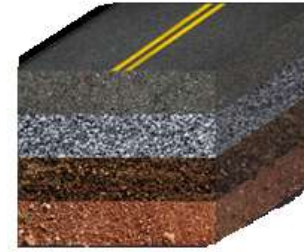


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL PAVIMENTAÇÃO

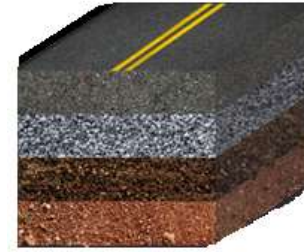
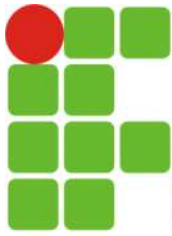


PAVIMENTAÇÃO



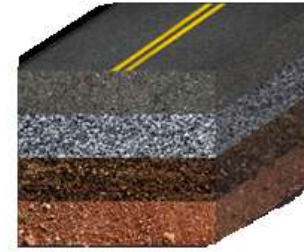
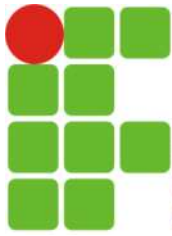
Tipos de revestimentos asfálticos





- Tipos de revestimentos asfálticos – Introdução;
- Pavimento: Estrutura de múltiplas camadas, sendo o revestimento a camada que se destina a receber a carga dos veículos e diretamente a ação climática;
- Camada, tanto quanto possível, impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento.

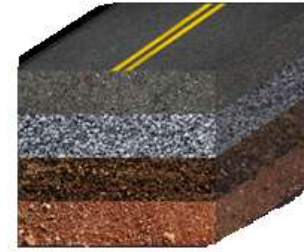
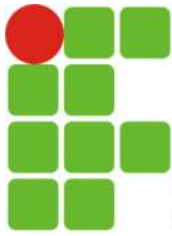




- Tipos de revestimentos asfálticos - Introdução

- Na maioria dos pavimentos Brasileiros usa-se mistura de agregados minerais com ligantes asfálticos:
- Esta mistura deve garantir:
 - Impermeabilidade;
 - Flexibilidade;
 - Estabilidade;
 - Durabilidade;
 - Resistência à derrapagem;
 - Resistência a fadiga e ao trincamento térmico;





- Tipos de revestimentos asfálticos - Introdução

- Requisitos técnicos serão atendidos, considerando o correto dimensionamento, conforme o tráfego, através do projeto adequado da estrutura do pavimento e dosagem da mistura asfáltica.

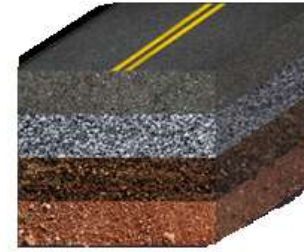
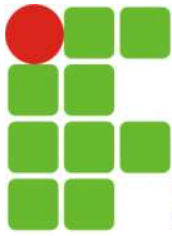


Estrutura

X

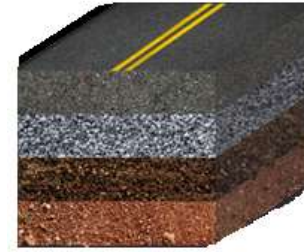
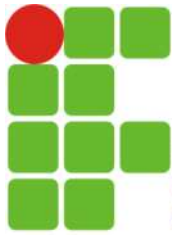
revestimento





- **Tipos de revestimentos asfálticos - Introdução**
- O material pode ser fabricado em usina específica (mistura Usinada) , Fixa ou móvel;
- Pode ser preparado na própria pista (Tratamentos superficiais);
- Podem utilizar ligantes a quente (CAP) ou a frio (EAP);
- As misturas usinadas podem ser separadas quanto à distribuição granulométrica em: densa, aberta e descontínuas.

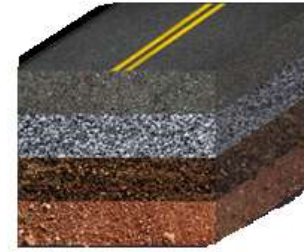
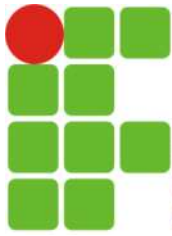




- Misturas Usinadas

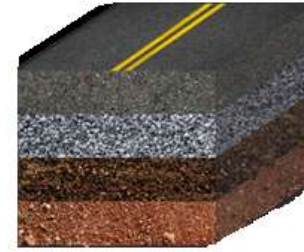
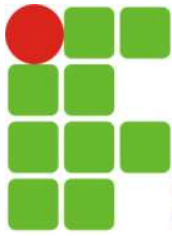
- A mistura de agregados e ligante é realizada em usina estacionária e transportada posteriormente por caminhão para a pista, onde é lançada por equipamento apropriado, denominado vibroacabadora.
- <https://www.youtube.com/watch?v=pPXQBjn7o74>
- <https://www.youtube.com/watch?v=fjzSuBKec2Y>
- Vibroacabadora: https://www.youtube.com/watch?v=OzEmnP0D_18
- Em seguida se procede com a compactação;





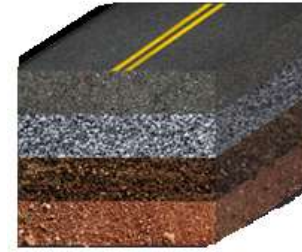
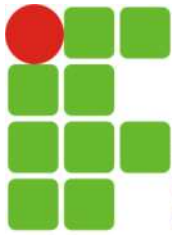
- **Misturas a Quente**
- **Graduação Densa**; Curva granulométrica bem graduada de forma a proporcionar um esqueleto mineral de poucos vazios (CA);
- **Graduação aberta**; Curva granulométrica uniforme com agregados quase exclusivamente de um mesmo tamanho, de forma a proporcionar um esqueleto mineral com muitos vazios com ar, (possibilidade de percolação de água), mistura asfáltica drenante, no Brasil conhecida por camada porosa de atrito (CPA);





- **Misturas a Quente**
- **Graduação Descontínua**: Curva granulométrica com proporcionalidade de grãos de maiores dimensões em quantidade dominante em relação aos grãos de dimensões intermediárias, completadas por certas quantidades de finos, de forma a ter uma curva descontínua em certas peneiras, com o objetivo de tornar o esqueleto mineral mais resistente. Exemplo: Matriz pétreo asfáltica (Stoe Matrix asphalt – SMA)





- Misturas a Quente

PAVIMENTAÇÃO

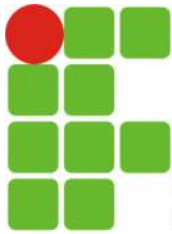


(a) Aberta

(b) Descontínua

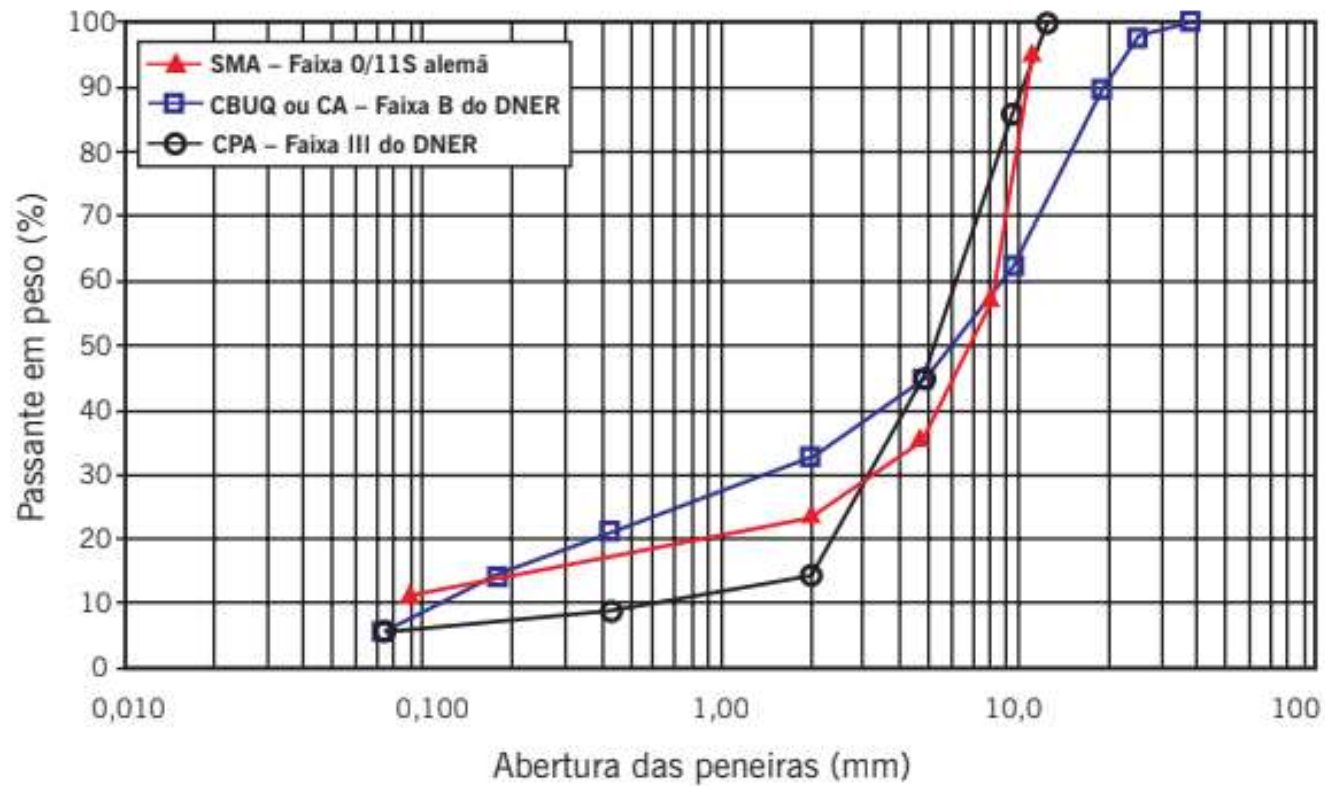
(c) Densa ou bem-graduada

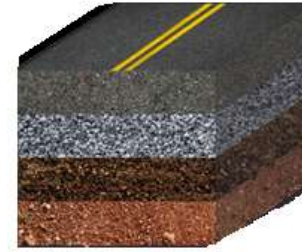
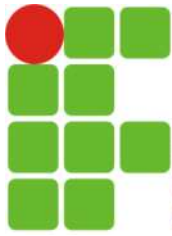




- Misturas a Quente

PAVIMENTAÇÃO





- Misturas a Quente

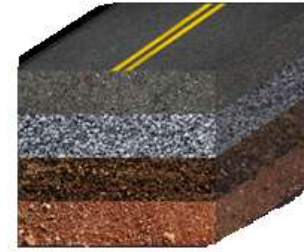
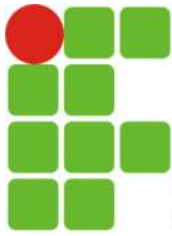


Mistura asfáltica usinada a quente aberta que serve como revestimento drenante

Concreto asfáltico denso

Concreto asfáltico aberto como *binder* ou camada de ligação

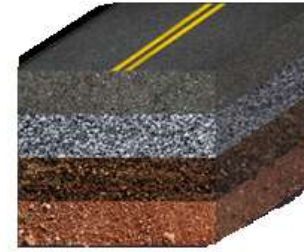
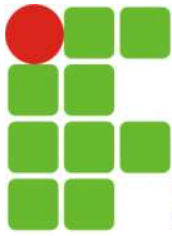




- Misturas a Quente

- Todos os tipos de misturas asfálticas a quente, são utilizados como revestimento de pavimentos de qualquer volume de tráfego, desde muito baixo até o muito elevado;
- Os tipos especiais, SMA e CPA, sempre são colocados sobre outra camada pré-existente de concreto asfáltico, ou outro material, podendo ser até o concreto de cimento Portland.

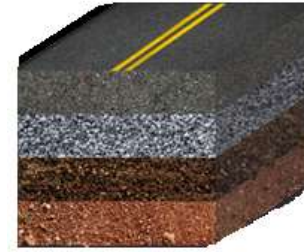
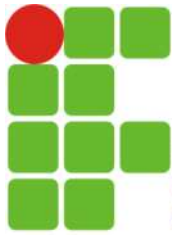




- Misturas a Quente

- Quando a espessura de projeto de revestimento for maior que 70mm, e comum fazer uma subdivisão em duas camadas para fins de execução;
- A superior que fica em contato com os pneus dos veículos é chamada de camada de rolamento ou capa;
- A camada inferior é referida como camada de ligação ou intermediária (ou ainda binder), e pode ser projetada com um índice de vazios ligeiramente maior, com a finalidade de diminuir o teor de ligante e baratear a massa asfáltica.

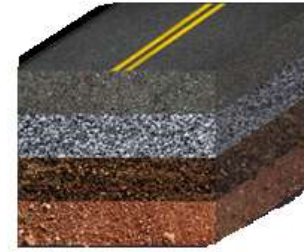
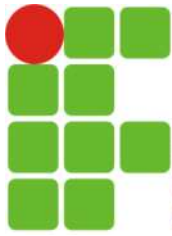




- Concreto asfáltico denso (CA)

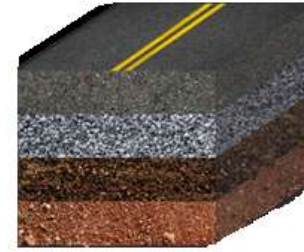
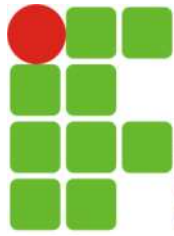
- É uma mistura asfáltica muito resistente, em todos os aspectos, desde que adequadamente selecionados os materiais e dosados convenientemente;
- Pode ser:
 - Convencional: CAP e agregados aquecidos, segundo especificação DNIT 031/2004;
 - Especial quanto ao ligante asfáltico: Com asfalto modificado por polímero ou com asfalto-borracha;





- **Concreto asfáltico denso (CA)**
- Em função do arranjo das partículas com graduação bem-graduada, a quantidade de ligante asfáltico requerida para cobrir as partículas e ajudar a preencher os vazios não pode ser muito elevada;
 - Vazios entre 3 a 5% no caso de camada de rolamento;
 - Vazios entre 4 a 6% para camadas intermediárias ou de ligação;
- CA densos, são as misturas asfálticas usinadas a quente mais utilizadas como revestimentos asfálticos de pavimentos no Brasil.

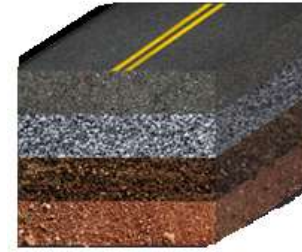
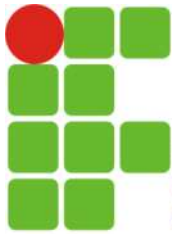




- Camada porosa de atrito ou revestimento asfáltico drenante (CPA)

- As misturas asfálticas tipo CPA, mantêm uma grande porcentagem de vazios com ar não preenchidos, graças às pequenas quantidades de filler, de agregado miúdo e de ligante asfáltico.
- Normalmente entre 18 a 25% de vazios com ar;
- CPA é empregada como camada de rolamento com a finalidade funcional de aumento de aderência pneu-pavimento em dias de chuva;
- Responsável pela coleta de água de chuva para o seu interior;
- Promove uma rápida percolação da mesma devido à sua elevada permeabilidade, até a água alcançar as sarjetas.





- Camada porosa de atrito ou revestimento asfáltico drenante
(CPA)

PAVIMENTAÇÃO

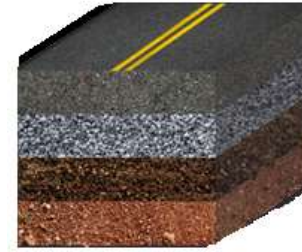
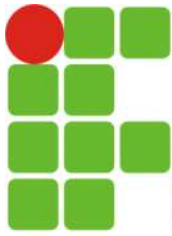


(a) Trecho em CA seguido por trecho em CPA



(b) Trecho em CPA na Bahia





(a) Vista geral da pista



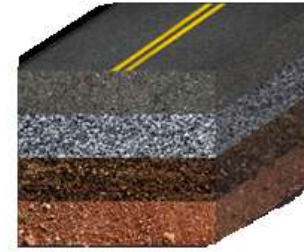
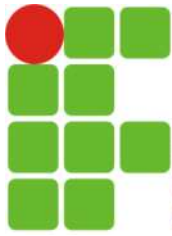
(b) Realização de ensaio de permeabilidade



(c) Textura superficial

Figura 4.9 Aspectos da CPA no Aeroporto Santos Dumont – RJ

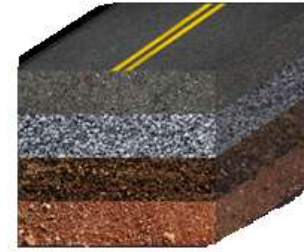
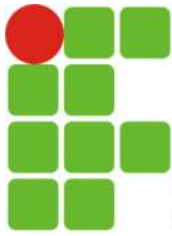
(Fotos: BR Distribuidora)



- Exemplos de aplicação de CPA no Brasil:

- Aeroporto Santos Dumont no Rio de Janeiro: executado em 1999, pavimento superposto, na pista principal, em 2003 foi renovada em função de colmatação dos vazios e perda de capacidade drenante ao final de seis anos de uso intenso;
- Rodovia dos Imigrantes, ligando São Paulo a Santos, em 1998 foi executada uma restauração através de fresagem seguida de recapeamento, com uma espessura de 5cm entre os km 11,5 e 30;
- Rodovia Presidente Dutra, próximo a São Paulo: em 1998, 3 km nas três faixas e no acostamento foi efetuada a fresagem e aplicado CPA com 4 cm de espessura;



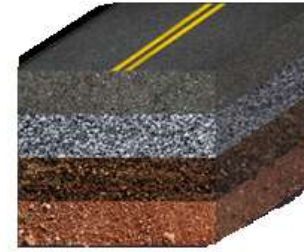
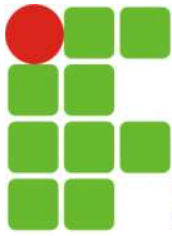


- Concreto Poroso:

<https://www.youtube.com/watch?v=RdINc7tUbpk>;

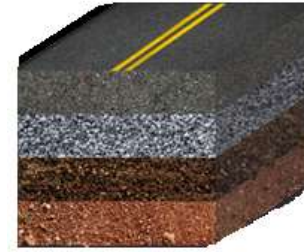
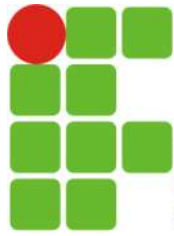
<https://www.youtube.com/watch?v=qrv3q-Q5D7Y>;





- **SMA – Stone Matrix Asphalt (Matriz pétrea asfáltica):**
 - Método alemão, criado em 1968.
 - Desde os anos 80 vem sendo utilizado amplamente na Europa (principalmente na Bélgica, Holanda Suíça, Inglaterra, Espanha entre outros);
 - Em 1990 foi introduzido no Canadá e em 1991 Estados Unidos, atualmente também é utilizado na Ásia e na América Latina;
 - Mais resistência quanto a trincas e deformação permanente;

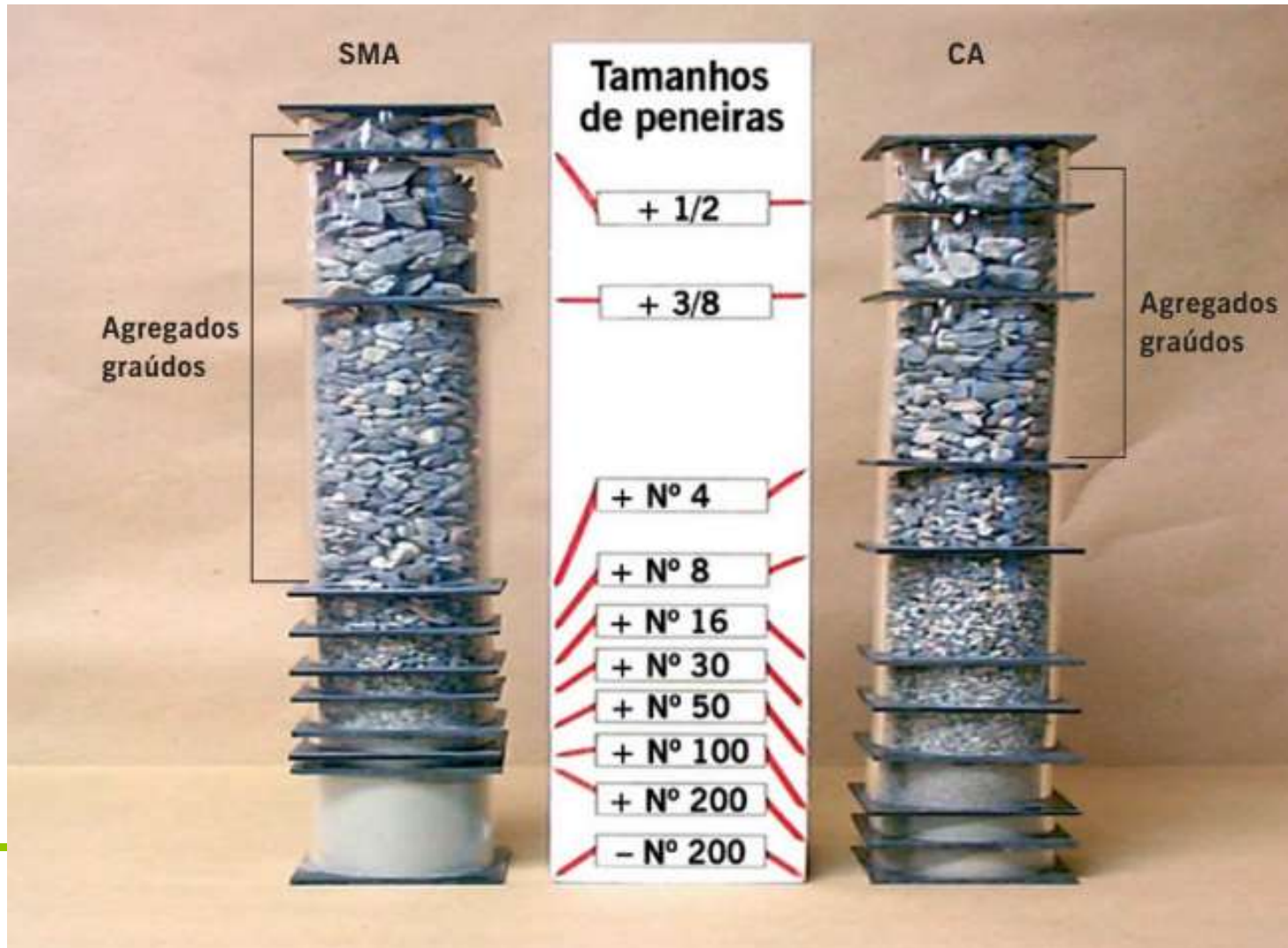
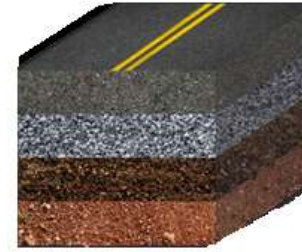
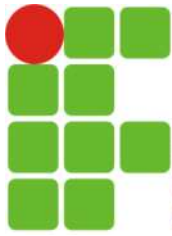


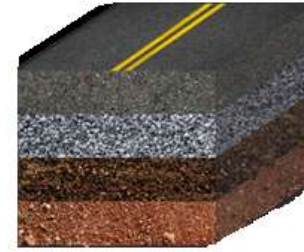
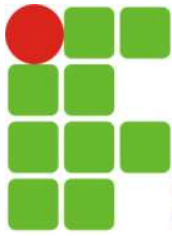


- **SMA – Stone Matrix Asphalt (Matriz pétrea asfáltica):**

- É um revestimento asfáltico, usinado a quente, concebido para maximizar o contato entre agregados graúdos, aumentando a interação grão/grão;
- Caracterizada por conter uma elevada porcentagem de agregados graúdos e, devido a essa particular graduação, forma-se um grande volume de vazios, esse vazio é preenchido por mástique asfáltico, formado pela mistura da fração areia filler, ligante asfáltico e fibras;
- Geralmente aplicado em espessuras variando entre 1,5 a 7cm;
- São misturas que tendem a ser impermeáveis;



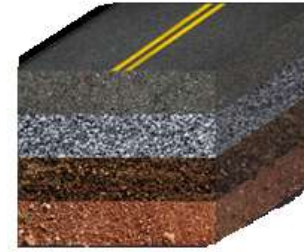
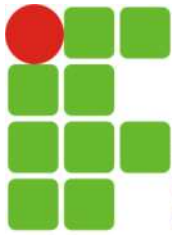




- SMA – Stone Matrix Asphalt (Matriz pétrea asfáltica):

- Boa drenabilidade superficial;
- Aumento de aderência pneu-pavimento em dias de chuva;

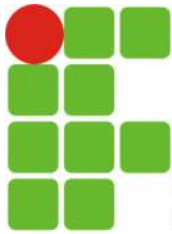




- Gap-graded

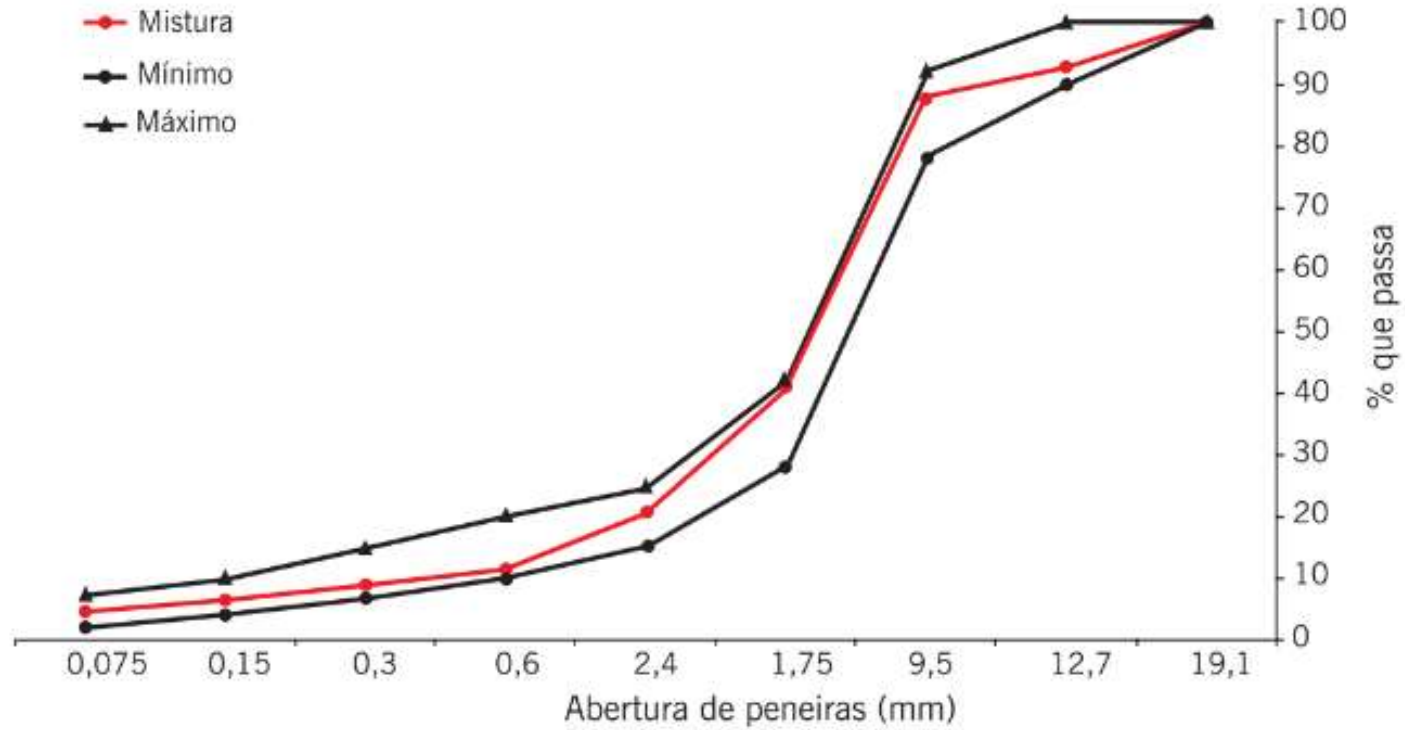
- Graduação com intervalo;
- Macrotextura superficial, aberta ou rugosa;
- Bastante utilizada com asfalto borracha;

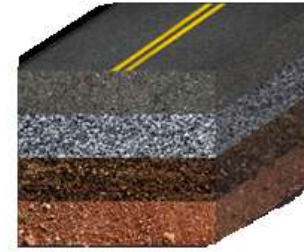
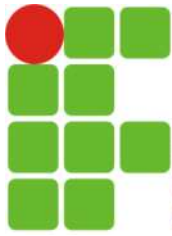




- Gap-graded

PAVIMENTAÇÃO

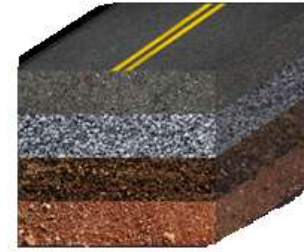
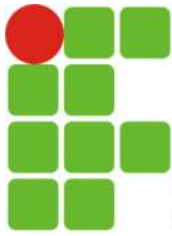




- AAUQ – Areia asfalto usinada a quente

- Argamassa de agregado miúdo (Areia, ligante e filler);
- Utilizado em regiões com dificuldade em se produzir agregado graúdo;
- Maior consumo de ligante do que os concretos asfálticos convencionais;
- Normalmente utilizado em rodovias de tráfego não muito elevado;
- Baixa resistência às deformações permanentes;

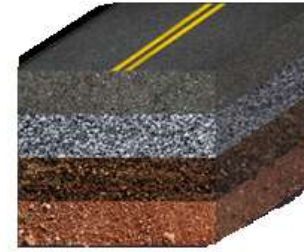
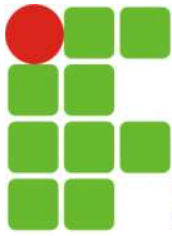




- Misturas asfálticas usinadas a frio (PMF).

- Consistem em misturas usinadas de agregados graúdos, miúdos e de enchimento, misturados com emulsão asfáltica de petróleo (EAP) à temperatura ambiente;
- Dependendo do local da obra, podem ser utilizadas para misturar os PMFs: Usinas de brita, usinas de concreto asfáltico sem ativar o sistema de aquecimento dos agregados, pode-se até lançar mão de betoneiras comuns de preferência as de eixo horizontal.

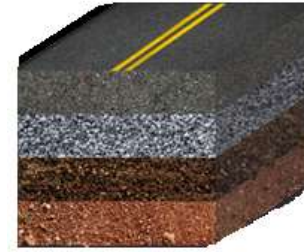
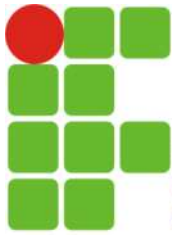




- Misturas asfálticas usinadas a frio (PMF).

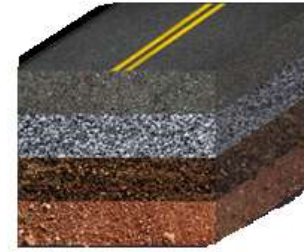
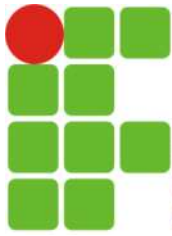
- O PMF pode ser usado como revestimento de ruas e estradas de baixo volume de tráfego, ou ainda como camada intermediária (com CA superposto) e em operações de conservação e manutenção, podendo ser:
 - Denso: Graduação contínua e bem-graduado, com baixo volume de vazios;
 - Aberto – Graduação aberta, com elevado volume de vazios.





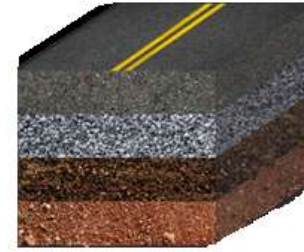
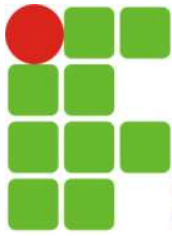
- **Misturas asfálticas usinadas a frio (PMF):**
 - **Permeabilidade:**
 - Vazios $\leq 12\%$ - apresenta baixa permeabilidade, podendo ser usado como revestimento;
 - Vazios $> 12\%$ - apresenta alta permeabilidade, necessitando uma capa selante caso seja usado como única camada de revestimento. Quando $> 20\%$ pode ser usado como camada drenante.





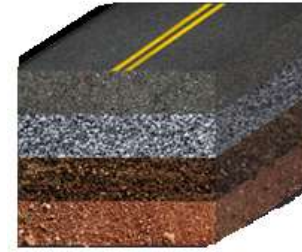
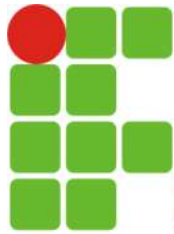
- **Misturas asfálticas usinadas a frio (PMF):**
 - **Camadas:**
 - Os PMFs podem ser usados em camada de 30 a 70mm de espessura compactada, dependendo do tipo de serviço e da granulometria da mistura. Espessuras maiores devem ser compactadas em duas camadas.
 - Camadas devem ser espalhadas e compactadas à temperatura ambiente.





- **Misturas asfálticas usinadas a frio (PMF):**
 - **Camadas:**
 - O espalhamento pode ser feito com vibroacabadora ou até mesmo com motoniveladora, o que é conveniente para a pavimentação urbana de ruas de pequeno tráfego.

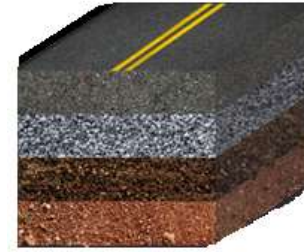
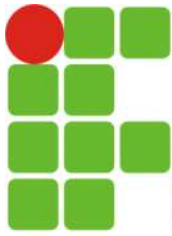




- **Misturas asfálticas usinadas a frio (PMF):**
 - **Faixas granulométricas recomendadas pelo DNIT para pré-misturados a frio (DNER-ES 317/97):**

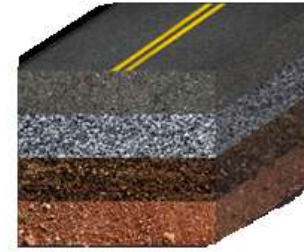
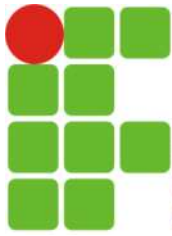
Peneiras		Faixas				
		Porcentagem em massa, passando				
ABNT	Abertura (mm)	A	B	C	D	Tolerância
1"	25,4	100	–	100	–	±7,0%
¾"	19,0	75–100	100	95–100	100	±7,0%
½"	12,5	–	75–100	–	95–100	±7,0%
3/8"	9,5	30–60	35–70	40–70	45–80	±7,0%
Nº 4	4,8	10–35	15–40	20–40	25–45	±5,0%
Nº 10	2,0	5–20	10–25	10–25	15–30	±5,0%
Nº 200	0,075	0–5	0–5	0–8	0–8	±2,0%
Teor de asfalto, % sobre o total da mistura		4,0–6,0				±0,3%
Volume de vazios, %		5–30				
Estabilidade, kN, mín.		25 (compactação de 75 golpes por face) 15 (compactação de 50 golpes por face)				
Fluência, mm		2,0–4,5				





- **Misturas asfálticas usinadas a frio (PMF):**
 - **Principais Vantagens:**
 - Uso de equipamentos mais simples;
 - Trabalhabilidade à temperatura ambiente;
 - Boa adesividade com quase todos os tipos de agregados;
 - Possibilidade de estocagem e flexibilidade elevada;

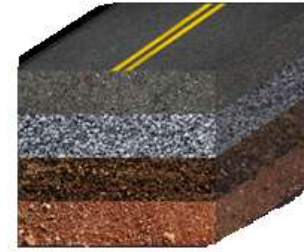
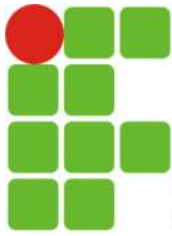




- **Misturas asfálticas Recicladas:**

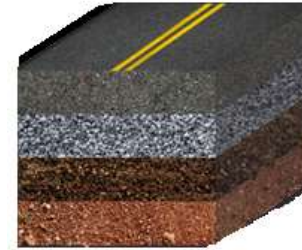
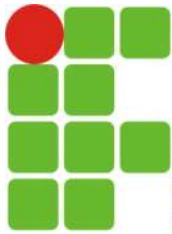
- Quando um pavimento se torna deteriorado estruturalmente, há a necessidade de restaurar sua capacidade de carga através de colocação de espessuras adicionais de camadas ou através do corte de todo ou parte do revestimento deteriorado e execução de nova camada de revestimento asfáltico.
- O material gerado no corte pode ser reaproveitado por reciclagem.





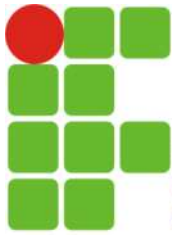
- **Misturas asfálticas Recicladas:**
- **Reciclagem de pavimentos:**
 - É o processo de reutilização de misturas asfálticas envelhecidas e deterioradas para produção de novas misturas, aproveitando os agregados e ligantes remanescentes, provenientes da fresagem, com acréscimo de CAP ou EAP além de agentes rejuvenecedores.





- **Misturas asfálticas Recicladas:**
- **Fresadora:**





- **Misturas asfálticas Recicladas:**
- **Fresadora:**

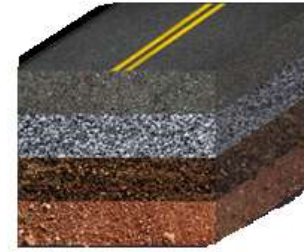
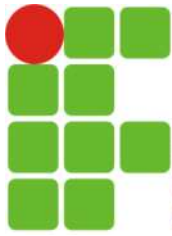


(a) Processo de fresagem e recolhimento do material



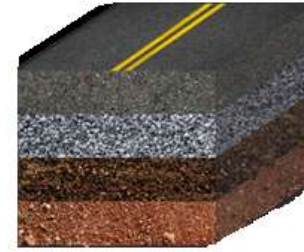
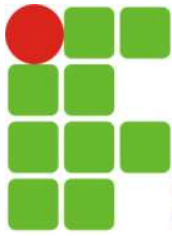
(b) Pista após fresagem





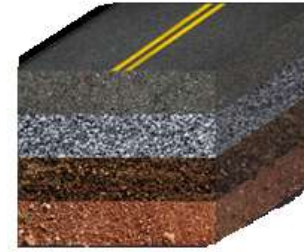
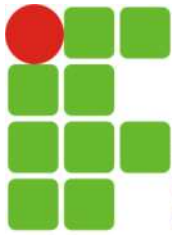
- **Misturas asfálticas Recicladas:**
- **Fresadora:**
- **https://www.youtube.com/watch?v=_Mj2V2jGX4I**





- **Tratamentos superficiais:**
 - Os chamados tratamentos superficiais consistem em aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes.

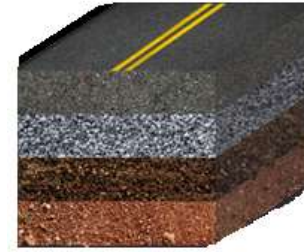
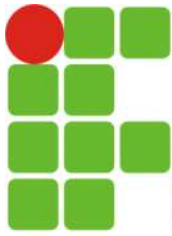




- **Tratamentos superficiais:**

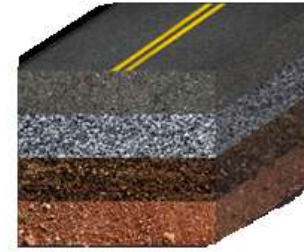
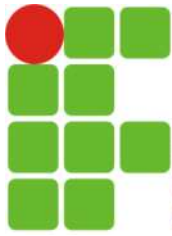
- Larsen (1985): Tratamento superficial por penetração: revestimento flexível de pequena espessura, executado por espalhamento sucessivo de ligante betuminoso e agregado, em operação simples ou múltipla. O tratamento simples inicia-se, obrigatoriamente, pela aplicação única do ligante, que será coberto logo em seguida por uma única camada de agregado. O ligante penetra de baixo para cima no agregado (penetração invertida).





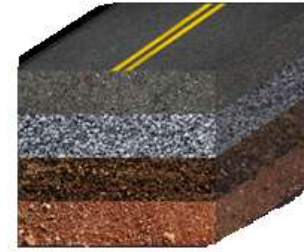
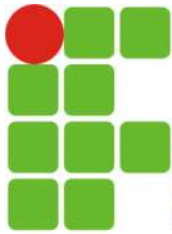
- **Tratamentos superficiais: Principais funções:**
 - Proporcionar uma única camada de rolamento de pequena espessura, porém, de alta resistência ao desgaste;
 - Impermeabilizar o pavimento e proteger a infraestrutura do pavimento;
 - Proporcionar um revestimento antiderrapante;
 - Proporcionar um revestimento de alta flexibilidade que possa acompanhar deformações relativamente grandes da infraestrutura





- **Tratamentos superficiais:**
 - Revestimento de pequena espessura, não aumenta substancialmente a resistência estrutural do pavimento e não corrige irregularidades (longitudinais ou transversais) da pista caso seja aplicado em superfície com esses defeitos

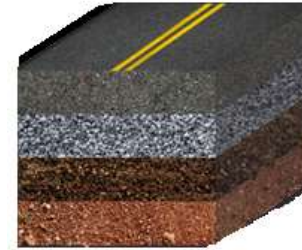
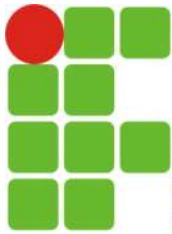




- **Tratamentos superficiais:**

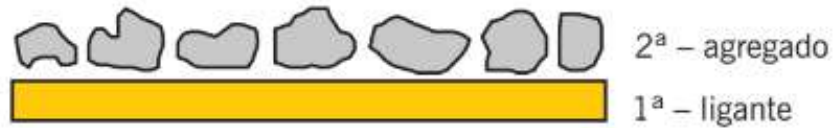
- Podem ser divididos em:
 - TSS – Tratamento superficial simples (anti-pó ou casca de ovo);
 - TSD – Tratamento superficial duplo;
 - TST – Tratamento superficial triplo;



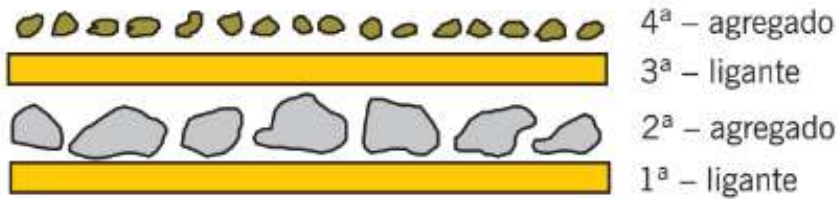


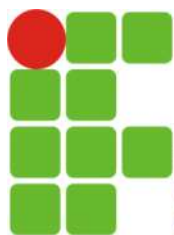
- Tratamentos superficiais:

Fases de execução – TSS
(Penetração invertida)



Fases de execução – TSD
(Penetração invertida)

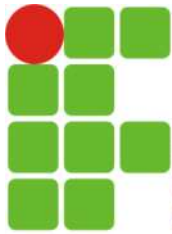




- **Tratamentos superficiais:**
 - **Faixas granulométricas:**

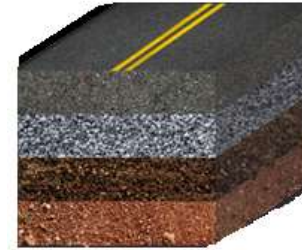
Peneiras		Faixas			Tolerância
ABNT	mm	Porcentagem em massa, passando			
		A 1ª camada	B 1ª ou 2ª camada	C 2ª camada	
1"	25,4	100	-	-	±7,0%
¾"	19,1	90-100	-	-	±7,0%
½"	12,7	20-55	100	-	±7,0%
3/8"	9,5	0-15	85-100	100	±7,0%
Nº 4	4,8	0-5	10-30	85-100	±5,0%
Nº 10	2,0	-	0-10	10-40	±5,0%
Nº 200	0,075	0-2	0-2	0-2	±2,0%





INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

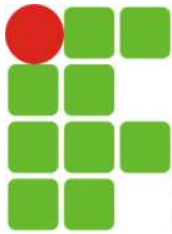
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL PAVIMENTAÇÃO



PAVIMENTAÇÃO

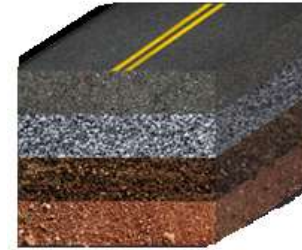
Unidade de transporte e espargimento





INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL PAVIMENTAÇÃO



PAVIMENTAÇÃO





INSTITUTO FEDERAL DE

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL PAVIMENTAÇÃO



PAVIMENTAÇÃO





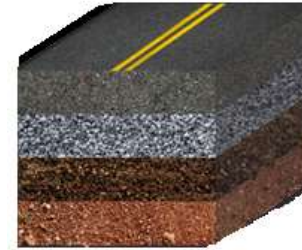
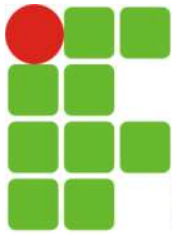
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL PAVIMENTAÇÃO



PAVIMENTAÇÃO





- **Tratamentos superficiais:**

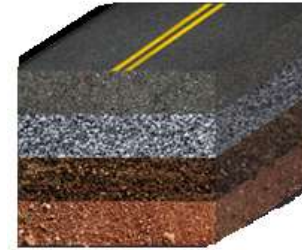
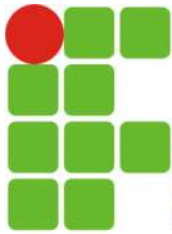


(a) Aplicação de ligante



(b) Distribuição de agregados





- **Tratamentos superficiais:**

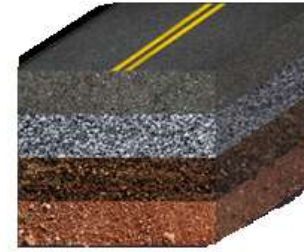
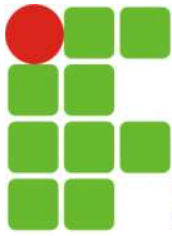


(c) Correção de imperfeições



(d) Compressão dos agregados





- **Tratamentos superficiais:**

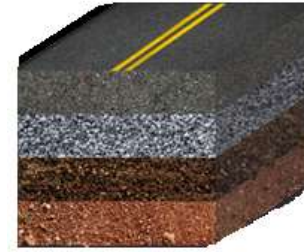
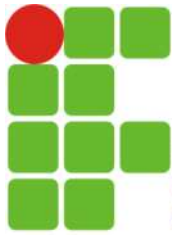


(e) Aspecto superficial



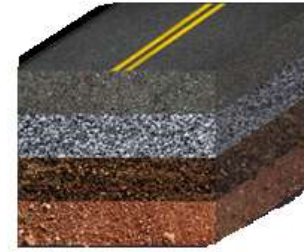
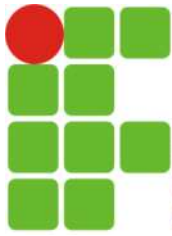
(f) Vista geral





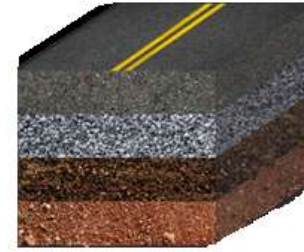
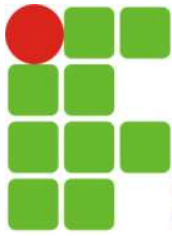
- **Tratamentos superficiais:**
 - Indicados para empresas de pequeno porte, como prefeituras de pequenas cidades, pois exige baixos investimentos iniciais;
 - Pequenas prefeituras normalmente possuem equipamentos básicos, tais como caminhão caçamba, moto-niveladora e rolos compactadores.
 - Baixo volume de tráfego;





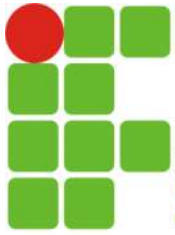
- **Lama asfáltica:**
 - Associação em consistência fluida, de agregados minerais, material de enchimento, emulsão asfáltica e água, uniformemente misturada e espalhada no local à temperatura ambiente;
 - Usada em MANUTENÇÃO PREVENTIVA, conservação de pavimentos asfálticos, rejuvenescendo a superfície de rolamento, desgastada pela ação do tráfego e do clima.





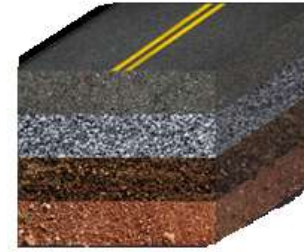
- Lama asfáltica:





INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL PAVIMENTAÇÃO



PAVIMENTAÇÃO



Obrigado!!!

