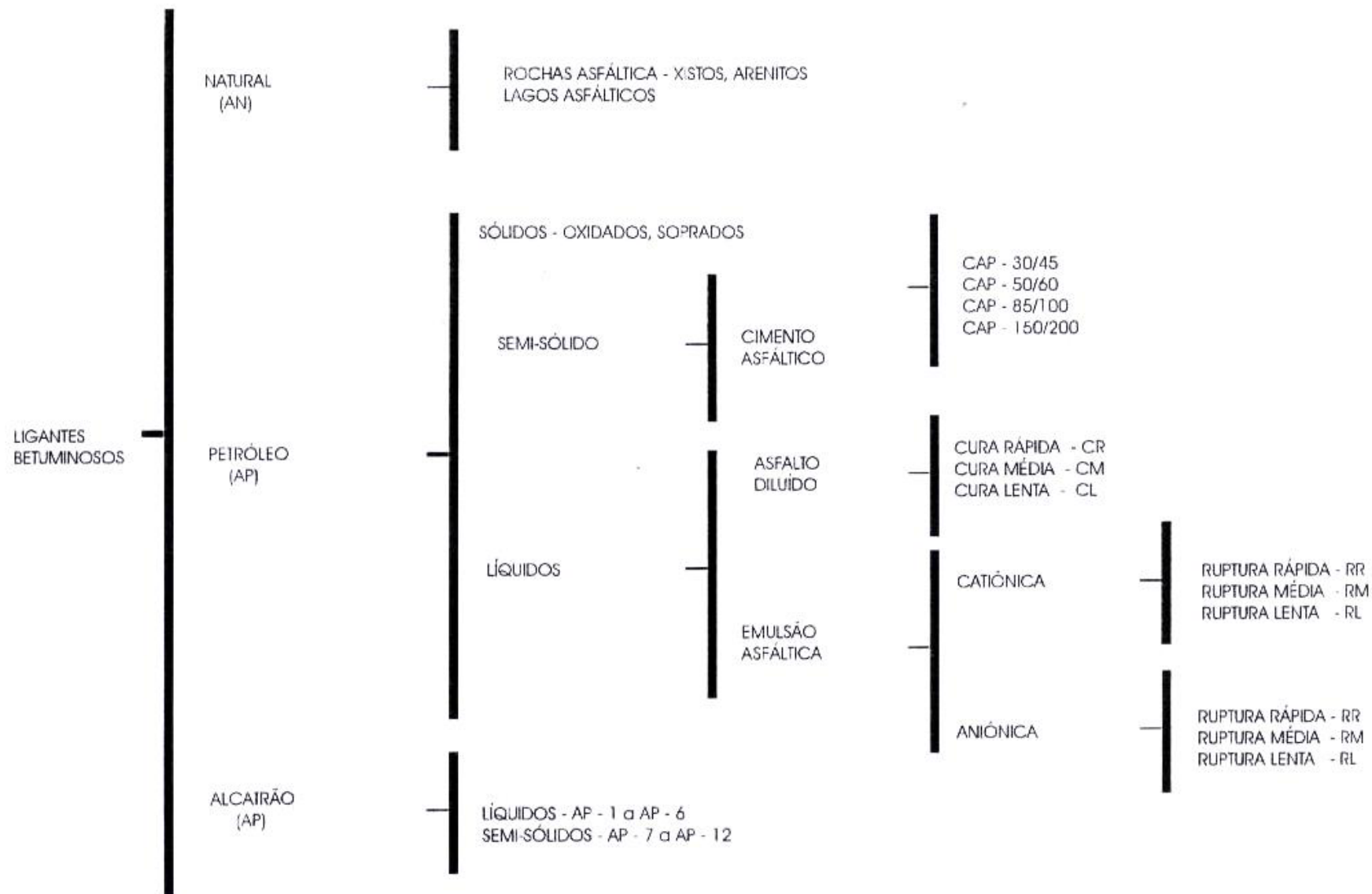




Esquema dos Ligantes Betuminosos

4.2.1 ALCATRÕES

- Destilação do carvão
- Na fabricação do gás e coque
- Diferenças com asfalto:
 - Maior adesividade
 - Menor susceptibilidade técnica
 - Menor estabilidade
 - Mais rápido o envelhecimento

4.2.2 ASFALTOS

- Consistência variável
- Cor parda escura ou negra
- Proveniente de jazidas ou do refino do petróleo
- Principal constituinte: betume
- Finalidade:
 - Aglutinante
 - Impermeabilizante
 - Flexibilidade
 - Trabalhabilidade
 - Economia

4.2.3 ASFALTOS NATURAIS

- Óleos de petróleo que afloram na superfície terrestre e que pela ação do sol e do vento são destilados naturalmente
- Lagos de asfalto (Trinidad, Bermudas)
- Rochas asfálticas (calcários betuminosos)
- Impurezas minerais (areias betuminosas)

4.2.4 ASFALTOS DE PETRÓLEO

- Destilação fracionada do petróleo
- Isentos de matéria mineral
- Quantidade de asfalto no petróleo: 10 a 70%
- Processo de refinação depende:
 - Tipo de petróleo
 - Rendimento em asfalto

ORIGEM DO PETRÓLEO	DENSIDADE	RESÍDUO DE BETUME
BOSCAN	1,005	79%
BACHAQUERO	0,975	49%
ÁRABE (médio)	0,891	34%
ÁRABE (leve)	0,858	19%

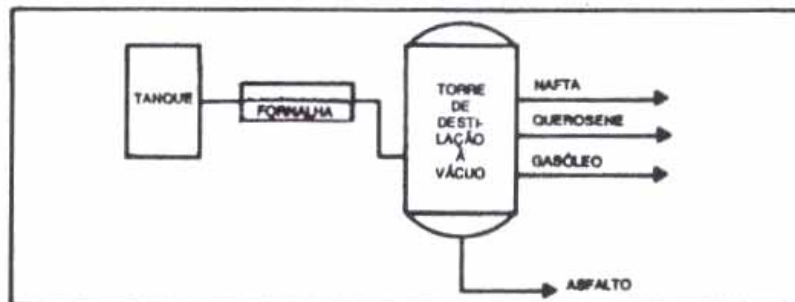
- PROCESSO DE OBTENÇÃO

- Vaporização
- Condensação
- Fracionamento
- Destilação à Vácuo

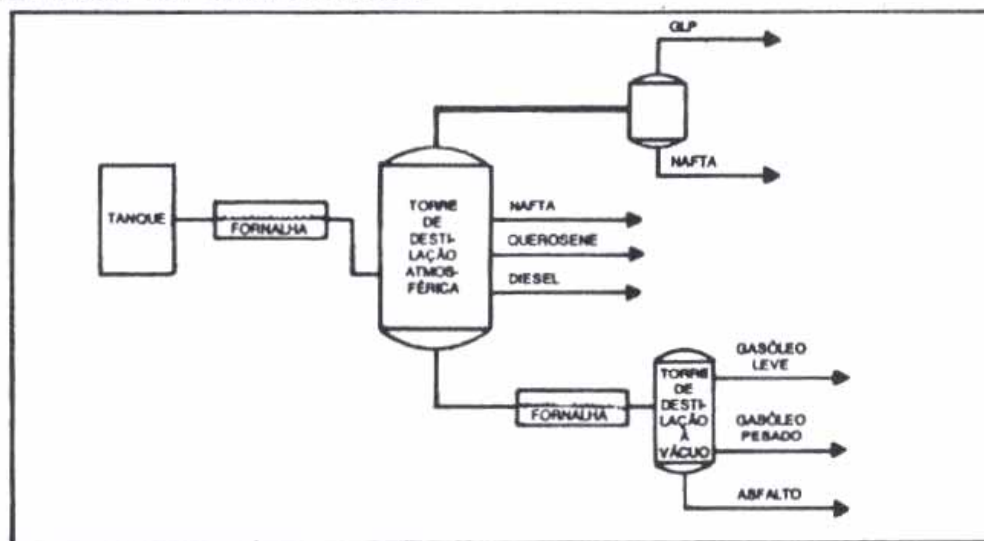
TIPO DE PETRÓLEO	TIPO DE DESTILAÇÃO
Pesado	A Vácuo
Médio	Pressão Atmosférica + A Vácuo
Leve	Pressão Atmosférica + Vácuo + Extração Final

Em linhas gerais, os esquemas de refino são os seguintes:

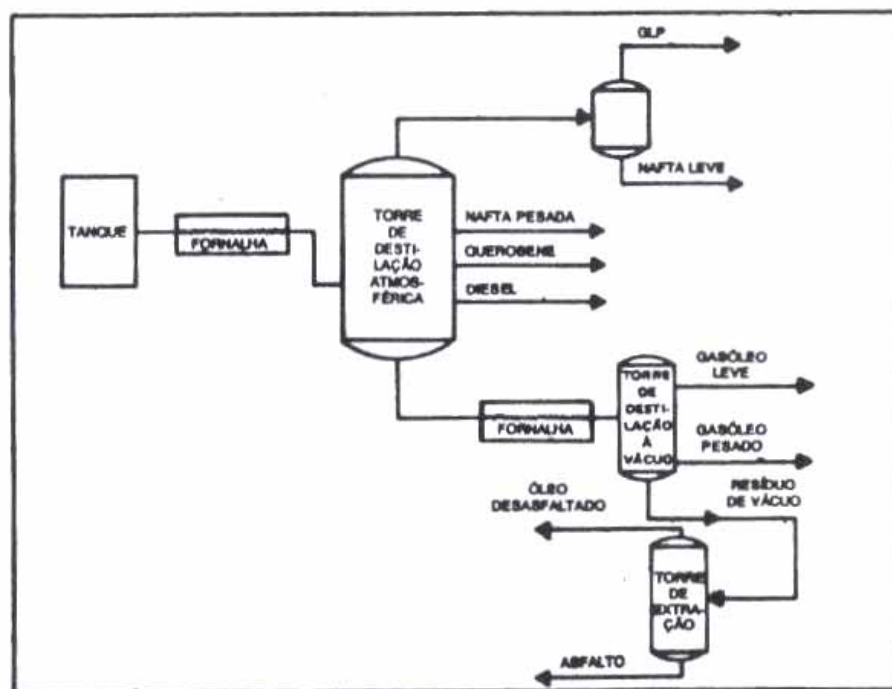
1) Processamento de Petróleos Pesados (Asfálticos)



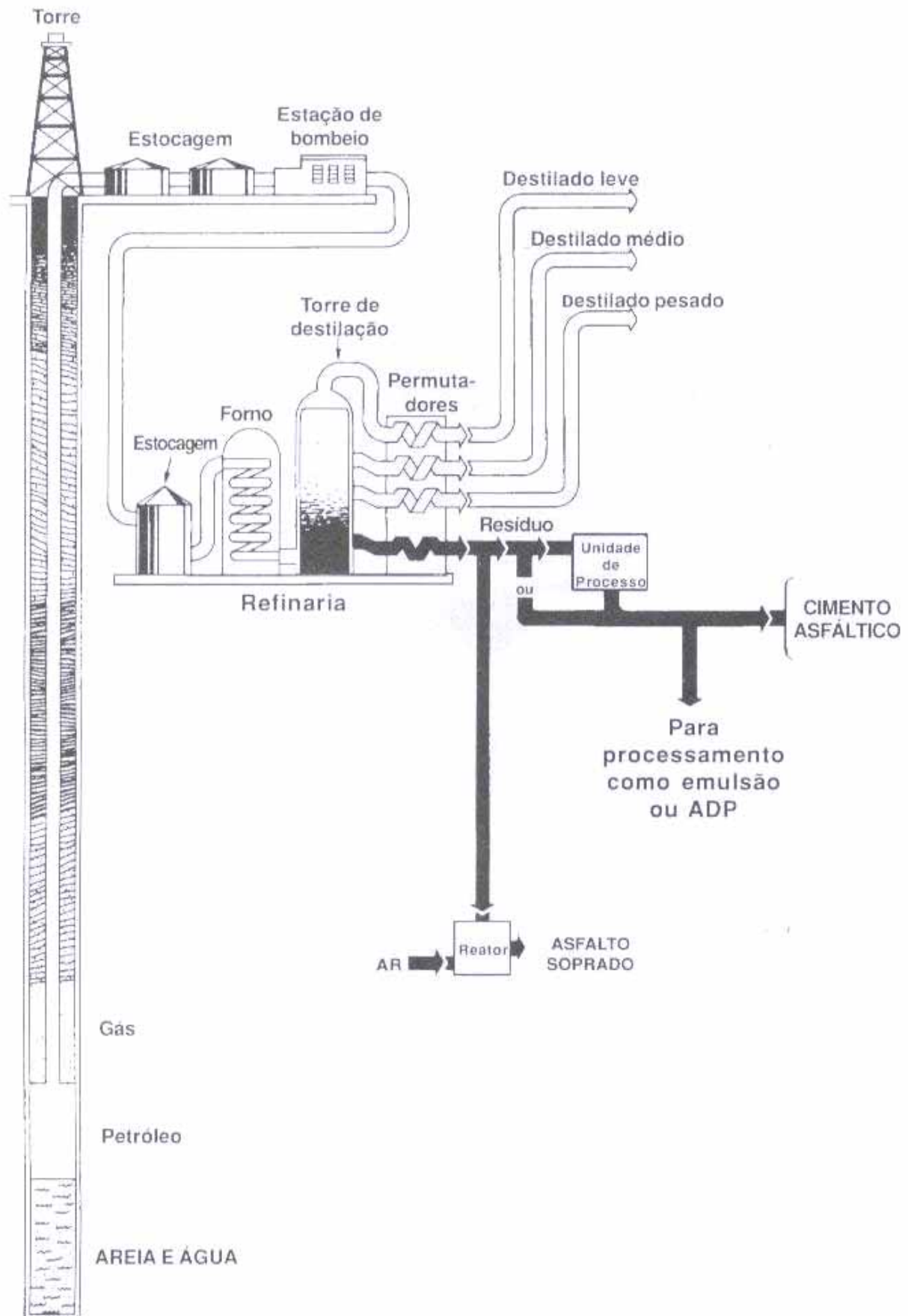
2) Processamento de Petróleos Médios



3) Processamento de Petróleos Leves



ESQUEMA TÍPICO PARA PRODUÇÃO DE ASFALTO DILUÍDO

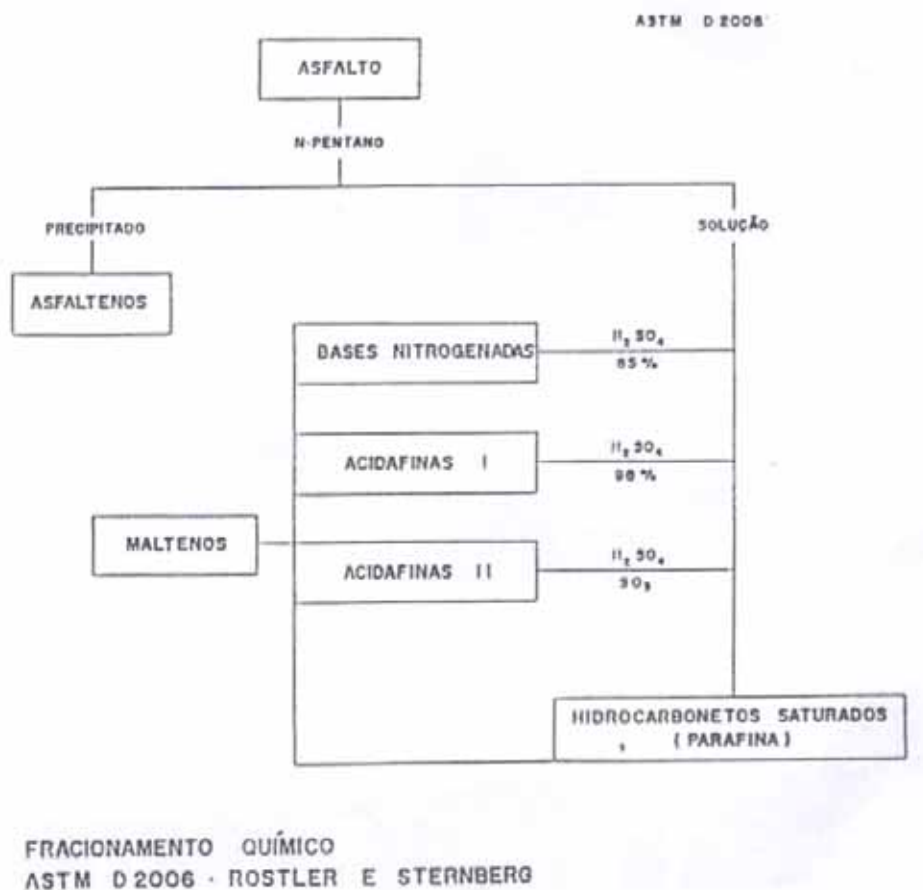


Fluxograma da Produção de Cimento Asfáltico

4.3 CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO (CAP)

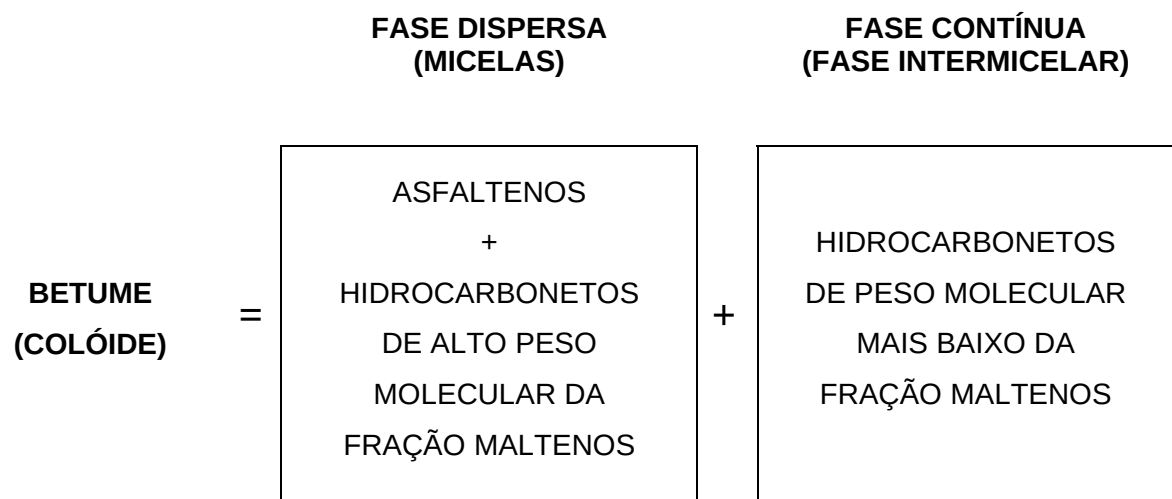
4.3.1 CONSTITUIÇÃO FÍSICO - QUÍMICA

- Hidrocarbonetos → Naftênicas aromáticas
→ Parafínicos
- Fracionamento (Éter ou Heptano) – Fase:
 - Dispersa (Insolúvel) → ASFALTENOS
 - Disperante (Solúvel) → MALTENOS
- ASFALTENOS (5 a 30%)
 - Sólidos / Friáveis
 - Cor negra
 - Alto peso molecular (Fração A)
- MALTENOS (Superior a 70%)
 - Líquidos / Viscosos
 - Cor marrom escura
 - Composição complexa → Resinas – Fração N
→ Óleos – Fração AI, AII, e P



4.3.2 CAP = DISPERSÃO COLOIDAL

- Propriedades dependem → Dispersão dos asfaltenos
→ Relações coloidais com o meio de dispersão
- Proporção asfaleno / malteno dependem
 - Idade
 - Oxidação
 - Temperatura
 - Tipo de agregado
 - Teor de asfalto
- ENVELHECIMENTO → Evaporação + Oxidação
Resinas → Asfaltenos
Óleos → Resinas
- Não há descontinuidade entre asfaleno e malteno devido a formação da MICELA ASFÁLTICA.
- Asfaltenos absorvem as resinas dos maltenos
- Transição contínua entre o meio de dispersão e o núcleo do asfaleno.



COMPOSIÇÃO DO BETUME

4.3.3 COMPORTAMENTO REOLÓGICO

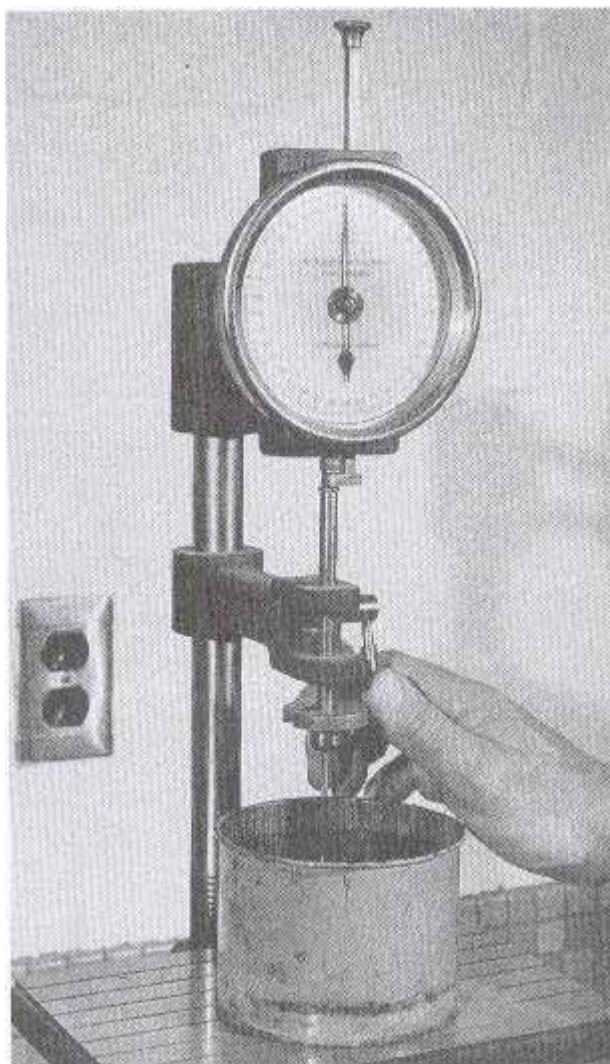
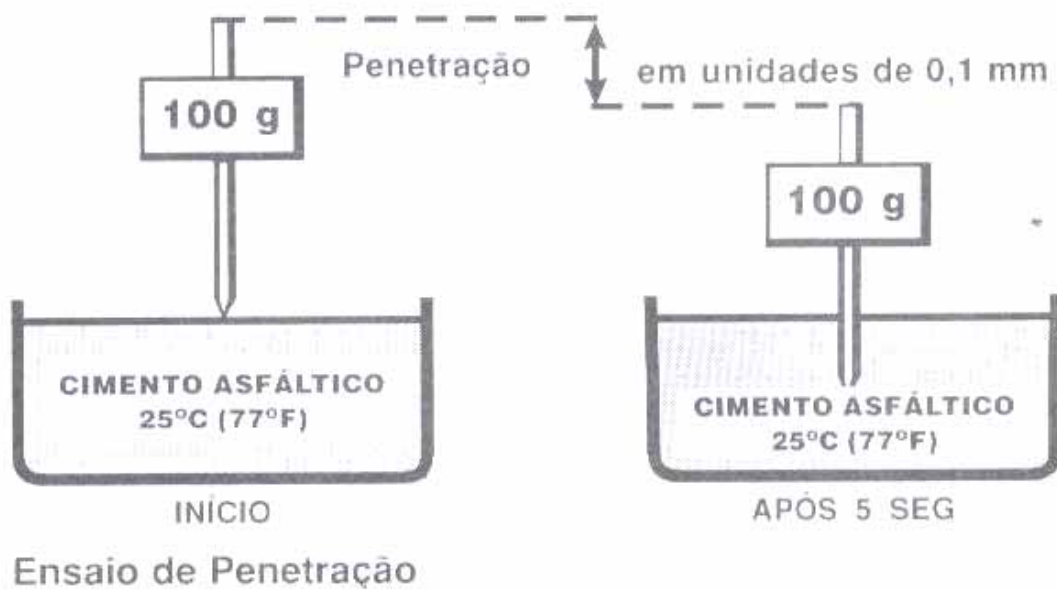
- REOLOGIA: estudo das relações tensão x deformação

- ASFALTO - comportamento visco x elástico
 - módulo de rigidez depende
 - Modo de aplicação da carga
 - Da duração
 - Temperatura
 - Constituição físico-química
- COMPORTAMENTO ELÁSTICO – deformações são recuperáveis ao cessar a aplicação do esforço
- COMPORTAMENTO VISCOSO – deformações aumentam continuamente com a ação de um esforço externo.

4.3.4 ENSAIOS / PROPRIEDADES DO CAP

(A) PENETRAÇÃO

- Avalia a consistência do asfalto, que é a resistência a fluir dependente do temperatura (estado de fluidez).
- Ensaio: medida de penetração em mm de agulha padronizada (100g) em recipiente padronizado (300cm²) após 5 seg. a 25°C (Penetrômetro)
- Quanto ↑ Penetração ⇒ ↑ Mole
 - pen. < 20 → asfalto quebradiço
 - pen. > 50 → clima + frio
- Classificação EB-78 : CAP-30/45
 - CAP-50/60
 - CAP-85/100
 - CAP-150/200



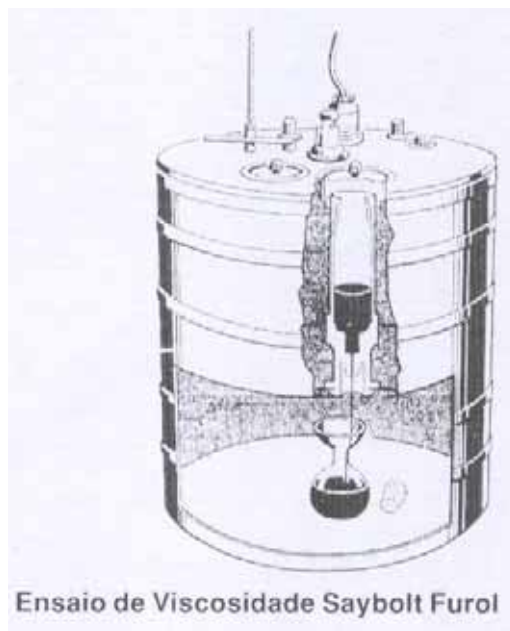
TESTE DE PENETRAÇÃO

(B) VISCOSIDADE

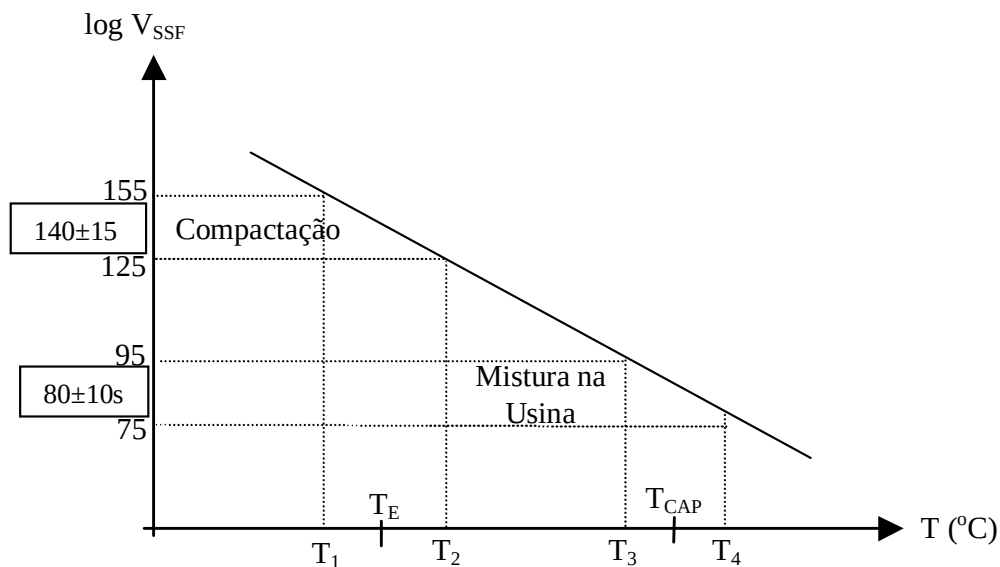
- Avalia a consistência de maneira mais precisa (várias temperaturas)

(B.1) VISCOSIDADE SAYBOLT - FUROL

- Ensaio: medida em segundos para asfalto fluir em um determinado orifício (Furol) a uma determinada temperatura (177°C, 135°C, 60°C) e preencher um frasco de 60cm³ (Viscosímetro)
- Quanto ↑ Viscosidade ⇒ ↑ Duro (denso)
- Viscosidade baixa → temperaturas de trabalho mais baixas e melhor para mistura com agregados
- Viscosidade alta → exsudação e problemas com fadiga da mistura
- Temperaturas de Trabalho (Misturas Asfálticas)



Ensaio de Viscosidade Saybolt Furol



- Temperatura aquecimento CAP

$$T_{CAP} = \frac{T_3 + T_4}{2}$$

- Temperatura aquecimento dos agregados

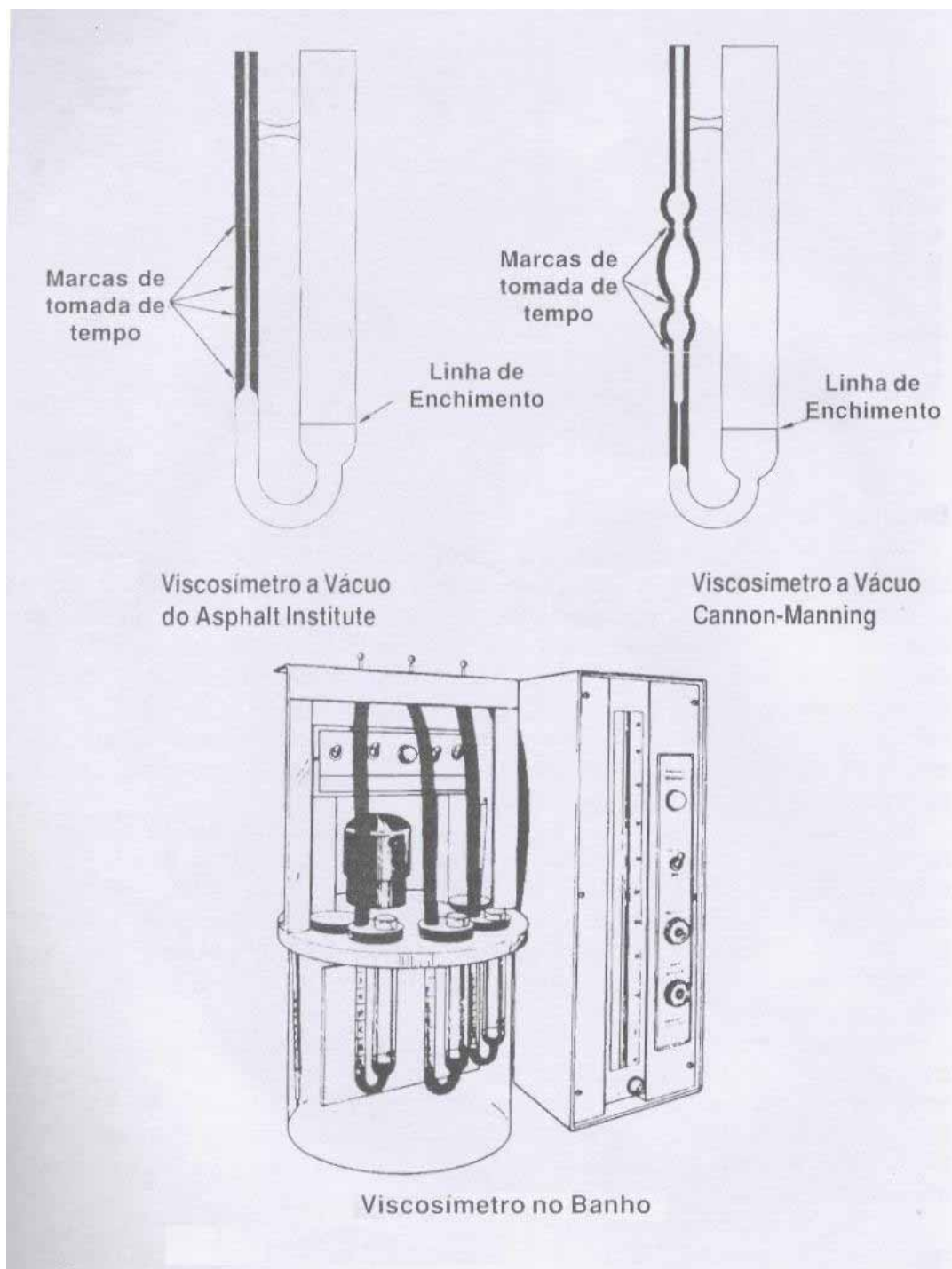
$$T_{AG} = T_{CAP} + 13$$

- Temperatura de espalhamento da mistura asfáltica

$$T_E = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

(B.2) VISCOSIDADE ABSOLUTA

- Ensaio: Tempo para determinado volume de asfalto fluir numa certa altura em um tubo capilar pela ação de vácuo (60°C).
- 1 poise = 1 g/cm.s
- Classificação CNP 21/86
 - CAP 7 (700 poises)
 - CAP 20 (2000 poises)
 - CAP 55 (5500 poises)



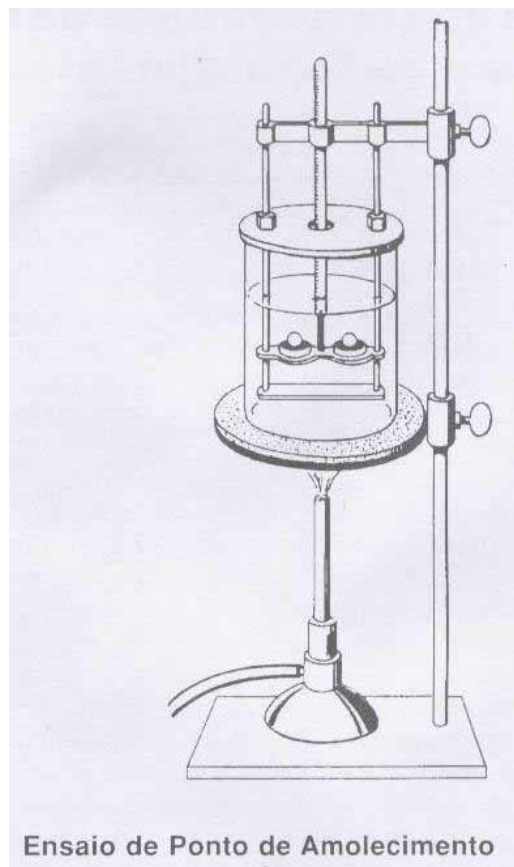
(C) DUTIBILIDADE

- Propriedade de alongar sem romper → poder cimentante
- Ensaio: 1cm² / imerso / alongado até rompimento. Medida em cm antes do rompimento
- Dutibilidade alta → suscetibilidade à temperatura
- Dutibilidade baixa → asfaltos deteriorados ou oxidados



(D) PONTO DE AMOLECIMENTO

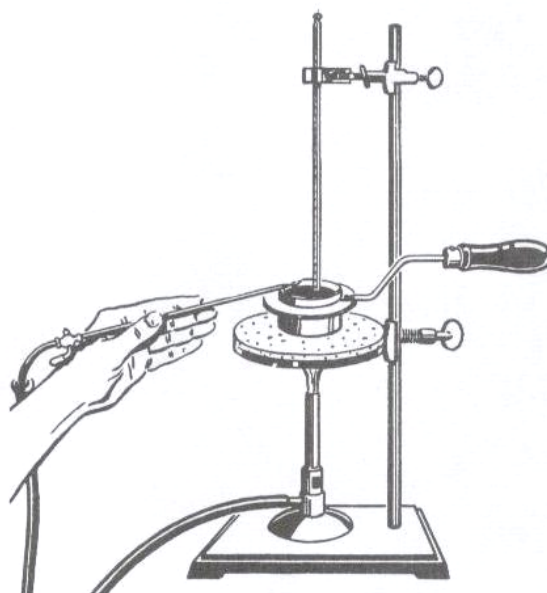
- Asfalto não tem ponto de fusão porém pode amolecer excessivamente
- Temperatura de amolecimento para evitar aceitação de asfaltos muito moles
- Conseqüência → Desagregação / Exsudação
→ Deformações permanentes
- Método do Anel e Bola (Ensaio)



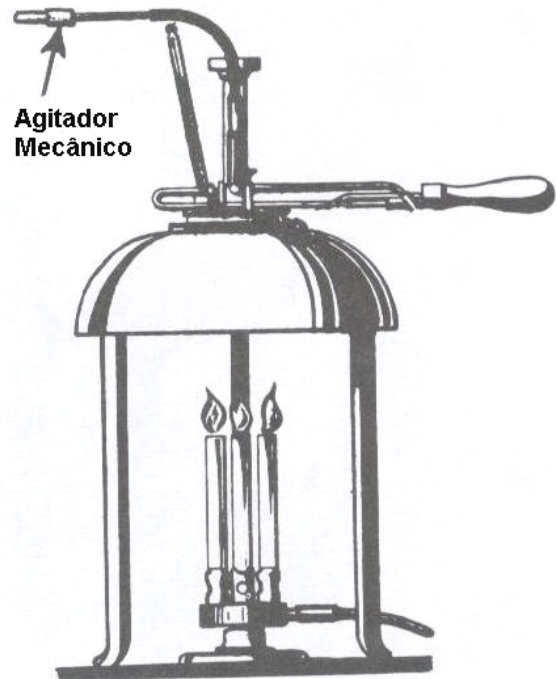
(E) PONTO DE FULGOR

- Máxima temperatura de manejo sem perigo de fogo (segurança)
- Ensaio: Aquecimento e exposição à chama até quando vapores provocam o lampejo chama (temperatura de ponto de fulgor)
-

ENSAIO DO PONTO DE FULGOR



Vaso Aberto de Cleveland



Pensky Martens

(F) SOLUBILIDADE

- Teor de betume no asfalto (% material insolúvel) → grau de pureza
- Grau de solubilidade em tricloroetileno

(G) EFEITO DO CALOR E DO AR

- Perda das características asfálticas pela ação conjunta do calor e do ar
- Ensaio: Estufa a 163°C / 5 horas → Mudança das características
 - Perda de penetração
 - Acréscimo da viscosidade
 - Perda de dutibilidade

(H) ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE TÉRMICA

- IP = Índice de Penetração (Pfeiffer e Van Doorn)
- IP = f (penetração, temperatura de amolecimento)
- Influência da temperatura na consistência

-2 ≤ IP < 1 ⇒ Comportamento Visco Elástico

↓
Baixa suscetibilidade
Asfaltos quebradiços a
baixas temperaturas
Comportamento
elástico

↓
Alta suscetibilidade
Asfaltos oxidados e
duros
Comportamento
viscoso

4.3.5 CLASSIFICAÇÃO

EB-78 (81) PENETRAÇÃO	CNP 21/86 VISCOSIDADE ABSOLUTA
CAP 30-45	CAP 55
CAP 50-60	CAP 20
CAP 85-100	CAP 7
CAP 150-200	

ESPECIFICAÇÕES PARA CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO

CARACTERÍSTICAS	Métodos de Ensaio	Tipos			
		30/45	50/60	85/100	150/200
a) Penetração, 100 g, 5s a 25°C, 0,1 mm	MB-107	30-45	50-60	85-100	150-200
b) Ponto de fulgor, °C, mínimo	MB-50	235	235	235	220
c) Ductilidade a 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	MB-167	60	60	100	100
d) Viscosidade Saybolt Furol, s, a 135°C, mínimo	MB-517	110	110	85	70
e) Teor de betume, % em peso, mínimo	MB-166	99,5	99,5	99,5	99,5
f) Índice de Suscetibilidade Térmica (*)		(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)
g) Efeito do Calor e do ar	MB-425				
% Penetração original, mínimo		50	50	47	40
% Variação em peso, máximo		1,0	1,0	1,0	1,5

$$(*) \text{ Índice Pfeiffer e Van Doormall} = \frac{(500) (\log \text{ PEN}) + (20) (t^{\circ}\text{C}) - 1951}{120 - (50) (\log \text{ PEN}) + (t^{\circ}\text{C})}$$

(t°C) = Ponto de amolecimento, MB-164

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

ESPECIFICAÇÕES PARA CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO

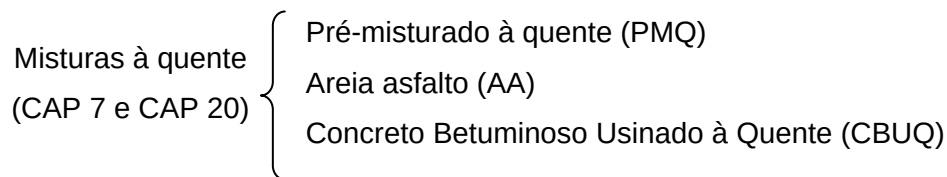
CARACTERÍSTICAS	Métodos de Ensaio	Tipos		
		CAP-7	CAP-20	CAP-40
1 - Viscosidade a 60°C, poise	MB-827	700 a 1500	2000 a 3500	4000 a 5000
2 - Viscosidade a 135°C, SSF, mínimo	MB-517	100	120	170
3 - Viscosidade a 177°C, SSF	MB-517	15-60	30-150	40-150
4 - Penetração normal, 100 g, 5s, 25°C, 0,1 mm, mínimo	MB-107	90	50	30
5 - Ponto de Fulgor, °C mínimo	MB-50	220	235	235
6 - Solubilidade do Tricloroetileno, %, peso, mínimo	MB-166	99.5	99.5	99.5
7 - Índice de Suscetibilidade Térmica (*)		(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)
8 - Efeito do Calor e do ar:				
8.1 - Variação em peso, %, máximo	MB-425	1.0	1,0	1,0
8.2 - Viscosidade a 60°C, poise, máximo	MB-827	3000	9000	24000
8.3 - Ductilidade a 25°C, cm, mínimo	MB-167	50	20	10

$$(*) \text{ Índice Pfeiffer e Van Doormall} = \frac{(500) (\log \text{ PEN}) + (20) (t^{\circ}\text{C}) - 1951}{120 - (50) (\log \text{ PEN}) + (t^{\circ}\text{C})}$$

(t°C) = Ponto de amolecimento, MB-164

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

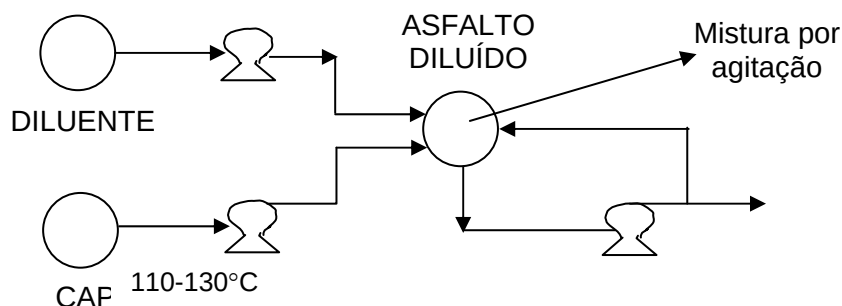
4.3.6 APLICAÇÕES



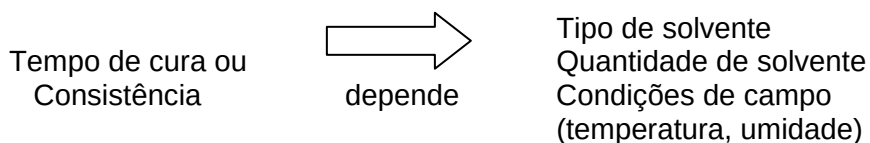
- Tratamento superficial – CAP 7
- Macadame Betuminoso – CAP 7

4.4 ASFALTOS DILUÍDOS

- Asfaltos recortados ou Cut-backs
- Resultam da diluição do CAP por destilados leves de petróleo
- Obtenção (produção)



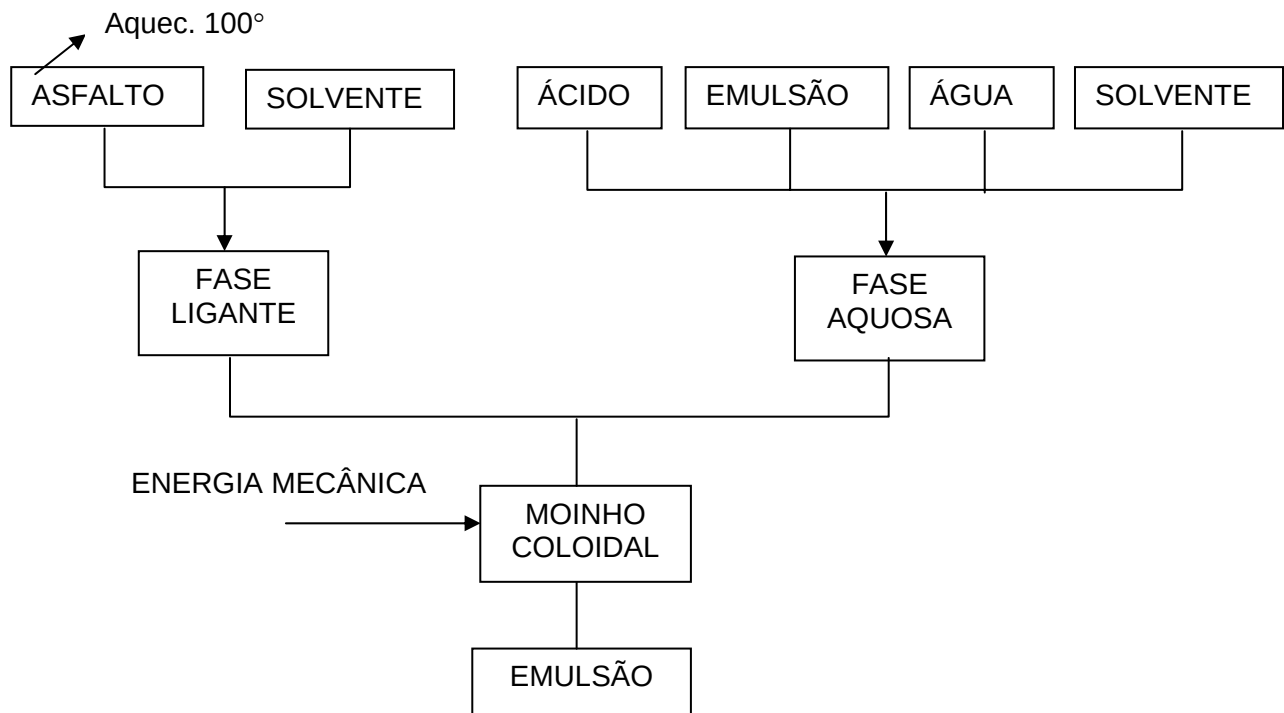
- Diluentes ou solventes são produtos menos viscosos que permitem a aplicação em temperaturas mais baixas, reduzindo a necessidade de aquecimento demorado.
- Após a aplicação os diluentes se evaporam e remanesce um filme de ligante com qualidades do asfalto (resíduo)



- CLASSIFICAÇÃO = f (natureza do solvente)
- CR – cura rápida → diluente: nafta na faixa da gasolina
 - CAP – 52 a 86%
 - Diluente – 48 a 14%
 - CR-70; CR-250; CR-800 e CR-3000
- CM – cura média → diluente: querosene
 - CM-30, 70, 250, 800, 3000
- CL – cura lenta → diluente: óleos combustíveis → não há no Brasil

4.5 EMULSÕES

- Constituídos por cimento asfáltico, finamente dividido em gotículas quase que microscópicas, dispersas (emulsionadas) em meio de água (fase aquosa) contendo um agente emulsificante.
- Dispersão $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fase asfáltica (dispersa)} \cong 55\% \\ \text{Fase aquosa (dispersante ou contínua)} \end{array} \right.$



4.5.1 FUNÇÕES DO EMULSIFICANTE

1. Diminui a tensão interfacial entre as fases asfáltica e aquosa, evitando a coagulação ou reagrupamento de gotículas.
 2. Estabiliza a emulsão protegendo os glóbulos por carga ionizada periférica, que provoca repulsão entre os glóbulos.
 3. Permite a ruptura ou separação entre as duas fases quando em contato com um agregado e ainda provoca uma boa adesão ligante - agregado
- RUPTURA → Glóbulos de asfalto em contato com agregado mineral sofrem uma ionização por parte deste, dando origem a um composto insolúvel em água que se precipita sobre o material.

4.5.2 TIPOS DE EMULSÕES

1. CATIÔNICAS: Emulsificante → sais de amina

Partículas eletrizadas carregadas positivamente.

1º) adsorção do emulsificante → agente adesivo

2º) evaporação

Agregados de qualquer natureza, porém excelente adesividade nos agregados de natureza sílica – ácida.

2. ANIÔNICAS: Emulsificante → sabões

Mais adequadas aos agregados de natureza básica (alcalinos)

4.5.3 PROPRIEDADES

- Utilização à frio e agregados úmidos
- Estáveis à estocagem
- Velocidade de ruptura (tipo de emulsificante e teor de emulsificante)

4.5.4 TIPOS / APLICAÇÕES

- RR (1C e 2C) → Impermeabilização, tratamentos superficiais
- RM (1C e 2C) → Pinturas, PMF
- RL (1C) → Com agregado miúdos
- LA → Lama asfáltica