



EDI-33

Materiais e Processos Construtivos

Materiais betuminosos

Frank Cabral de Freitas Amaral – 1º Ten.-Eng.º
Instrutor

Maio / 2006



Programação

9	8/mai	MATERIAIS CERÂMICOS
	11/mai	MATERIAIS BETUMINOSOS
10	15/mai	-
	18/mai	MATERIAIS BETUMINOSOS
11	22/mai	MATERIAIS BETUMINOSOS
	25/mai	POLÍMEROS
12	25/mai (tarde)	TINTAS E VERNIZES
	1/jun	FIBRAS
13	7/jun (8:00 – 10:00)	MADEIRA
	8/jun	VIDROS
14	12/jun	METAIS
	15/jun	FERIADO
15	19/jun	PROVA 2º BIMESTRE
	22/jun*	?
16	26/jun*	DISCUSSÃO DO CURSO
	29/jun	-
	3 a 14/jul	EXAME
	29/mai (manhã)	SEMINÁRIOS (4 AULAS)

EDI-33



Betume

Mistura de hidrocarbonetos de consistência sólida, líquida ou gasosa, de origem natural ou pirogênica, completamente solúvel em bissulfeto de carbono, frequentemente acompanhado de seus derivados não metálicos.



Características fundamentais

- Aglomerantes (ligantes)
- Hidrófugos
 - Vantagem: impermeabilização
 - Desvantagem: agregados secos (aderência)
- Sensíveis à temperatura (viscosidade)
 - Vantagem: facilidade de emprego
 - Desvantagem: comportamento sazonal
- Insensíveis a variações higrométricas
- Quimicamente inertes
 - Proteção contra a cal: alumínio, zinco e chumbo
- Boa durabilidade
- Relativamente baratos



Classificação

- ASFALTOS
- ALCATRÕES

ORIGEM E ESTRUTURA
DAS MOLÉCULAS



Histórico

3000 a.C.

- . Cimento em alvenarias;
- . Colar objetos;
- . Impermeabilização de pisos sagrados;
- . Conservar cadáveres.

1800

. Pavimentação rodoviária.

PAVIMENTAÇÃO
IMPERMEABILIZAÇÃO



Asfaltos

- Constituídos principalmente por betumes;
- Consistência sólida ou semi-sólida à temp. ambiente;
- Cor preta ou parda escura;
- Cheiro de óleo queimado;
- Massa específica $\sim 1 \text{ Kg/dm}^3$ ($d \cong 1$);
- Fundem gradualmente pela ação do calor.



Rochas asfálticas

Rochas sedimentares calcárias ou areníticas impregnadas com 10 a 30% de asfalto (folhetos pirobetuminosos).

BRASIL - ATÉ 1956



Arenito betuminoso -
(Anhembi, Piracicaba/SP)

Asfalto destilado de petróleo
(refinaria de Cubatão/SP)





Asfaltos naturais ou nativos



CAN deve ser homogêneo, não conter água e não espumar quando aquecidos a 175°C.

CAN (EB-94)

T I P O S	9	CAN 30-40
		CAN 40-50
		CAN 50-60
		CAN 60-70
		CAN 70-85
		CAN 85-100
		CAN 100-120
		CAN 120-150
		CAN 150-200



Asfaltos de petróleo

FORMAS DE OBTENÇÃO:

- Como produto principal, à partir de crus selecionados;
- Como subproduto residual da obtenção de produtos leves (solventes e óleos combustíveis).

PROCESSOS DE DESTILAÇÃO DE PETRÓLEO



CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO
(CAP)

CAP (EB-78) 10 TIPOS

CAP 30-40	CAP 85-100
CAP 40-50	CAP 100-120
CAP 50-60	CAP 120-150
CAP 60-70	CAP 150-200
CAP 70-85	CAP 200-300

- . EMULSÃO
- . ASFALTO OXIDADO
- . ASFALTO DILUÍDO



Asfaltos oxidados



- . Consistência sólida
- . Redução nas propriedades aglomerantes
- . Maior resistência ao intemperismo

**USO:
CONSTRUÇÃO
CIVIL**



Asfaltos diluídos ou *cut-backs*

ADIÇÃO DE SOLVENTES OU DILUENTES AO CAP

- . Menor viscosidade
- . Maior facilidade de aplicação

ENDURECIMENTO = CURA  EVAPORAÇÃO DO SOLVENTE

DILUENTES	A.D.	DESIGNAÇÃO
Gasolina	Cura rápida	☀ ADR (asfalto diluído rápido)
Querosene	Cura média	☀ <u>ADM</u> (asfalto diluído médio)
Óleo diesel	Cura lenta	<u>ADL</u> (asfalto diluído lento)



Emulsões asfálticas

. Aplicadas a frio !!!

- . 50 a 65% de C.A.P.
- . 1% de emulsionante (sabão)
- . Restante de água

RETIRADA
DE ÁGUA
(marron)



QUEBRA OU
RUPTURA
(preta)

EMULSÃO	TEMPO	DESIGNAÇÃO
de quebra rápida	40 min.	RR ou RS (rapid setting)
de quebra média	2 h.	RM ou MS (medium setting)
de quebra lenta	4 h.	RL ou SS (slow setting)



Emulsões asfálticas

Tipos

- Aniônica (mais antiga)

fase aquosa básica, carga elétrica dos glóbulos negativa, emulsionante constituído por oleato de sódio ou resinato de potássio

- Catiônica (mais usada hoje)

fase aquosa ácida, carga elétrica dos glóbulos positiva, emulsionante constituído por sal de amina ou poliamina graxa

Vantagens:

- Logística mais simples

equipamentos, manipulação e aplicação

- Sem risco de incêndio por superaquecimento do ligante



Alcatrões

carvão mineral

- . Obtidos da hulha, madeira, turfa, graxas...
- . Líquidos oleosos de grande viscosidade
- . Cheiro de creosoto ou creolina

CARACTERÍSTICAS: (comparativas : asfaltos)

- . Maior sensibilidade à temperatura
(mais moles quando quentes e mais duras à baixa temperatura)
- . Menor resistência às intempéries
- . Melhor adesividade aos agregados e melhores características aglomerantes

TIPOS (EB-100)

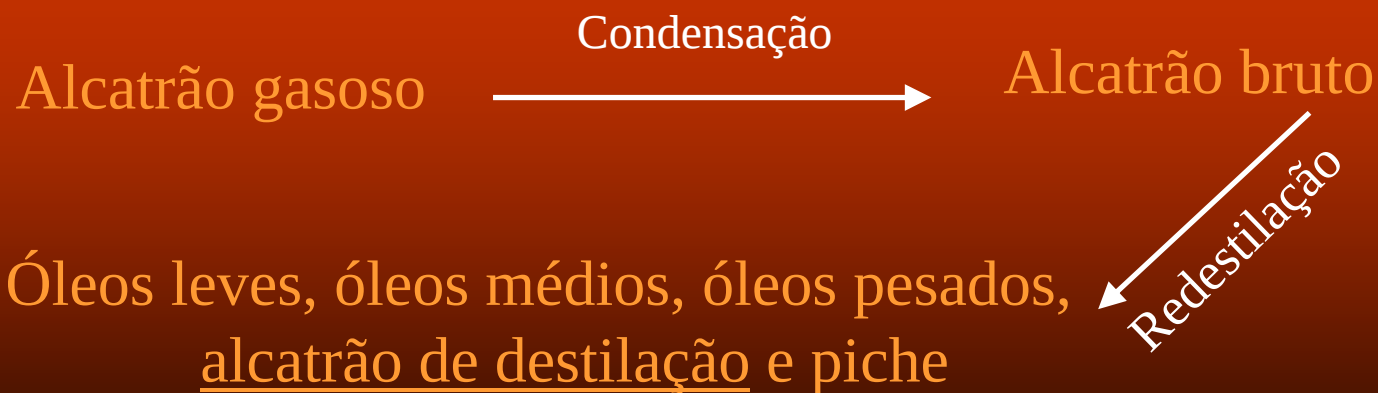
- . AP-1
- . AP-2
- . AP-3
- . AP-4



Alcatrões - obtenção

Alcatrão bruto:

- Subproduto do processo de coqueificação siderúrgico
- Subproduto dos gases da hulha, nos processos de obtenção de gás





Misturas

- 15 a 20% de alcatrão ao asfalto:
melhor aderência com agregados, além disso, risco de floculação
- 20 a 30% de asfalto ao alcatrão:
maior viscosidade, menor suscetibilidade ao envelhecimento
- Não misturar emulsões aniônicas com catiônicas (risco de ruptura)



Filler

- Pó mineral de grande finura
calcário, pó de pedra, carvão, cinzas volantes, pó de rochas asfálticas, cimento...
- Adição de 15 a 40%
- Vantagens:
aumento de viscosidade
menor sensibilidade à temperatura
absorção de constituintes oleosos
- Adição preferencial aos alcatrões
mais densos, facilitam a homogeneização



Propriedades

DENSIDADE:

- 0,9 a 1,4 Kg/dm³
- Permite avaliar o teor de impurezas do material, controlar a uniformidade de propriedades
- *atenção para a temperatura !*

DUREZA – PENETRAÇÃO:

- Propriedade que “caracteriza” os materiais betuminosos
- Ensaio de penetração de uma agulha padrão; condições padronizadas de carga, temperatura e tempo de penetração

25°C – 100g – 5 seg

0° C – 200g – 60 seg

46,1°C – 50g – 5 seg



Propriedades

VISCOSIDADE:

- Resistência à deformação, de um fluido, sob ação de uma força
- Determina a consistência ou fluidez dos materiais betuminosos fluidos: os diluídos ou emulsionados
- Utiliza-se viscosímetro Saybolt – Furol (Fuel Road Oils)
- Determinação de tempo, em segundos, para que 60 cm³ do produto escoem por um orifício, para um frasco graduado



Propriedades

PONTO DE AMOLECIMENTO:

- Ponto onde o produto amolece ou fluidifica
- Ensaio de anel e bola
- É a temperatura precisa em que uma esfera metálica atravessa um anel metálico cheio com o material betuminoso até atingir o fundo do recipiente
- Importante quando da aplicação
- Informa também a sensibilidade do material à temperatura



Propriedades

DUCTILIDADE:

- Capacidade do material se alongar sem se romper;

ALTA



DUCTILIDADE



BAIXA

ONDULAÇÕES NOS PAVIMENTOS
DEVIDO AO TRÁFEGO

FISSURAS QUANDO SOFRE BAIXA
VARIAÇÕES DE TEMPERATURA

- Distância em cm que um corpo de prova se distende antes da ruptura
- Material imerso em água a 25°C com velocidade de tração de 5 cm/min

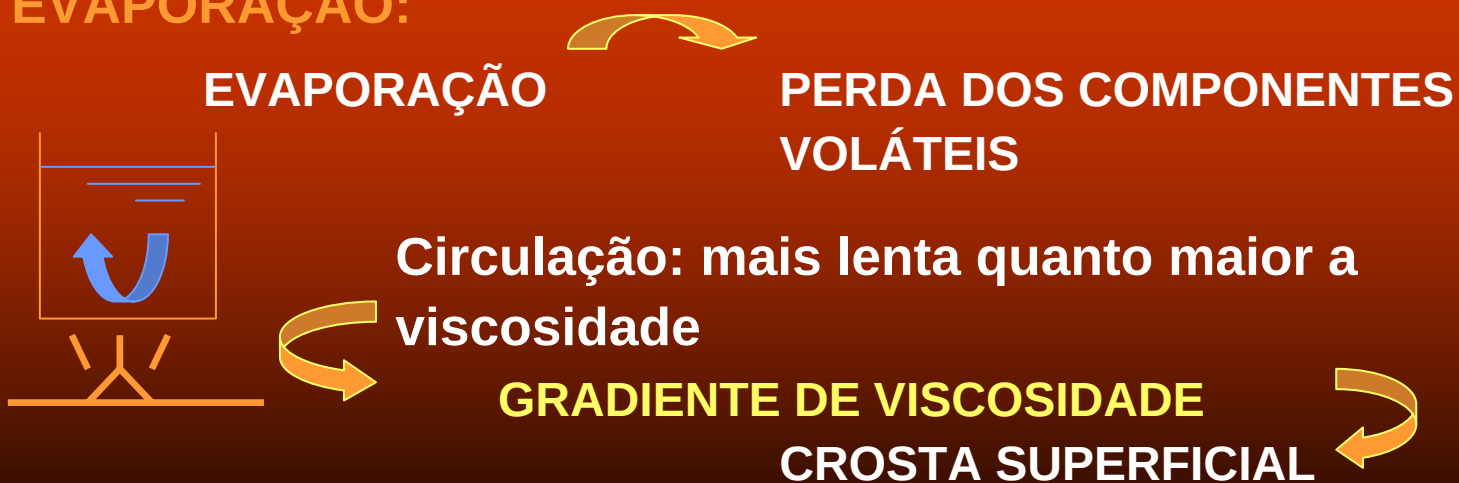


Propriedades

PONTO DE FULGOR:

- Temperatura na qual, aquecendo-se os vapores, o material se inflama temporariamente quando em contato com uma pequena chama
- Representa a temperatura crítica acima da qual devem ser tomados cuidados especiais durante o aquecimento e manipulação

EVAPORAÇÃO:





Propriedades

BETUME TOTAL:

- Betume é a parte do asfalto solúvel no bissulfeto de carbono

TEOR DE LIGANTES ATIVOS
TETRACLORETO DE CARBONO

COMPOSIÇÃO (asfaltos):

- Carbóides: insolúveis em CS_2 ;
- Carbenos: solúveis em CS_2 e insolúveis em CCl_4 ;
- Asfaltenos: solúveis nos dois e insolúveis em éter;
- Maltenos: solúveis em todos os solventes.

- Carbóides e carbenos: teor reduzido
>2%: redução na ductilidade e adesividade
- Asfaltenos e maltenos: comandam as propriedades dos asfaltos



Propriedades

DESTILAÇÃO: TEOR DE ÁGUA E CINZAS (asfalto diluído)

- Determinar a quantidade e os tipos de resíduos asfálticos que contêm os asfaltos diluídos.

CINZAS: porcentagem de material mineral

ÁGUA: quantidade de água incorporada ao material

DESEMULSIBILIDADE: (emulsões asfálticas)

- Indica a velocidade relativa com que os glóbulos coloidais do asfalto unir-se-ão entre si (a emulsão romperá), quando se estender a emulsão em película delgada sobre o solo ou sobre os agregados

RUPTURA RÁPIDA



Solução de Cloreto de cálcio

RUPTURA LENTA



Mistura com cimento



Propriedades

ESPECIFICAÇÕES PARA O CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO
TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO POR VISCOSIDADE

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	VALORES			- MÉTODOS	
		CAP – 7	CAP – 20	CAP – 40	ABNT	ASTM
Viscosidade a 60°C	P	700 a 1500	2000 a 3500	4000 a 8000	MB-827	D 2171
Viscosidade Saybolt Furol a 135°C	s	100 mín	120 mín	170 mín	MB-517	E 102
a 177°C	s	15 a 60	30 a 150	40 a 150		D 2170 e D 2161 (1)
Efeito do calor e do ar (ECA) a 163°C por 5 h:						
Variação em massa	%	1,0 máx.	1,0 máx.	1,0 máx.	MB-425	D 1767
Relação de viscosidade		4,0 máx.	4,0 máx.	4,0 máx.	(2)	
Ductilidade a 25°C	cm	50 mín.	20 mín.	10 mín.	MB-167	D 113
Índice de suscetibilidade térmica		(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(3)	
Penetração (100g, 5 s, 25°C)	0,1mm	90 mín.	50 mín.	30 mín.	MB-107	D 5
Ponto de fulgor	°C	220 mín.	235 mín.	235 mín.	MB-50	D 92
Solubilidade em tricloroetileno	% massa	99,5 mín	99,5 mín	99,5 mín	MB-166	D 2042



Propriedades

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	VALORES				MÉTODOS	
		CAP 30 / 45	CAP 50 / 60	CAP 85 / 100	CAP 150 - 200	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1 mm	30 a 45	50 a 60	85 a 100	150 a 200	MB-107	D 5
Ductilidade a 25°C	cm	60 mín	60 mín	100 mín	100 mín	MB-167	D 113
Efeito do calor e do ar (ECA) a 163°C por 5h:							
Penetração	(1)	50 mín	50 mín	47 mín	40 mín	MB-107	D 5
Variação em massa	%	1,0 máx	1,0 máx	1,0 máx	1,0 máx	MB-425	D 1754
Índice de suscetibilidade térmica		(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(2)	
Ponto de fulgor	°C	235 mín	235 mín	235 mín	220 mín	MB-50	D 92
Solubilidade em tricloroetileno	% massa	99,5 mín	99,5 mín	99,5 mín	99,5 mín	MB-166	D 2042
Viscosidade Saybolt							
Furol a 135°C	s	110 mín	110 mín	85 mín	70 mín	MB-517	E 102 D 2170 e D 2161 (3)

O produto não deve produzir espuma quando aquecido a 175°C.

Esta Tabela se aplica, exclusivamente, aos tipos produzidos pela ASFOR e RLAM.

(1) % da penetração original

(2) Índice de suscetibilidade
$$\frac{(500) (\text{LOG PEN}) + (20) (t^{\circ}\text{C}) - 1951}{120 - (50) (\text{LOG PEN}) + (t^{\circ}\text{C})}$$

onde (t°C) = Ponto de amolecimento, MB-164 (ver Tabela 3).

(3) Permitida sua determinação pelo método ASTM D2170 e sua posterior conversão pelo método ASTM D 2161.



DURABILIDADE

MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO

DEGRADAÇÃO
FATORES ISOLADOS



DURABILIDADE
ATUAÇÃO CONJUNTA



Durabilidade

OXIDAÇÃO

MATERIAIS BETUMINOSOS
CARBONO - HIDROGÊNIO

OXIGÊNIO

VISCOSIDADE
PRODUTOS SOLÚVEIS EM ÁGUA

DOIS
MECANISMOS



- . Presença de luz ($\sim 10 \mu\text{m}$):
foto-oxidação;
- . não presença de luz:
termo-oxidação.



Durabilidade

VOLATIZAÇÃO (EVAPORAÇÃO)

Redução de forma gradual dos
constituintes voláteis.



- . Aumento de dureza;
- . Redução na ductilidade;
- . Porosidade.

LIXIVIAÇÃO





Durabilidade

CARBONIZAÇÃO

HIDROGÊNIOS

POLIMERIZAÇÃO

Condensação das moléculas

REVERSÍVEL → TEMPERATURA



Durabilidade

COAGULAÇÃO

SEPARAÇÃO EM DUAS FASES



DETERIORAÇÃO MICROBIOLÓGICA

**Relevante: material betuminoso em
contato com o solo**





Utilização

PROTEÇÃO CONTRA ÁGUA
IMPERMEABILIZAÇÃO



USO EM PAVIMENTAÇÃO