borges Madureira

Brasília, maio de 2022.

Misturas asfálticas: Conceituação, Materiais e Dosagem

Módulo 3

Tipos de Revestimentos Asfálticos

Conteudista:

Letícia Alberto Borges Madureira

Brasília, maio de 2022.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas granulométricas de diferentes misturas a quente	2
Figura 2 – Ação da Camada Porosa de Atrito	4
Figura 3 - Esqueleto Mineral SMA	5
Figura 4 - Composições granulométricas comparativas entre um SMA e um CA	5
Figura 5 - Comparativo Faixa C e <i>Gap-Graded</i>	6
Figura 6 - Exemplo de aplicação de microrrevestimento asfáltico	10
Figura 7 - Exemplo de fresadora e de serviço de fresagem em uma rodovia.....	8
Figura 8 - Esquemas de tratamentos superficiais.....	11
Figura 9 - Etapas construtivas do tratamento superficial simples	12



SUMÁRIO

1.	TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS	1
2.	MISTURAS USINADAS	1
2.1	MISTURAS USINADAS A QUENTE	1
2.1.1.	Concreto Asfáltico Denso (CA)	2
2.1.2.	Areia Asfalto Usinada a Quente (AAUQ).....	3
2.1.3.	Camada Porosa de Atrito (CPA)	3
2.1.4.	Stone Matrix Asphalt - SMA	4
2.1.5.	Gap - Graded	6
2.2	MISTURAS USINADAS A FRIO	6
3.	MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS	7
4.	MISTURAS <i>IN SITU</i> - USINAS MÓVEIS	8
2.4.1	Lama Asfáltica	9
2.4.2	Microrrevestimento asfáltico.....	9
5.	TRATAMENTOS SUPERFICIAIS	10
6.	REFERÊNCIAS.....	13

1. TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Os pavimentos rodoviários são estruturas de múltiplas camadas, sendo o revestimento a camada que se destina a receber a carga dos veículos e mais diretamente a ação climática (BERNUCCI *et al.*, 2008).

São três os principais tipos de pavimentos em uso na atualidade. O mais usual, principalmente no Brasil é o pavimento flexível, que é construído a partir de bases granulares com o revestimento com material asfáltico. Também existe o pavimento semirrígido, que se diferencia por ter uma base cimentada, mantendo o revestimento flexível com material asfáltico. O terceiro tipo envolve os Pavimentos Rígidos, em que o revestimento é constituído por placas rígidas de concreto.

Neste curso, tratamos dos revestimentos flexíveis, construídos com materiais asfálticos, que aqui serão denominados revestimentos asfálticos. Sua fabricação pode ser realizada em uma usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou ainda preparadas na própria pista (para tratamentos superficiais).

Os revestimentos são também identificados quanto ao tipo de ligante: a quente com uso de Cimento Asfáltico de Petróleo – CAP ou a frio com uso de Emulsões Asfálticas de Petróleo - EAP.

2. MISTURAS USINADAS

A mistura de agregados e ligantes é realizada em usina estacionária, posteriormente é transportada por caminhões até a pista e lançada em vibroacabadora. Em seguida, a massa é compactada até atingir um grau de compactação que resista às deformações permanentes e elásticas decorrentes da passagem do tráfego.

2.1 MISTURAS USINADAS A QUENTE

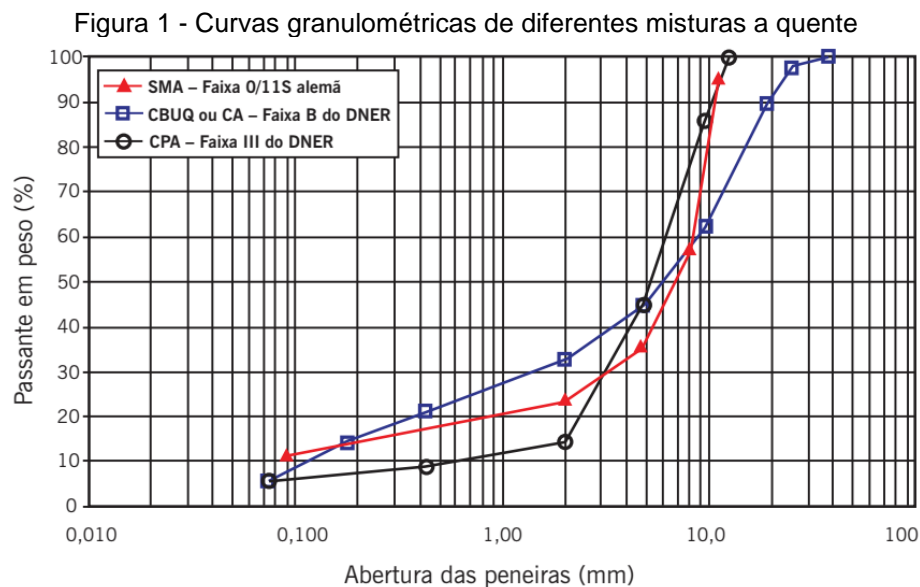
As misturas usinadas “a quente” podem ser abertas, descontínuas ou densas/contínuas.

A mistura usinada **aberta** possui granulometria uniforme com agregados quase que exclusivamente do mesmo tamanho. O esqueleto mineral possui muitos vazios interconectados, o que possibilita a percolação de água no interior da mistura. Um exemplo é a camada porosa de atrito (CPA) ou mistura asfáltica drenante.

A mistura usinada **descontínua** possui a granulometria com grãos de maiores dimensões em quantidade dominante completados por agregados finos. A curva granulométrica é descontínua em algumas peneiras. Como exemplos: a *Stone Matrix Asphalt* - SMA e a mistura *Gap-Graded* (sem agregados de certa graduação).

A mistura **densa**, ou contínua, possui uma granulometria bem contínua e bem graduada. O esqueleto mineral possui poucos vazios devido à variação granulométrica. Os agregados menores preenchem os vazios dos agregados maiores. O exemplo principal é o Concreto Asfáltico (CA).

A Figura 1 mostra o gráfico de três diferentes curvas granulométricas de misturas do tipo SMA, CA e CPA.



2.1.1. Concreto Asfáltico Denso (CA)

O concreto asfáltico convencional é uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (fíler), se necessário, e CAP, espalhada e compactada a quente. As especificações do serviço estão em NORMA DNIT 031-2006-ES.

O concreto asfáltico especial pode ser do tipo modificado por polímero ou com asfalto-borracha ou ser produzido com asfalto duro, em mistura de módulo elevado, conhecida como *Enrobé à Module Élevé* - EME.

As misturas devem ter ligante suficiente para cobrir os agregados, apresentar vazios pós-compactação de 3 a 5 % (rolamento) e de 4 a 6 % (camada intermediária) e apresentar teor de asfalto entre 4,5 e 6 %.

2.1.2. Areia Asfalto Usinada a Quente (AAUQ)

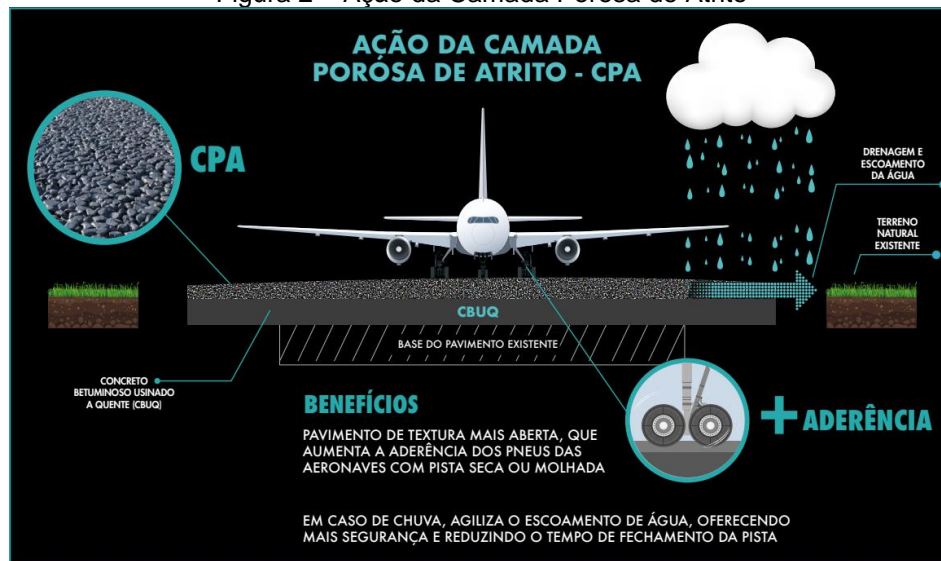
Outro tipo de mistura comumente utilizada, quando não se consegue obter agregados graúdos, é a mistura Areia Asfalto Usinada a Quente. Ela utiliza como revestimento uma argamassa de areia e ligante que terá menor resistência às deformações permanentes e maior consumo de ligante. Para esta mistura pode-se, preferencialmente, utilizar o CAP (a quente) ou a EAP (a frio). As especificações do serviço para ligantes convencionais e com polímero estão em NORMA DNIT 032/2005 - ES.

2.1.3. Camada Porosa de Atrito (CPA)

CPA ou Revestimento Asfáltico Drenante é uma mistura aberta, com grande porcentagem de vazios com ar não preenchidos, possui entre 18 e 25 % de vazios de ar e segue as especificações de serviço conforme norma DNER-ES 386/99 - Pré - misturado a quente com asfalto polímero - camada porosa de atrito.

O CPA deve ser utilizado como camada de rolamento e aplicado sobre uma camada densa e estrutural. Ele promove o aumento da aderência pneu-pavimento em dias de chuva, reduz a lâmina d'água na superfície de rolamento, reduz as distâncias de frenagem e o *spray* (borrifo) de água dos pneus dos veículos, aumentando as distâncias de visibilidade, além de reduzir a reflexão da luz dos faróis noturnos. A ação da CPA em um revestimento asfáltico de um aeroporto é esboçada na Figura 2.

Figura 2 – Ação da Camada Porosa de Atrito



Fonte: Adaptado de INFRAERO, 2020.

A CPA é uma mistura **drenante**, pois permite a passagem de líquidos através de sua estrutura. As misturas apresentam vazios interconectados que permitem que ocorra a percolação da água através da superfície. E é também uma mistura **porosa** porque apresenta vazios que permitem a entrada de água, mas estes não estão conectados. Assim, os fluidos penetram na estrutura, que funciona como uma camada de retenção e são eliminados apenas por evaporação.

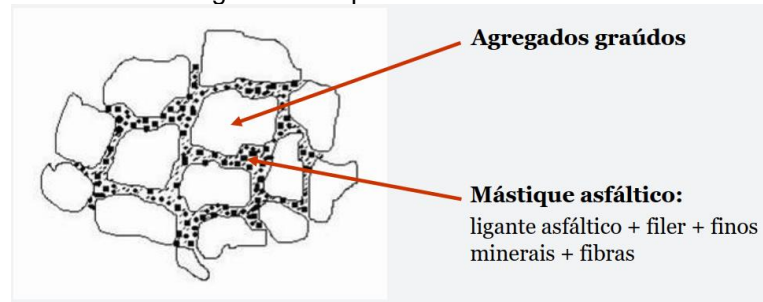
Os ligantes empregados para CPA devem apresentar baixa suscetibilidade térmica e alta resistência ao envelhecimento. O uso do ligante com polímero é uma exigência técnica e os agregados também devem estar dentro das especificações.

2.1.4. Stone Matrix Asphalt - SMA

A Matriz Pétreo de Asfalto, ou SMA, tem o objetivo de maximizar o contato entre os agregados graúdos, aumentando a interação grão a grão. A mistura descontínua possui um grande número de vazios preenchida com mástique asfáltico (areia, fíler, ligante e fibras).

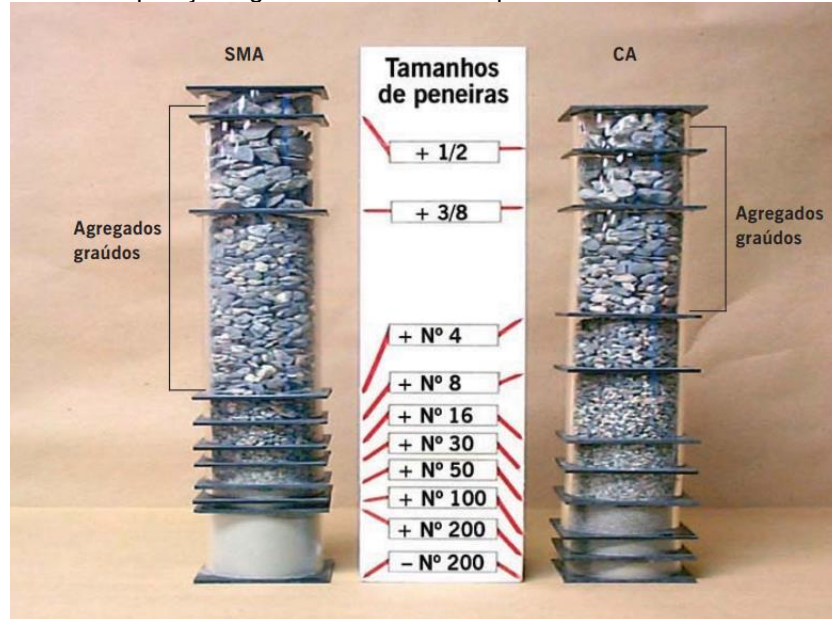
A mistura possui teor de ligante entre 6 e 7,5 %, volume de vazios entre 4 e 6 %, superfície rugosa formando pequenos canais que auxiliam na drenabilidade. Pode ser utilizada como camada de rolamento ou camada de ligação.

Figura 3 - Esqueleto Mineral SMA



Fonte: GARCIA, 2016.

Figura 4 - Composições granulométricas comparativas entre um SMA e um CA



Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008.

O uso de SMA é recomendado em vias de alta frequência de caminhões, interseções, em áreas de carregamento e descarregamento de cargas, em rampas, pontes, paradas de ônibus, pistas de aeroporto, estacionamentos e portos.

A mistura do tipo SMA possui boa estabilidade a elevadas temperaturas, boa flexibilidade a baixas temperaturas, uma elevada resistência ao desgaste, possui elevada adesividade entre agregados minerais e o ligante, boa resistência à derrapagem devido à macrotextura da superfície de rolamento, reduz o *spray* (borrifo) de água e também reduz o nível de ruído entre pneu e pavimento.

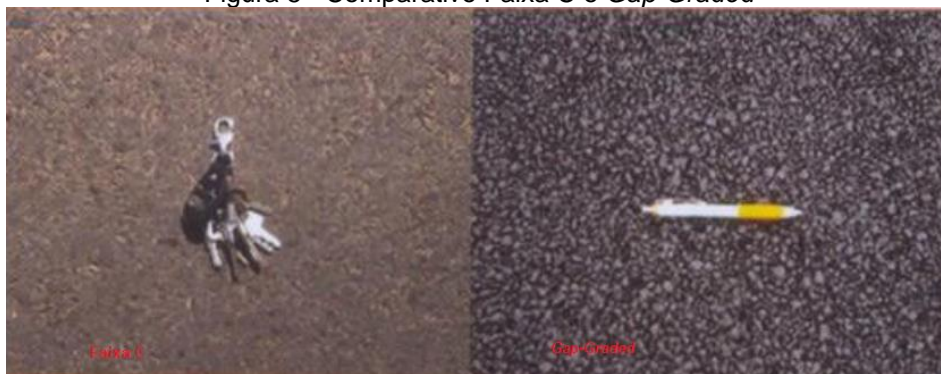
O SMA é especificado pela norma alemã ZTV *Asphalt* StB 94/2001, e apresenta 4 faixas de granulometria utilizadas. Para tráfego pesado são utilizadas as

faixas granulométricas denominadas de 0/11S e 0/8S. A mistura é especificada ainda pela norma americana AASHTO MP 8-02 (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.1.5. Gap - Graded

A mistura do tipo *Gap-Graded* possui graduação com intervalo (*gap*) - descontínua densa, com faixa granulométrica especial com macrotextura superficial aberta ou rugosa, mas sem um teor de vazios elevado. Seu uso vem sendo feito com ligante do tipo asfalto-borracha e é empregado como camada estrutural do revestimento ou como camada de rolamento.

Figura 5 - Comparativo Faixa C e *Gap-Graded*



Fonte: (Adaptado de ABEDA, PETROBRAS; 2009)

Na Figura 5 é possível verificar o aspecto de uma mistura típica *Gap-graded*, executada na Califórnia-EUA, em comparação da Faixa C do DNIT 031/2006-ES.

2.2 MISTURAS USINADAS A FRIO

As misturas do tipo pré-misturadas a frio (PMF) são compostas por agregados graúdos, miúdos e de enchimento, adicionadas de emulsão asfáltica de petróleo (EAP). Elas são indicadas para ruas e estradas de baixo volume de tráfego ou ainda como camada intermediária e em operações de conservação e manutenção.

As camadas de PMF podem ser espalhadas e compactadas à temperatura ambiente (espessuras entre 30 e 70 mm). A execução do PMF é feita com equipamentos mais simples, possui boa trabalhabilidade à temperatura ambiente, boa adesividade, possui fácil estocagem e apresenta flexibilidade elevada.

Pode -se utilizar misturas mais densas com graduação contínua - bem graduada e com baixo volume de vazios ou uma mistura mais aberta - com graduação uniforme e elevado número de vazios.

As especificações para PMF com emulsão catiônica convencional podem ser obtidas na NORMA DNIT 153/2010 - ES. Já as especificações para utilização de emulsões modificadas por polímero podem ser obtidas na norma DNER-ES 390/99.

3.MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS

Quando ocorre a necessidade de restaurar a capacidade de carga de um pavimento deteriorado estruturalmente, pode-se colocar espessuras adicionais de camadas no pavimento ou fresá-lo (corte com equipamento adequado), totalmente ou em parte, para execução de nova camada de revestimento asfáltico. O material gerado no corte, também conhecido como RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), pode ser aproveitado na reciclagem.

Atualmente, há resoluções que dispõe sobre o reaproveitamento do RAP nas obras do DNIT. O reaproveitamento do RAP eventualmente produzido no empreendimento deve ser incluído em projeto e aplicado nas camadas de pavimento a serem construídas ou na execução de novos concretos asfálticos.

A reciclagem de pavimento é o processo de reutilização de misturas asfálticas envelhecidas e deterioradas para produção de novas misturas, aproveitando os agregados e ligantes remanescentes, provenientes da fresagem, com acréscimo de agentes rejuvenescedores, espuma de asfalto, CAP ou EAP novos, quando necessários, e também com adição de aglomerantes hidráulicos (BERNUCCI *et al.*, 2008).

As fresadoras são maquinários especializados em processar o corte no pavimento, utilizando pontas (*bits*) cortantes pela presença de diamantes nas mesmas. A Figura 6 mostra o reaproveitamento do material recolhido em caminhão e a ranhura na superfície resultante do corte com os *bits* fresadores.

Figura 6 - Exemplo de fresadora e de serviço de fresagem em uma rodovia



Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008.

A reciclagem pode ser efetuada a quente com utilização de CAP, agente rejuvenescedor (AR) e agregados fresados aquecidos. Pode também ser realizada a frio com EAP, agente rejuvenescedor emulsionado (ARE) e agregados fresados à temperatura ambiente.

A reciclagem do pavimento pode ser realizada na usina, em processo a quente ou a frio, com transporte do material fresado para a usina. Ela também pode ser realizada no local (*in situ*), com mistura do material fresado no local do corte, seja a quente (com CAP) ou a frio (com EAP), por equipamento específico. A reciclagem também pode ser realizada no local (*in situ*) com espuma de asfalto, conforme detalhado no **Módulo 2, item 4.**

As especificações DNIT 166/2013-ES e DNIT 169/2014-ES indicam os requisitos a serem atendidos pela reciclagem utilizando asfalto espuma no local ou em usina, respectivamente. A especificação DNIT 167/2013-ES traz os requisitos para a reciclagem no local com uso de cimento Portland.

4. MISTURAS *IN SITU* - USINAS MÓVEIS

As misturas *in situ* são realizadas por usinas móveis especiais que promovem a mistura agregados-ligante imediatamente antes da colocação do pavimento. O uso das usinas é indicado em casos de selagem e restauração de algumas características funcionais. São misturas relativamente fluidas, como a lama asfáltica e o microrrevestimento.

2.4.1 Lama Asfáltica

A lama asfáltica é uma mistura fluida de agregados minerais, material de enchimento, fíler, água, EAP e, em alguns casos, aditivos. Muito utilizada para recuperação funcional de pavimentos deteriorados, pode ser empregada como camada de selagem, impermeabilização e na conservação dos pavimentos.

A mistura é processada em usinas especiais móveis, com silos de agregados e emulsões asfálticas catiônicas de ruptura lenta (geralmente LA-1C, LA-2C, RL-1C, LAN, LAR-C), depósitos de água e fíler; que se misturam e são espalhadas em espessuras de 3 a 4mm. Após 2 ou 3h de execução, a compactação pode ser realizada pelo tráfego após a lama asfáltica ter adquirido consistência suficiente para resistir sem desagregar.

As especificações técnicas para sua execução podem ser obtidas na NORMA DNIT 150/2010-ES.

2.4.2 Microrrevestimento asfáltico

O microrrevestimento pode ser considerado uma evolução das lamas asfálticas. Possui o mesmo princípio, porém utiliza emulsões modificadas com polímero para aumentar a sua vida útil. Ele é processado em uma mistura a frio, em usina especial, agregados minerais, fíler, água, emulsão com polímero, eventualmente fibras e aditivos.

Para sua produção utiliza-se geralmente EAP de ruptura controlada modificada por polímero. Inicialmente faz-se a mistura dos agregados com a emulsão agindo como lenta e, após espalhamento, sua ruptura deve ser rápida para permitir a liberação do tráfego em pouco tempo.

Figura 7 - Exemplo de aplicação de microrrevestimento asfáltico



(a) Antes da aplicação

(b) Após a aplicação

Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008.

O microrrevestimento é utilizado para recuperação funcional de pavimentos deteriorados, capa selante, revestimento de pavimentos de baixo volume de tráfego e como camada intermediária de antirreflexão de trincas em projetos de reforço estrutural (BERNUCCI *et al.*, 2008).

As especificações técnicas podem ser obtidas na NORMA DNIT 035/2018-ES - Microrrevestimento asfáltico - Especificação de serviço.

5. TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

Os tratamentos superficiais são revestimentos, obtidos por penetração do agregado ao ligante. O tratamento simples inicia-se com a aplicação de uma camada de ligante em pista, que receberá o agregado espalhado por equipamento específico (distribuidor de agregados). O pavimento recebe então compactação e o ligante penetra de baixo para cima no agregado (penetração “invertida”), conforme Figura 8 e Figura 9.

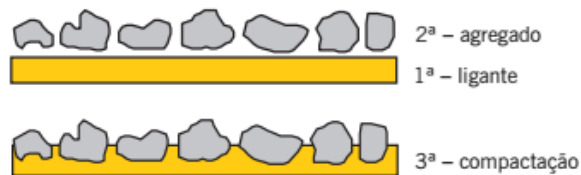
As outras múltiplas camadas se dão da mesma forma: pela aplicação do ligante que penetra de baixo para cima na primeira camada e, nas demais camadas, a penetração é tanto “invertida” como “direta”. Nos tratamentos de camadas múltiplas em geral, a camada é de agregados de tamanhos maiores e eles vão reduzindo sua granulometria à medida que constituem nova camada.

O tratamento superficial tem como função proporcionar uma camada de rolamento de pequena espessura, porém de alta resistência ao desgaste, impermeabilizar o pavimento e proteger a infraestrutura do pavimento, proporcionar um revestimento antiderrapante e de alta flexibilidade que possa acompanhar as deformações relativamente grandes da infraestrutura (BERNUCCI *et al.*, 2008).

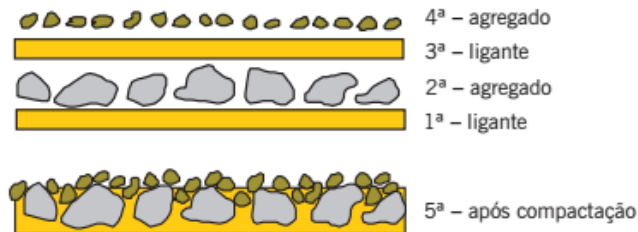
Por ter espessuras entre 5 e 20 mm, o tratamento não aumenta substancialmente a estrutura do pavimento e também não corrige irregularidades da pista.

Figura 8 - Esquemas de tratamentos superficiais

Fases de execução – TSS
(Penetração invertida)



Fases de execução – TSD
(Penetração invertida)



Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008.

Figura 9 - Etapas construtivas do tratamento superficial simples


 Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2008.

TOME NOTA:

Os tratamentos podem ser classificados pela quantidade de camadas sucessivas de ligantes e agregados:

- TSS: Tratamento Superficial Simples;
- TSD: Tratamento Superficial Duplo;
- TST: Tratamento Superficial Triplo.

São ainda considerados tratamentos superficiais para pequenas espessuras:

- a **capa selante** por penetração, que consiste em selar um revestimento betuminoso por espalhamento de ligante betuminoso, com ou sem cobertura de agregado miúdo;
- o **tratamento superficial primário (TAP)**, para controle de poeira (antipó), recomendado para estradas de terra ou de revestimento primário, recebe o espalhamento do ligante de baixa viscosidade e cobertura de agregado miúdo;
- o **macadame betuminoso por penetração (direta)** em aplicações sucessivas de agregado e ligante betuminoso, por espalhamento. Geralmente aplicada em duas camadas, inicia-se pelo agregado mais graúdo e tem espessura acabada maior que 20 mm. É mais utilizado como base ou *binder*, em espessuras maiores que 50 mm.

As especificações técnicas para execução dos tratamentos superficiais podem ser obtidas nas normativas DNIT 146/2012-ES, DNIT 147/2012-ES e DNIT 148/2012-ES, para tratamentos superficiais simples, duplos e triplos, respectivamente. E para os tratamentos com uso de asfalto polímero, as normativas são: DNER-ES 391/99, DNER-ES 392/99 e DNER-ES 393/99.

6.REFERÊNCIAS

- ABEDA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO. Manual Básico de Emulsões Asfálticas. Rio de Janeiro, ABEDA, 2001. 2ª ed. 2010
- ABEDA – PETROBRAS. *Emulsões Asfálticas*. Programa Asfalto na Universidade, 2009.
- BERNUCCI, *et al.* *Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros*. 2008.
- GARCIA, E. S. H. *Comportamento dos materiais empregados na pavimentação: Misturas Asfálticas*. 2016. 54p. Notas de Aula.
- INFRAERO. Reforma do Aeroporto de Congonhas. 2020. Disponível em: <https://www4.infraero.gov.br/obras-na-pista-de-congonhas>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- THIVES, L. P. *Comportamento dos materiais empregados na pavimentação: Ligantes Asfálticos*. 2016. 16 p. Notas de Aula.