

TEXTO COMPLEMENTAR

MÉTODO MARSHALL

▪ ROTINA DE EXECUÇÃO (PROCEDIMENTOS)

Suponhamos que se deseje dosar um concreto asfáltico com os seguintes materiais:

1. Pedra
2. Areia
3. Cimento Portland
4. CAP 85 – 100

Vamos supor que estejamos utilizando um dos métodos quaisquer de projeto de mistura de agregados, as seguintes proporções de pedra, areia e cimento Portland:

- Pedra – 66%
- Areia – 30%
- Cimento Portland – 4%

O CAP 85 – 100 terá uma porcentagem aproximada, em peso, de 4,5 a 8%.

Podemos preparar corpos de prova com as seguintes porcentagens de CAP 85 – 100, por exemplo:

5 5,5 6 6,5 7

Os corpos de prova deverão ter a seguinte composição em peso:

	I	II	III	IV	V
Pedra – (66%)	62,7	62,1	62,1	61,8	61,5
Areia – (30%)	28,5	28,3	28,1	27,9	27,7
C.P. – (4%)	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
CAP	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0

OBS.: As porcentagens acima foram assim calculadas por exemplo:

$$66 - 100$$

$$X - 95 \rightarrow X=62,7$$

Faz-se, conforme recomenda Marshall, 5 corpos de prova de cada traço.

Cada corpo de prova pesa $\cong 1.200\text{g}$ são cilindros de diâmetros igual a 4" e altura igual a 2 1/2".

Sobre estes corpos de prova são feitas as seguintes determinações:

1. Densidade Teórica:

$$D_t = \frac{100}{\frac{\%A}{D_A} + \frac{\%B}{D_B} + \frac{\%C}{D_C} + \dots} \quad (D_t = M/V_B)$$

2. Densidade Aparente:

$$\frac{M}{V_t} = \frac{P_{ao\ ar}}{P_{ao\ ar} - P_{n' \ água}}$$

3. % de Vazios:

$$\frac{V_v}{V_t} \times 100 = \frac{D_t - d_{aparente}}{D_t} \times 100$$

4. Vazios cheios com Betume:

$$VCB = \frac{V_L}{V_t} \rightarrow \frac{d_{ap} \%L}{D_L}$$

5. Vazios do agregado mineral:

$$VAM = \%V + VCB$$

6. Relação Betume-Vazios:

$$RBV = \frac{VCB}{VAM} \times 100$$

Faz-se também o ensaio de Estabilidade e Fluência.

O ensaio de estabilidade é feito na prensa Marshall. Junto com essa determinação, acha-se a Fluência. No ensaio de estabilidade, a amostra é colocada no molde e submetida à deformação, com uma velocidade padrão, até que se dê a ruptura, medindo-se nesse instante, a carga máxima que a produziu, sendo esta o valor da estabilidade Marshall.

No medidor de Fluência se mede o valor da deformação da mistura betuminosa. Este valor é um índice de propriedade plástica ou de deformação da mistura.

Submetemos os 5 corpos de prova de cada traço aos ensaios e anotamos o valor médio. Com estes valores construímos as curvas de Estabilidade, Vazios, Relação Betume-Vazios e Fluência, todas em função da percentagem de ligante.

Marca-se no eixo dos V%, RBV%, Estabilidade e Fluência intervalos dados pelos limites das especificações, e em função disso teremos vários intervalos de percentagens de ligantes. Acham-se os extremos das percentagens de ligante que atendem aos intervalos das especificações de %V, RBV%, Estabilidade Marshall e Fluência; esses extremos determinam um intervalo de percentagem de ligante onde qualquer ponto satisfaz às normas.

▪ FAIXAS DNER

ESPECIFICAÇÕES DA MISTURA USINADA

FAIXAS GRANULOMÉTRICAS

Peneira de Malha Quadrada		% Passando, em peso das Faixas			
Discriminação	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias Fixas de Projeto
2"	50,8	100	-	-	-
1 1/2"	38,1	95 - 100	100	-	± 7%
1"	25,4	75 - 100	95 - 100	-	± 7%
3/4"	19,1	60 - 90	80 - 100	100	± 7%
1/2"	12,7	-	-	85 - 100	± 7%
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	75 - 100	± 7%
nº 04	4,8	25 - 50	28 - 60	50 - 85	± 5%
nº 10	2	20 - 40	20 - 45	30 - 75	± 5%
nº 40	0,42	10 - 30	10 - 32	15 - 40	± 5%
nº 80	0,18	5 - 20	8 - 20	8 - 30	± 2%
nº 200	0,074	1 - 8	3 - 8	5 - 10	± 2%
% Betume Solúvel em CS2 (+)		4,0 a 7,0	4,5 a 7,5	4,5 a 9,0	± 3%
Função		Camada de Ligação (Binder)	Camada de Ligação e Rolamento	Camada de Rolamento	

CARACTERÍSTICAS MARSHALL - DNER

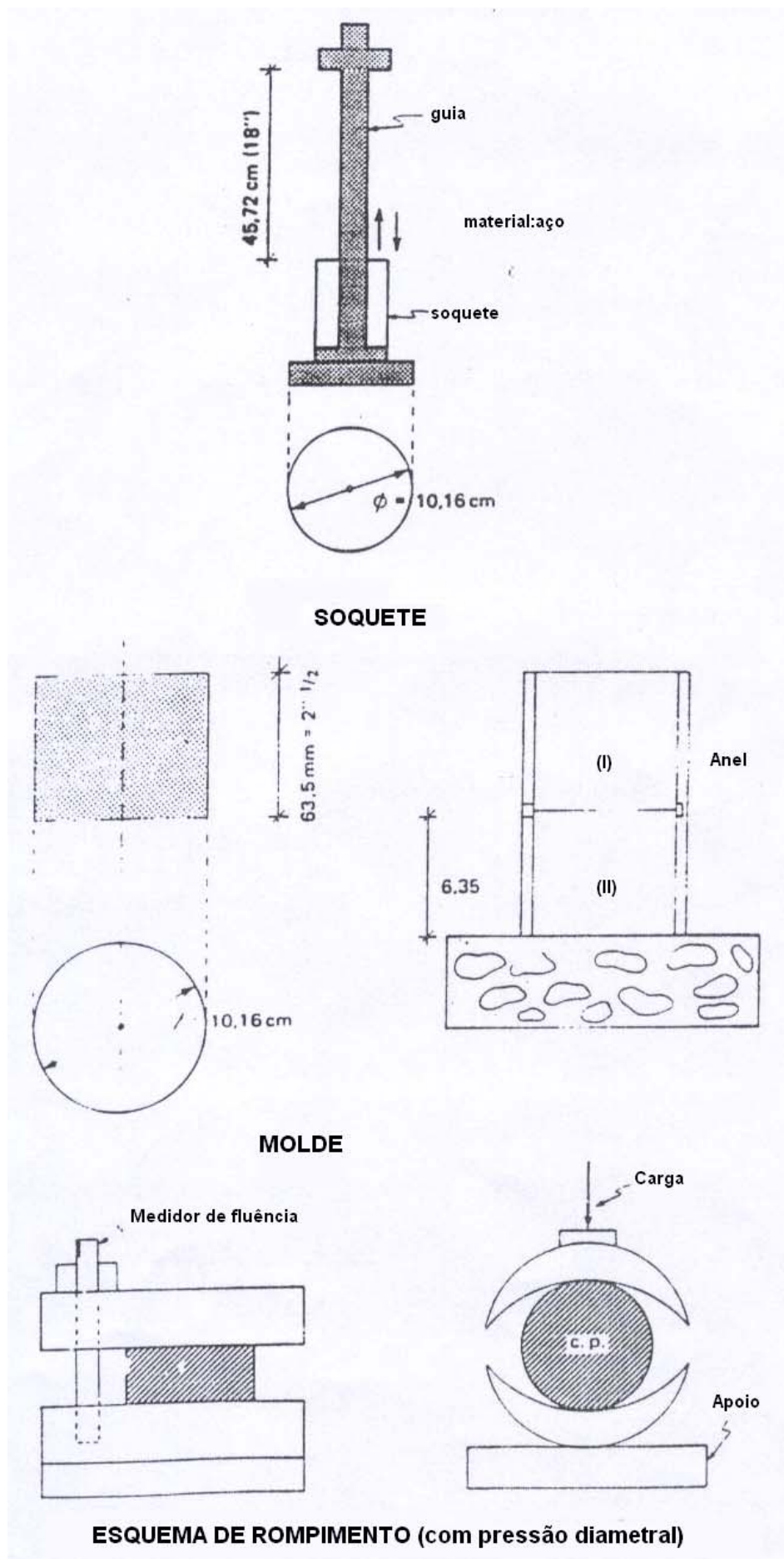
Discriminação	Camada de Rolamento	Camada de Ligação (Binder)
% Vv	3 a 5	4 a 6
RBV	75 - 82	65 - 72
Estabilidade (mín.)	350 kgf (75 golpes)	350 kgf (75 golpes)
Fluência (mm)	250 kgf (50 golpes)	250 kgf (50 golpes)
	2,0 - 4,5	2,0 - 4,5

CARACTERÍSTICAS MARSHALL - DER/PR

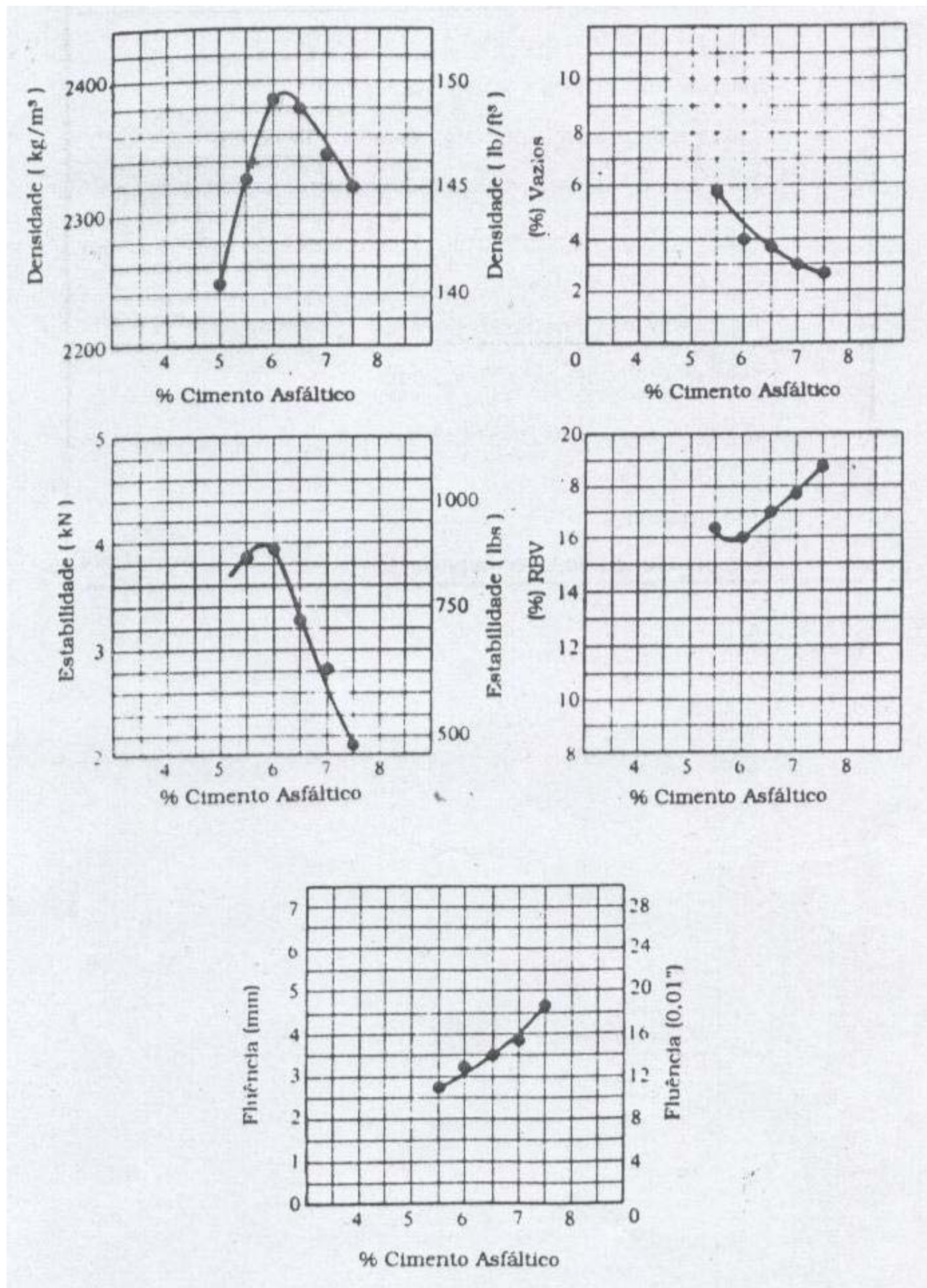
Discriminação	Camada de Rolamento	Camada de Ligação (Binder)
% Vv	3 a 5	4 a 7
RBV	75 - 82	65 - 72
Estabilidade (mín.)	500 a 1000 kgf (75 golpes)	500 a 1000 kgf (75 golpes)
	400 a 1000 kgf (50 golpes)	400 a 1000 kgf (50 golpes)
Fluência (0,01")	8 a 16 (75 golpes)	8 a 16 (75 golpes)
	8 a 18 (50 golpes)	8 a 18 (50 golpes)

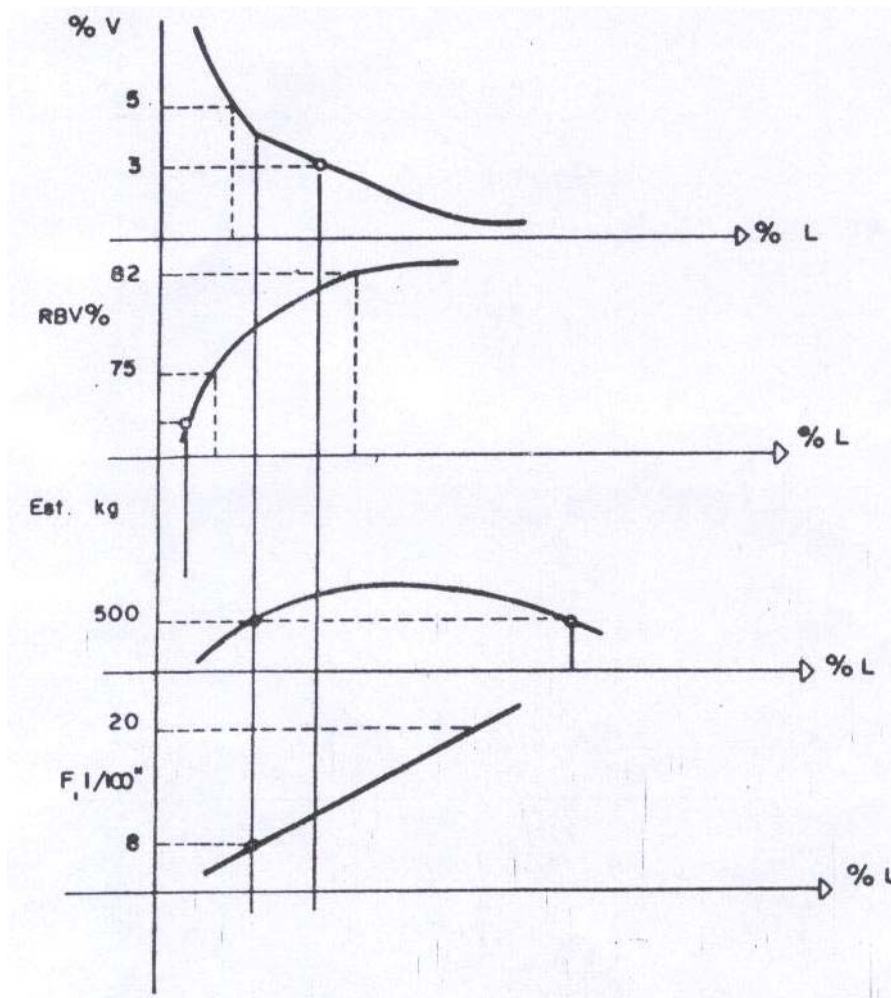
Diâmetro Máx. do Agregado		% VAM, mín. (DER/PR)
ASTM	mm	
1 1/2"	38,1	13
1"	25,4	14
3/4"	19,1	15
5/8"	15,9	15

▪ ENSAIO EM MISTURAS ASFÁLTICAS – ENSAIO MARSHALL



▪ RESULTADOS TÍPICOS DE UMA DOSAGEM MARSHALL





Às vezes não se encontra uma solução adequada. Temos de fazer algumas alterações no traço, vejamos, o que preconiza a "The Asphalt Institute".

1. ESTABILIDADE SATISFATÓRIA

a) Vazios menores que 3%

I – Reduzir a quantidade de filler ou asfalto, ou ambos.

II – Mudar as proporções de agregado graúdo e miúdo para produção de um VAM mais elevado.

b) Vazios maiores que 5%

I – Aumentar a quantidade de filler ou asfalto, ou ambos. Agregados porosos, tais como algumas escórias ou pedras calcárias, requerem a quantidade máxima especificada de asfalto.

II – Mudar as proporções de agregado graúdo e miúdo para produção de um VAM mais baixo.

2. ESTABILIDADE BAIXA DEMAIS

a) Vazios menores que 3%

I – Aumentar a quantidade de filler e reduzir a quantidade de asfalto

II – Aumentar a quantidade de agregado graúdo.

b) Vazios maiores que 5%

I – Aumentar a quantidade de filler

II – Mudar as proporções de agregado graúdo e miúdo para produção de um VAM mais baixo.

c) Vazios entre 3% e 5%

I – Se a quantidade de asfalto está próxima do limite superior, aumentar a quantidade de agregado graúdo e reduzir a percentagem.

II – Se quantidade de asfalto está próxima do limite inferior, é provável que o agregado mineral é inerentemente instável, e pode ser necessária a obtenção de agregado graúdo e miúdo de outra fonte. Se o agregado graúdo consiste de pedra britada, o problema está diretamente relacionado ao agregado miúdo. Se o agregado graúdo é cascalho, ele pode ser o responsável pela baixa estabilidade. De qualquer forma, antes da rejeição, as misturas deverão ser preparadas e ensaiadas, usando tanto as percentagens máximas do agregado graúdo permitidas pelas especificações quanto às mínimas.

3. ESTABILIDADE ALTA DEMAIS

A alta estabilidade medida por um ensaio de estabilidade padronizado pode ser devida a qualquer a qualquer um dos 3 seguintes fatores:

I – Localização crítica de um ou mais fragmentos grandes do agregado no corpo de prova compactado, com referência ao orifício através do qual a mistura é forçada (Ensaio de estabilidade Hubbard-Field). Este valor, no entanto, não indica a verdadeira estabilidade da mistura. Onde houver motivo para suspeitar da estabilidade elevada, particularmente nas misturas de agregado graúdo, o corpo de prova ensaiado deverá ser recolocado no molde de compactação com a superfície de extensão para cima e recomprimida depois de aquecida a 93,3°C (200°F). O corpo de prova recomprimido é então ensaiado pelo procedimento normal. Se o valor de estabilidade no 2º ensaio for menor que o do 1º ele representa mais proximamente o verdadeiro caráter da misturas.

II – Estabilidade inerente ao agregado mineral devido ao entrosamento dos fragmentos angulares, particularmente das partículas maiores. Este tipo de estabilidade é muito desejável e não requer nenhum limite superior.

Ele usualmente pode ser identificado pelo novo projeto da mistura usando um mínimo de agregado fino com a percentagem de asfalto ligeiramente superior à percentagem média de asfalto para a mistura especificada. A mistura reprojeta pode não ser satisfatória sob o ponto de vista de densidade, mas sua estabilidade é ainda alta.

A aparentemente excessiva estabilidade do projeto original é melhor que da outra maneira.

III – Alta estabilidade devida a alta densidade e pequena percentagem de vazios do agregado mineral compactado. Este tipo de alta estabilidade é indesejável e identifica-se pela sua natureza quebradiça no tempo frio, com pequena resistência ao “cracking” e à desagregação. Misturas deste tipo freqüentemente contêm excesso de filler mineral e uma deficiência de asfalto.

Correções apropriadas, entretanto, produzem um decréscimo da densidade do agregado compactado de maneira que a máxima percentagem de asfalto possa ser usada sem sobrepujar os vazios. Este procedimento pode ser acompanhado pelo uso de menos agregado miúdo e menos filler mineral.