

tadas à temperatura ambiente. O espalhamento pode ser feito com vibroacabadora ou até mesmo com motoniveladora, o que é conveniente para pavimentação urbana de ruas de pequeno tráfego. Também é possível estocar a mistura ou mesmo utilizá-la durante um dia inteiro de programação de serviços de conservação de vias (Abeda, 2001).

O uso de emulsões de ruptura lenta e mistura densa pode levar o PMF a apresentar resistências mecânicas maiores e mais adequadas para uso como revestimento. É possível também se lançar mão atualmente de emulsões modificadas por polímeros para atender características específicas de clima e tráfego (Abeda, 2001). A especificação técnica DNER-ES 317/97 se aplica a esses tipos de misturas asfálticas. Um resumo dessas especificações no que se refere às graduações e a alguns requisitos de dosagem é mostrado na Tabela 4.20.

**TABELA 4.20 FAIXAS GRANULOMÉTRICAS E CARACTERÍSTICAS DE DOSAGEM 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				

As vantagens da técnica de misturas a frio estão ligadas principalmente ao uso de equipamentos mais simples, trabalhabilidade à temperatura ambiente, boa adesividade com quase todos os tipos de agregado britado, possibilidade de estocagem e flexibilidade elevada (Abeda, 2001).

É possível ainda se utilizar as argamassas a frio, conhecidas como areias asfalto a frio – AAF – onde há carência de agregados pétreos graúdos. Podem ser usados: areia, pedrisco, pó de pedra, pó de escória ou combinação deles. Nesse caso é importante usar emulsão de ruptura lenta que tenha por base asfaltos mais consistentes para melhorar as características mecânicas da AAF (Abeda, 2001).

O DNIT inclui a possibilidade de uso de emulsão asfáltica modificada por polímero nos pré-misturados a frio. A especificação de serviço que rege essa aplicação é a DNER-

ES 390/99, que prevê as mesmas faixas granulométricas que as aplicações com emulsão asfáltica convencional, com pequenas alterações em alguns requisitos como volume de vazios de 5 a 25%, estabilidade mínima de 25kN com compactação dos corpos-de-prova Marshall com 75 golpes por face, e porcentagem de resíduo de emulsão entre 4,0 e 7,0 nas faixas C e D.

#### 4.3 MISTURAS *IN SITU* EM USINAS MÓVEIS

Em casos principalmente de selagem e restauração de algumas características funcionais, além dos tipos de mistura descritos acima, que empregam usinas estacionárias ou mesmo móveis em alguns casos, é possível usar outros tipos de misturas asfálticas que se processam em usinas móveis especiais que promovem a mistura agregados-ligante imediatamente antes da colocação no pavimento. São misturas relativamente fluidas, como a lama asfáltica e o microrrevestimento.

##### **Lama asfáltica**

As lamas asfálticas consistem basicamente de uma associação, em consistência fluida, de agregados minerais, material de enchimento ou fíler, emulsão asfáltica e água, uniformemente misturadas e espalhadas no local da obra, à temperatura ambiente. Esse tipo de mistura *in situ* começou a ser utilizado na década de 1960, nos Estados Unidos (*slurry seal*), na França e no Brasil (IBP, 1999; Abeda, 2001).

A lama asfáltica tem sua aplicação principal em manutenção de pavimentos, especialmente nos revestimentos com desgaste superficial e pequeno grau de trincamento, sendo nesse caso um elemento de impermeabilização e rejuvenescimento da condição funcional do pavimento. Aplica-se especialmente em ruas e vias secundárias. Eventualmente ainda é usada em granulometria mais grossa para repor a condição de atrito superficial e resistência à aquaplanagem. Outro uso é como capa selante aplicada sobre tratamentos superficiais envelhecidos. No entanto, não corrige irregularidades acentuadas nem aumenta a capacidade estrutural, embora a impermeabilização da superfície possa promover em algumas situações a diminuição das deflexões devido ao impedimento ou redução de penetração de água nas camadas subjacentes ao revestimento.

A lama asfáltica é processada em usinas especiais móveis que têm um silo de agregado e um de emulsão, em geral de ruptura lenta, um depósito de água e um de fíler, que se misturam em proporções preestabelecidas imediatamente antes de serem espalhadas através de barra de distribuição de fluxo contínuo e tanto quanto possível homogêneo, em espessuras delgadas de 3 a 4mm, sem compactação posterior. A especificação correspondente é a DNER-ES 314/97, cujas faixas granulométricas e algumas características da mistura constam da Tabela 4.10. A dosagem da lama asfáltica é realizada segundo as recomendações da ISSA – International Slurry Surfacing Association, empregando os equipamentos WTAT (*wet track abrasion test*), LWT (*loaded wheel tes-*

**TABELA 4.21 FAIXAS GRANULOMÉTRICAS E CARACTERÍSTICAS DE MISTURA RECOMENDADAS PELO DNIT PARA LAMA ASFÁLTICA (DNER-ES 314/97)**

Peneiras		Faixas				Tolerância
ABNT	Abertura (mm)	Porcentagem em massa, passando				
		I	II	III	IV	
3/8"	9,5	–	–	100	100	–
Nº 4	4,8	100	100	90–100	90–100	±5%
Nº 8	2,4	80–100	90–100	65–90	45–70	±5%
Nº 16	1,21	–	65–90	45–70	28–50	±5%
Nº 30	0,6	30–60	40–65	30–50	19–34	±5%
Nº 50	0,33	20–45	25–42	18–30	12–25	±4%
Nº 100	0,15	10–25	15–30	10–21	7–18	±3%
Nº 200	0,075	5–15	10–20	5–15	5–15	±2%
Mistura seca, kg/m <sup>2</sup>		4–6	2–5	5–8	8–13	
Espessura, mm		3–4	2–3	4–6	6–9	
% em relação ao peso da mistura seca						
Água		10–20	10–20	10–15	10–15	
Ligante residual		8,0–13,0	10,0–16,0	7,5–13,5	6,5–12,0	

*ter and sand adhesion*) e *WST (wet stripping test)*, também utilizados para a dosagem de microrrevestimento, mostrados no próximo item. A Figura 4.14 traz fotos de uma aplicação de lama asfáltica.

### Microrrevestimento asfáltico

Esta é uma técnica que pode ser considerada uma evolução das lamas asfálticas, pois usa o mesmo princípio e concepção, porém utiliza emulsões modificadas com polímero para aumentar a sua vida útil. O microrrevestimento é uma mistura a frio processada em usina móvel especial, de agregados minerais, fíler, água e emulsão com polímero, e eventualmente adição de fibras (ABNT NBR 14948/2003).



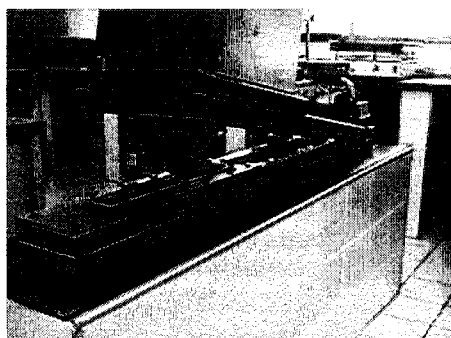
**Figura 4.14 Exemplo de aplicação de lama asfáltica em um trecho de via urbana**  
(Fotos: BR Distribuidora)

Há vantagens em se aplicar o microrrevestimento com emulsão asfáltica de ruptura controlada modificada por polímero. A emulsão é preparada de tal forma que permita sua mistura aos agregados como se fosse lenta e em seguida sua ruptura torna-se rápida para permitir a liberação do tráfego em pouco tempo, por exemplo, duas horas.

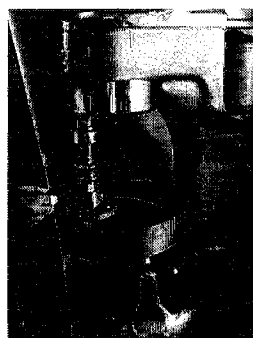
O microrrevestimento é utilizado em:

- recuperação funcional de pavimentos deteriorados;
- capa selante;
- revestimento de pavimentos de baixo volume de tráfego;
- camada intermediária anti-reflexão de trincas em projetos de reforço estrutural.

A Figura 4.15 mostra os equipamentos usados para dosagem de lama asfáltica e microrrevestimento, conhecidos como LWT (*loaded wheel tester and sand adhesion*) e WTAT (*wet track abrasion test*), especificados pela ABNT NBR 14841/2002 e ABNT NBR 14746/2001, respectivamente. Além desses dois ensaios ainda são utilizados os seguintes procedimentos de dosagem: ABNT NBR 14798/2002 – determinação da coesão e características da cura pelo coesímetro (Figura 4.16); ABNT NBR 14949/2003 – caracterização da fração fina por meio da absorção do azul-de-metileno; ABNT NBR 14757/2001 – determinação da adesividade de mistura (Figura 4.17). Esses ensaios serão aplicados na dosagem que será vista no Capítulo 5.

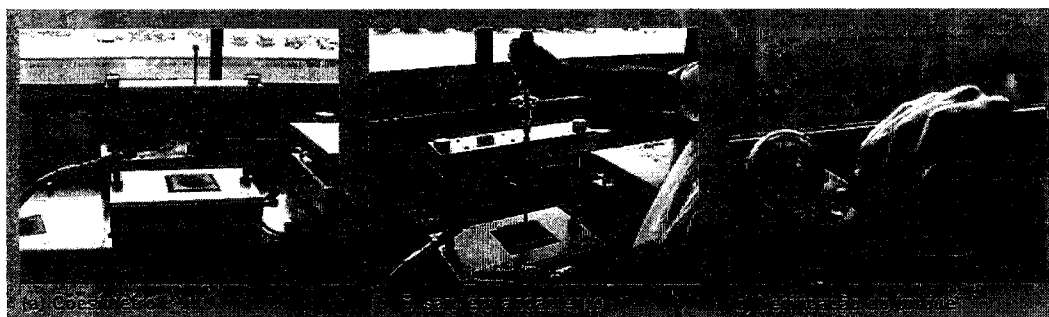


(a) LWT – máquina de ensaio de adesão da areia

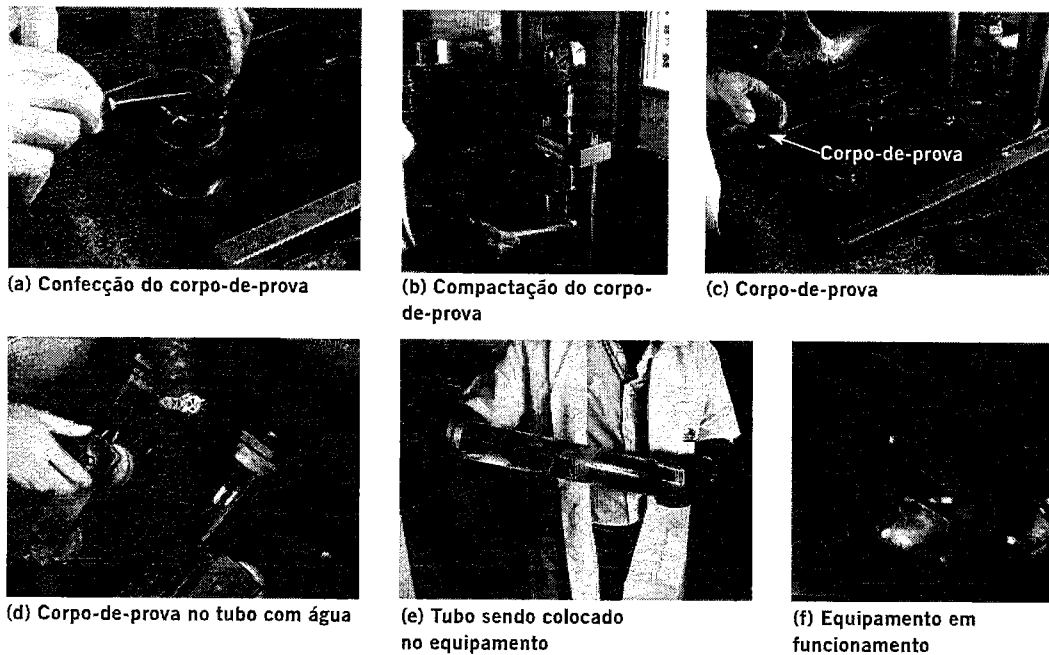


(b) WTAT – abrasão úmida

**Figura 4.15 Equipamentos de LWT e WTAT usados na dosagem de microrrevestimento e lama asfáltica**



**Figura 4.16 Etapas do ensaio de coesão de dosagem de microrrevestimento asfáltico**



**Figura 4.17** Etapas do ensaio Schulze-Breuer e Ruck de dosagem de microrrevestimento asfáltico

A Figura 4.18 mostra exemplos de aplicação de microrrevestimento, cujas especificações podem ser vistas em DNIT 035/2005-ES e ABNT NBR 14948/2003. A Figura 4.19 mostra uma aplicação de microrrevestimento como camada de manutenção de pavimentos em uso.

#### 4.4 MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS

Quando um pavimento asfáltico em uso torna-se deteriorado estruturalmente, há 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 por equipamento especial – fresadora – e execução de nova camada de revestimento asfáltico. O material gerado no corte pode ser reaproveitado por reciclagem.

Entende-se por reciclagem de pavimentos 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.

Fresagem é a operação de corte, por uso de máquinas especiais, de parte ou de todo o revestimento asfáltico existente em um trecho de via, ou até englobando outra camada do pavimento, como forma de restauração da qualidade ao rolamento da superfície, ou como melhoria da capacidade de suporte.



**Figura 4.18** Exemplos de aplicação de microrrevestimento asfáltico em rodovia de tráfego pesado como restauração funcional



(a) Antes da aplicação



(b) Após a aplicação

**Figura 4.19** Exemplo de aplicação de microrrevestimento asfáltico  
(Fotos: BR Distribuidora)

Existem inúmeros equipamentos atualmente que permitem processar esse corte, chamados de máquinas fresadoras, ou simplesmente fresadoras, que utilizam rolos especiais munidos de pontas (*bits*) cortantes pela presença de diamantes nas mesmas – Figura 4.20. Mais informações sobre esse processo de fresagem e sobre fresadoras podem ser vistas em Bonfim (2000), por exemplo, e nas páginas dos fabricantes.

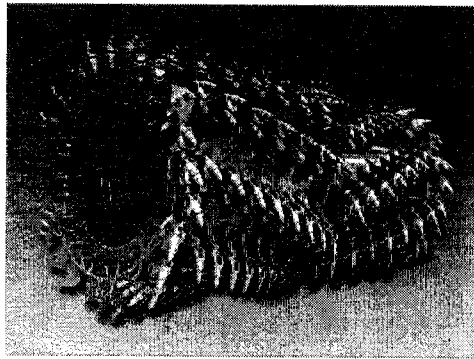


Figura 4.20 Exemplo de um rolo de corte de uma fresadora

A Figura 4.21 mostra um exemplo de um processo de fresagem em uma rodovia, mostrando ainda o material fresado sendo recolhido em um caminhão para posterior reaproveitamento e a superfície ranhurada resultante do corte com os *bits* fresadores.

Normalmente os agregados de uma mistura envelhecida mantêm as suas características físicas e de resistência mecânica intactas, enquanto o ligante asfáltico tem suas características alteradas, tornando-se mais viscoso nessa condição. É possível reaproveitar totalmente o material triturado ou cortado pelas fresadoras e recuperar as características do ligante com a adição de agentes de reciclagem ou rejuvenescedores.

A reciclagem pode ser efetuada:

- a quente, utilizando-se CAP, agente rejuvenescedor (AR) e agregados fresados aquecidos;
- a frio, utilizando EAP, agente rejuvenescedor emulsionado (ARE) e agregados fresados à temperatura ambiente.

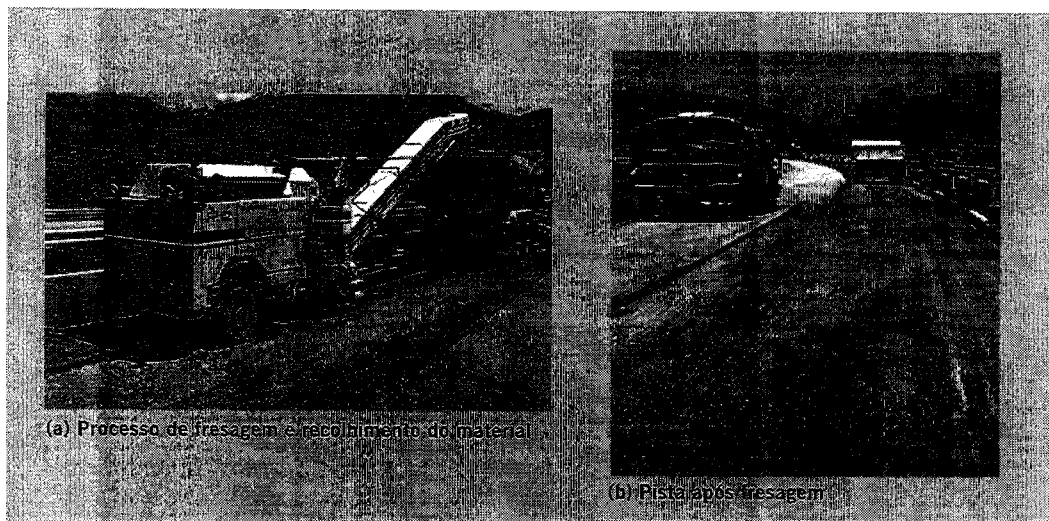


Figura 4.21 Exemplo de fresadora e de serviço de fresagem em uma rodovia

Pode ser realizada em:

- usina, a quente ou a frio – o material fresado é levado para a usina;
- *in situ*, a quente ou a frio – o material fresado é misturado com ligante no próprio local do corte, seja a quente (CAP), seja a frio (EAP) por equipamento especialmente concebido para essa finalidade;
- *in situ*, com espuma de asfalto. Nesse caso pode ser incorporada ao revestimento antigo uma parte da base, com ou sem adição de ligantes hidráulicos, formando uma nova base que será revestida de nova mistura asfáltica como camada de rolamento.

Há, ainda, um outro processo de melhoria da condição funcional de um revestimento ainda novo que apresente problema construtivo que é a termorregeneração. Esse é um processo de reciclagem que envolve pequenas espessuras de revestimento e não há em geral fresagem e sim um aquecimento e posterior recompactação do trecho a ser corrigido.

A Figura 4.22 mostra exemplos de equipamentos de reciclagem a frio *in situ*, com emulsão modificada com (a) espuma de asfalto ou (b) com agente rejuvenescedor (ARE). Há numerosas vantagens técnicas em se utilizar a fresagem e a reciclagem nos processos de recuperação de pavimentos degradados, além da questão ecológica de preservação de recursos minerais escassos.

Essas técnicas têm sido freqüentemente utilizadas no país e atualmente já se tem vasta experiência nesse serviço. As especificações DNIT 033/2005 e DNIT 034/2005 indicam os requisitos a serem atendidos para reciclagem em usina ou *in situ*, respectivamente.

#### 4.5 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.

Define 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’). O tratamento múltiplo inicia-se em todos os casos pela aplicação do ligante que penetra de baixo para cima na primeira camada de agregado, enquanto a penetração das seguintes camadas de ligante é tanto ‘invertida’ como ‘direta’. A espessura acabada é da ordem de 5 a 20mm.”

As principais funções do tratamento superficial são:

- proporcionar uma camada de rolamento de pequena espessura, porém, de alta resistência ao desgaste;



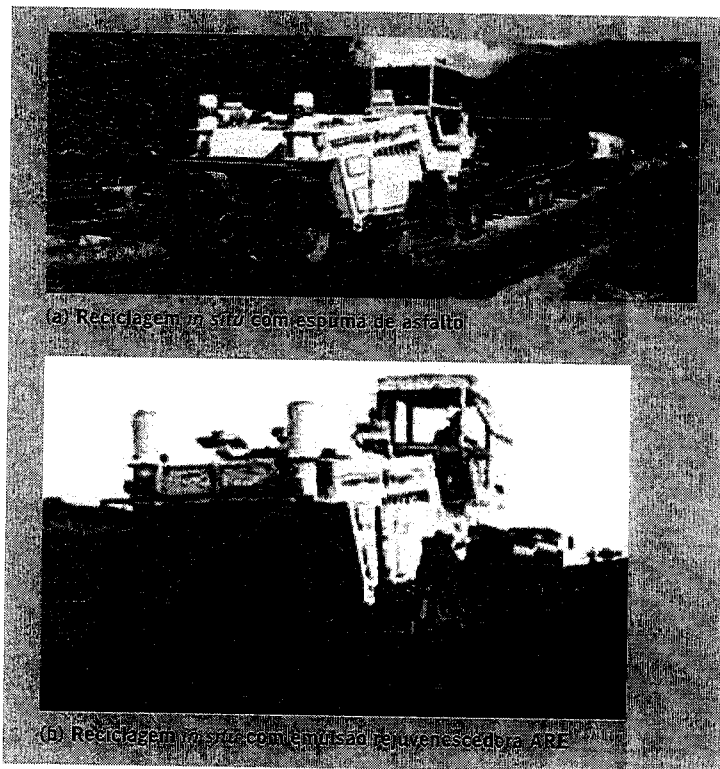


Figura 4.22 Exemplos de equipamentos do tipo fresadoras-recicladoras *in situ*

- impermeabilizar o pavimento e proteger a infra-estrutura do pavimento;
- proporcionar um revestimento antiderrapante;
- proporcionar um revestimento de alta flexibilidade que possa acompanhar deformações relativamente grandes da infra-estrutura.

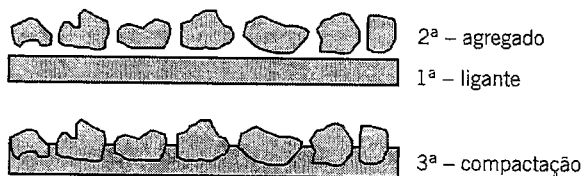
Devido à sua pequena espessura, o tratamento superficial não aumenta substancialmente a resistência estrutural do pavimento e não corrige irregularidades (longitudinais ou transversais) da pista caso seja aplicado em superfície com esses defeitos.

De acordo com o número de camadas sucessivas de ligantes e agregados, podem ser:

- TSS – tratamento superficial simples;
- TSD – tratamento superficial duplo;
- TST – tratamento superficial triplo.

A Figura 4.23 mostra esquematicamente esses três tipos de revestimentos. Nos tratamentos múltiplos em geral a primeira camada é de agregados de tamanhos maiores e eles vão diminuindo à medida que constituem nova camada. A Tabela 4.22 mostra um exemplo de faixas granulométricas que podem ser empregadas no TSD, segundo norma DNER-ES 309/97.

Fases de execução – TSS  
(Penetração invertida)



Fases de execução – TSD  
(Penetração invertida)

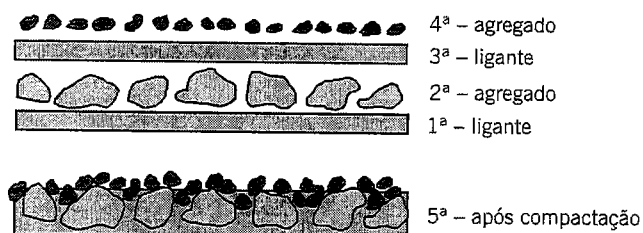


Figura 4.23 Esquema de tratamentos superficiais (sem escala)  
(Fonte: Nascimento, 2004)

TABELA 4.22 EXEMPLO DE FAIXAS GRANULOMÉTRICAS PARA TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO  
DNER-ES 309/97

Peneiras		Faixas			Tolerância
ABNT	mm	Porcentagem em massa, passando			
		A	B	C	
		1ª camada	1ª ou 2ª camada	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%

São ainda incluídos na família dos tratamentos superficiais, que se caracterizam pelo espalhamento de materiais separadamente e o envolvimento do agregado pela penetração do ligante (sempre com pequenas espessuras):

- \* *capa selante* por penetração: selagem de um revestimento betuminoso por espalhamento de ligante betuminoso, com ou sem cobertura de agregado miúdo. Espessura acabada: até 5mm, aproximadamente. Frequentemente usada como última camada em tratamento superficial múltiplo. Quando não usada cobertura de agregado miúdo, usa-se também o termo “pintura de impermeabilização” ou *fog seal*;
- \* *tratamento superficial primário* por penetração: tratamento para controle de poeira (antipó) de estradas de terra ou de revestimento primário, por espalhamento de li-

gante betuminoso de baixa viscosidade, com ou sem cobertura de agregado miúdo. O ligante deve penetrar, no mínimo, de 2 a 5mm na superfície tratada;

- *lama asfáltica*: capa selante por argamassa pré-misturada. Espessura acabada de 2 a 5mm;
- *macadame betuminoso* por penetração (direta): aplicações sucessivas (geralmente duas) de agregado e ligante betuminoso, por espalhamento. Inicia-se pela aplicação do agregado mais graúdo. Espessura acabada maior que 20mm. É mais usado como base ou *binder*, em espessuras maiores que 50mm.

A maior parte da estabilidade do tratamento superficial por penetração simples deve-se à adesão conferida pelo ligante entre o agregado e o substrato, sendo secundária a contribuição dada pelo entrosamento das partículas. Já no macadame betuminoso, a estabilidade é principalmente obtida pelo travamento e atrito entre as pedras, complementada pela coesão conferida pelo ligante. Do tratamento superficial por penetração simples até o tratamento múltiplo, há uma transição no que diz respeito à estabilidade. Entretanto, quanto mais aplicações se adotam no tratamento superficial, mais duvidosas serão as vantagens econômicas do processo; nesse caso um outro tipo de revestimento, como pré-misturado, deve ser levado em conta.

Discriminam-se, freqüentemente, os tratamentos superficiais múltiplos em diretos e invertidos:

- denomina-se por penetração invertida o tratamento iniciado pela aplicação do ligante, como é o caso do tratamento superficial clássico no caso de ligantes a quente. O tratamento superficial simples sempre é totalmente de penetração invertida;
- o termo penetração direta foi introduzido para melhor identificar os tratamentos superficiais, principalmente em acostamentos, executados com emulsão de baixa viscosidade, onde é necessário iniciar-se por um espalhamento de agregado para evitar o escorrimento do ligante. Nesse tipo de tratamento, era prevista uma penetração (agulhamento) significativa do agregado no substrato já durante a compactação. Essa ancoragem é necessária para compensar a falta de ligante por baixo do agregado. Portanto, a primeira camada de agregado, nesse tipo de tratamento, deve ser considerada, também, como um complemento à base.

Desaconselha-se o uso de emulsão de baixa viscosidade em tratamento superficial por penetração (somente em capa selante). Recomenda-se ainda iniciar o tratamento superficial convencional por uma aplicação de ligante quando não há um agulhamento significativo da primeira camada de agregado. A partir de um tamanho de agregado da ordem de 25mm pode-se iniciar o tratamento por espalhamento de agregado (mesmo sem agulhamento), sem prévio banho de ligante, uma vez que o atrito entre as partículas e a própria inércia de cada pedra contribuem significativamente para a estabilidade da camada.

A construção de um tratamento superficial simples consiste das seguintes etapas (ver em maiores detalhes no Capítulo 8):

1. *aplicação do ligante asfáltico*: sobre a base imprimada, curada e isenta de material solto, aplica-se um banho de ligante com carro-tanque provido de barra espargidora;
2. *espalhamento do agregado*: após a aplicação do ligante, efetua-se o espalhamento do agregado, de preferência com caminhões basculantes dotados de dispositivos distribuidores;
3. *compactação*: após o espalhamento do agregado, é iniciada a compressão do mesmo sobre o ligante, com rolo liso ou pneumático.

Podem ser empregados cimentos asfálticos ou emulsões asfálticas nesse tipo de construção, atualmente sendo usados também ligantes modificados por polímero ou por borracha de pneus.

A Figura 4.24 mostra alguns exemplos dessas etapas construtivas pelo processo mais tradicional onde são empregados equipamentos independentes para a aplicação de ligante asfáltico e distribuição de agregados, enquanto na Figura 4.25 são mostrados exemplos de etapas construtivas com a nova geração de equipamentos especialmente preparados com silos de agregado e de ligante combinados em um único veículo, melhorando a eficiência e regularidade na aplicação dos tratamentos superficiais.

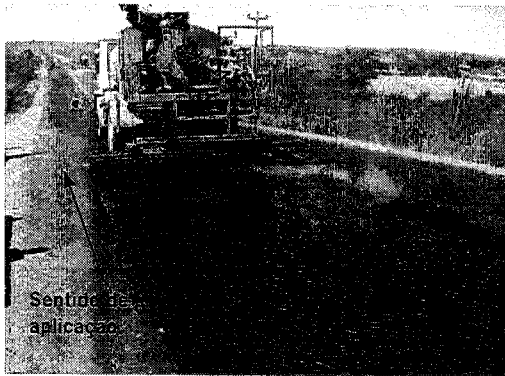
A capa selante, como o nome indica, permite a selagem de um revestimento betuminoso por espalhamento de ligante betuminoso, com ou sem cobertura de agregado miúdo. Frequentemente usada como última camada em tratamento superficial múltiplo.

O macadame betuminoso tem sido pouco empregado nos últimos anos, e é obtido por penetração direta: espalha-se primeiro o agregado e depois o ligante betuminoso. Inicia-se pela aplicação do agregado mais graúdo (DNER-ES 311/97).

O tratamento superficial primário – TAP (antipó) de estradas de terra ou de revestimento primário é uma alternativa de baixo custo para locais de baixíssimo volume de tráfego e é obtida por espalhamento de ligante de baixa viscosidade, com cobertura de agregado miúdo (DER-BA 023/00).

Abeda (2001) define que o tratamento antipó consiste no espalhamento de emulsão asfáltica catiônica, com posterior aplicação de agregado mineral, sobre uma superfície não-pavimentada, com a finalidade de evitar a propagação do pó.

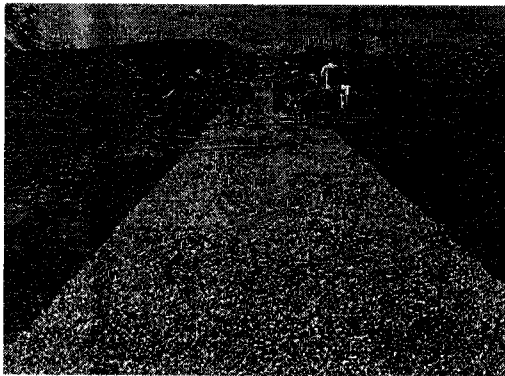
A tentativa de associar um ligante asfáltico a um revestimento primário, com finalidade de utilização em pavimentos de baixo volume de tráfego, não é recente. Em 1959, na BR-135/MA, foi construído o primeiro trecho da técnica de antipó (Santana, 1978). A técnica de tratamento antipó ou contrapó já foi bastante empregada na Bahia (Costa, 1986). Em 1968, o DER do estado (DER-BA) realizou sua primeira experiência. Foram construídos 43km da rodovia BA-046, na qual aproveitou-se o revestimento primário existente e aplicou-se uma imprimação de asfalto diluído CR-250. O agregado utilizado sobre o CR-250 foi uma areia lavada de rio. Em 1969, o DER-BA construiu um trecho de 80km na BR-235, Rodovia Petrolina–Casa Nova, utilizando uma emulsão RM-1C sobre 150mm de espessura de material granular (Santana, 1978). Uma contagem de tráfego efetuada naquela época registrou um volume diário de 210 veículos, sendo 67% de car-



(a) Aplicação de ligante



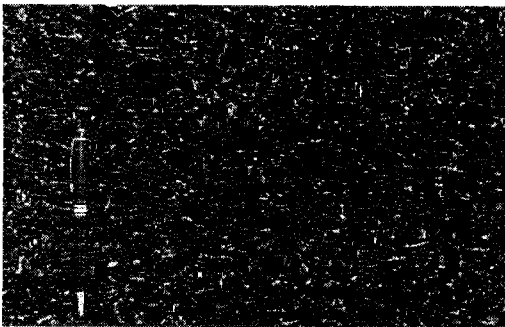
(b) Distribuição de agregados



(c) Correção de imperfeições



(d) Compressão dos agregados



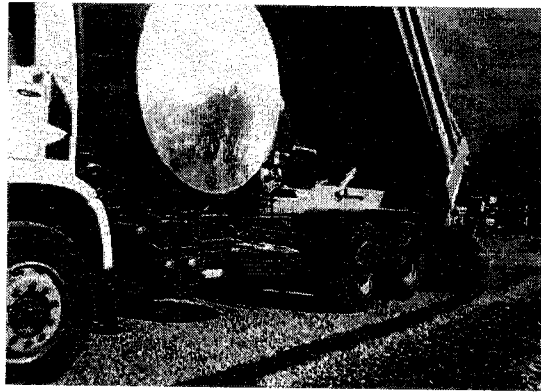
(e) Aspecto superficial



(f) Vista geral

**Figura 4.24** Etapas construtivas de um tratamento superficial simples pelo sistema convencional

ros de passeio. Devido ao grande sucesso obtido, o DER-BA construiu numerosos trechos com diferentes características quanto ao volume de tráfego e quanto ao índice de pluviosidade da região, gerando as normas DER-BA-1985 e DER-BA ES-P-23/00. Segundo o referido órgão, o estado já construiu cerca de 5.000km de tratamento antipó utilizando ligantes asfálticos na forma de emulsões convencionais e asfaltos diluídos.



(a) Equipamento espargidor e distribuidor de agregados combinados



(b) Detalhe de aplicação



(c) Compressão dos agregados

**Figura 4.25** Exemplos de equipamentos e etapas construtivas de um tratamento superficial simples pelo sistema do equipamento especial com silos de agregado e ligante no mesmo veículo

(Fotos: Santos, 2003)

À medida que evoluem as emulsões asfálticas, por exemplo, por adição de óleo de xisto (emulsão antipó) ou outros aditivos, é possível se conseguir melhores resultados mesmo com essa técnica muito simples, quando o volume de tráfego é pequeno e de baixo peso, caso freqüente em ruas e estradas municipais vicinais.

Com o intuito de verificar a durabilidade da técnica antipó e de melhorar o nível de sucesso na sua dosagem, aliado à escolha adequada do material de base, Duque Neto *et al.* (2004) procuraram ensaios para avaliar o comportamento do tratamento quando submetido ao desgaste do tráfego. Os ensaios escolhidos para esse teste foram metodologias associadas à dosagem de microrrevestimento asfáltico, com algumas modificações.

Os ensaios de desgaste LWT e WTAT, convencionalmente utilizados na dosagem de microrrevestimento, tiveram seus moldes para confecção do corpo-de-prova alterados, visto a necessidade de criação de uma camada de solo que pudesse ser comparada à superfície da base do pavimento que recebe o tratamento antipó. Para o LWT foram confeccionados moldes de 50,0mm de altura, 50,8mm de largura e 381,0mm de comprimento. Para o ensaio WTAT foram confeccionados moldes de 300mm de diâmetro e 50,0mm de altura. As con-

dições de carregamento, velocidades do equipamento e tipo de superfície de contato foram mantidas conforme os ensaios padronizados pela ABNT NBR 14746 e ABNT NBR 14841.

Os métodos de ensaios modificados permitem verificar a durabilidade da base imprimada quando ela está sujeita à ação do tráfego. Considera-se que, se a base imprimada possuir uma boa interação com a emulsão proporcionando boa resistência ao desgaste, o sucesso da técnica estará garantido, visto que a impermeabilização da base estará satisfeita.

O pó utilizado no salgamento da técnica do tratamento antipó possui a finalidade de proteger a camada imprimada e estará submetido à ação do tráfego. Portanto, é necessária a realização do ensaio de desgaste nessa camada, e o seu sucesso depende da qualidade da emulsão aplicada no segundo banho e do material granular utilizado (pó de pedra, areia etc.).

As Figuras 4.26 e 4.27 mostram alguns aspectos desses testes modificados e a Figura 4.28 apresenta fotos de aplicação de tratamento antipó em campo. O mesmo se pode aplicar ao projeto de tratamento superficial simples (Thuler, 2005).

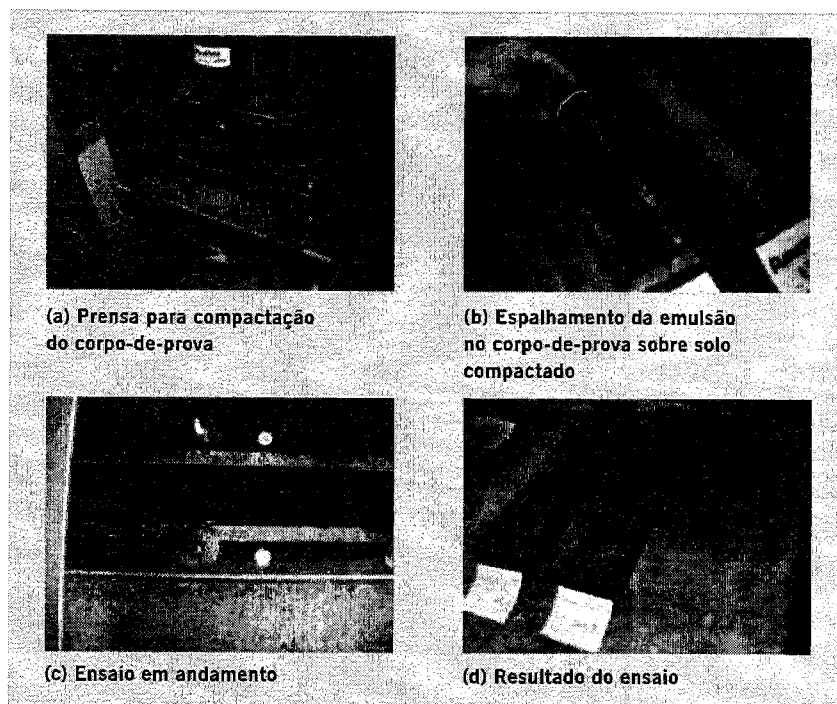
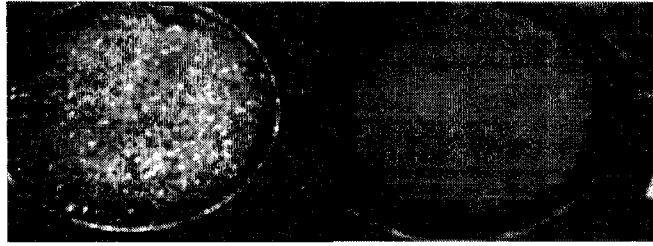


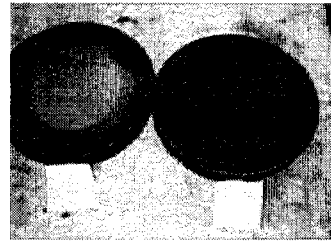
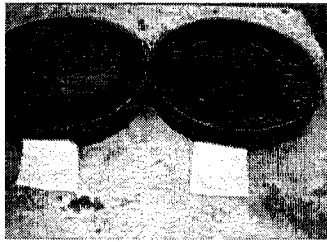
Figura 4.26 Ensaio de desgaste LWT modificado para antipó (Duque Neto *et al.*, 2004)



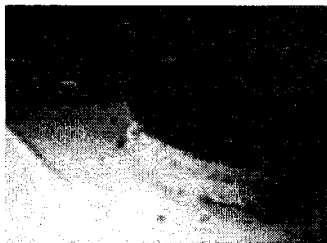
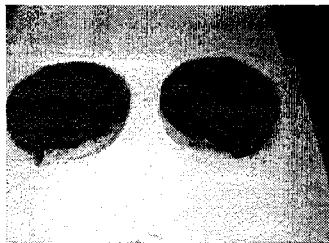
(a) Equipamento WTAT



(b) Amostras compactadas



(c) Emulsão antipó e RM-1C em diferentes amostras



(d) Amostras extraídas do WTAT

Figura 4.27 Ensaio de desgaste WTAT modificado para antipó (Duque Neto *et al.*, 2004)

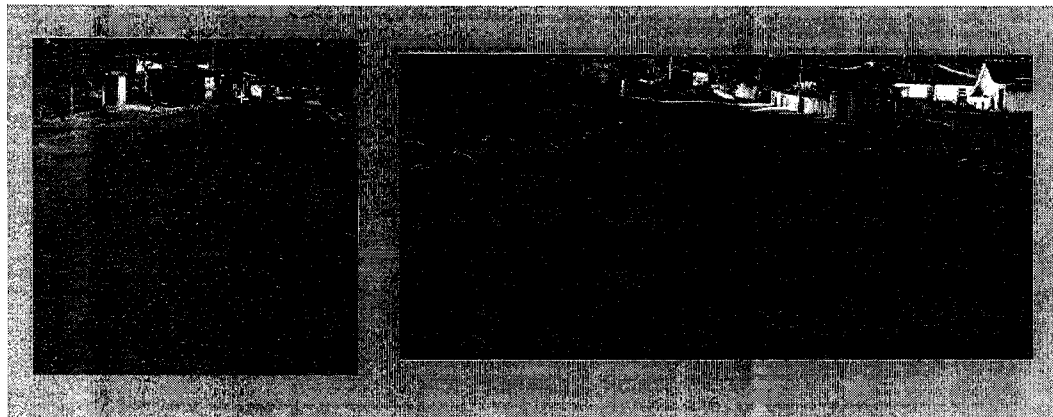


Figura 4.28 Exemplos de aplicação em campo de tratamento antipó com emulsão à base de óleo de xisto (Castro, 2003)



## BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA

- AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO T 85: *standard method of test for specific gravity and absorption of coarse aggregate*. USA, 1991.
- \_\_\_\_\_. AASHTO T 104: *standard method of test for soundness of aggregate by use of sodium sulfate or magnesium sulfate*. USA, 1999.
- \_\_\_\_\_. AASHTO D 5821: *standard test method for determining the percentage of fractured particles in coarse aggregate*. USA, 2001.
- \_\_\_\_\_. AASHTO T 96: *standard method of test for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles Machine-HM-22: part IIA*. USA, 2002.
- ABEDA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO. *Manual básico de emulsões asfálticas. Soluções para pavimentar sua cidade*. Rio de Janeiro: ABEDA, 2001.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14746: *microrrevestimento a frio e lama asfáltica: determinação de perda por abrasão úmida (WTAT)*. Rio de Janeiro, 2001.
- \_\_\_\_\_. NBR 14758: *microrrevestimentos e lamas asfálticas: determinação do tempo mínimo de mistura*. Rio de Janeiro, 2001.
- \_\_\_\_\_. NBR 14757: *microrrevestimentos e lamas asfálticas: determinação da adesividade de misturas*. Rio de Janeiro, 2001.
- \_\_\_\_\_. NBR 14798: *microrrevestimentos asfálticos: determinação da coesão e características da cura pelo coesímetro*. Rio de Janeiro, 2002.
- \_\_\_\_\_. NBR 14841: *microrrevestimentos a frio: determinação de excesso de asfalto e adesão de areia pela máquina LWT*. Rio de Janeiro, 2002.
- \_\_\_\_\_. NBR 14948: *microrrevestimentos asfálticos a frio modificados por polímero: materiais, execução e desempenho*. Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_. NBR 14949: *microrrevestimentos asfálticos: caracterização da fração fina por meio da absorção de azul-de-metileno*. Rio de Janeiro, 2003.
- AIPCR – ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE. *Emploi des liants bitumineux modifiés, des bitumes spéciaux et des bitumes avec additifs en techniques routières*. Guide Technique. La Defense: AIPCR, Sept. 1999.
- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-36: *standard test method for softening point of bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)*. USA, 1995.
- \_\_\_\_\_. ASTM D-4402: *standard test method for viscosity determination of asphalt at elevated temperatures using a rotational viscometer*. USA, 2002.
- \_\_\_\_\_. ASTM D-5: *standard test method for penetration of bituminous materials*. USA, 2006.
- BELIGNI, M.; VILLIBOR, D.F.; CINCERRE, J.R. Mistura asfáltica do tipo SMA (Stone Mastic Asphalt): solução para revestimentos de pavimentos de rodovias e vias urbanas de tráfego intenso. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS E CONTROLE TECNOLÓGICO, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: 2000. 1 CD-ROM.
- BONFIM, V. *Fresagem de pavimentos asfálticos*. 1. ed. São Paulo: Fazendo Arte, 2000. 112 p.
- BROSSEAUD, Y. Método francês para dosagem de misturas asfálticas: abordagem, métodos de ensaio, confiabilidade e validade. In: ENCONTRO DO ASFALTO, 16., 2002, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: IBP, 2002a. 1 CD-ROM.

- \_\_\_\_\_. Revestimentos asfálticos franceses: panorama das técnicas, balanço de comportamento. In: ENCONTRO DO ASFALTO, 16., Rio de Janeiro, 2002. *Anais...* Rio de Janeiro: IBP, 2002b. 1 CD-ROM.
- BROSSEAUD, Y.; BOGDANSKI, B.; CARRE, D. *Transfert de technologie réussi entre la France et la Pologne: première réalisation d'un chantier de renforcement utilisant un enrobé à haut module et un béton bitumineux très mince*. Revue générale des Routes et Aérodrômes, n. 816, Avril, p. 60-67, 2003.
- BROSSEAUD, Y.; DELORME, J-L.; HIERNAUX, R. Use of LPC wheel-tracking rutting tester to select asphalt pavements resistant to rutting. *Transportation Research Record*. Pavement Design, Management and Performance, Washington, n. 1384, p. 59-68, 1993.
- CASTRO, C.A.A. *Estudo da técnica de antipó com emulsão de xisto em pavimentos para baixo volume de tráfego*. 2003. 188 f. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- CORDEIRO, W. R. *Comportamento de Concretos Asfálticos Projetados com Cimento Asfáltico Modificado por Borracha de Pneu*. 2006. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.
- COSTA, C.A. *Tratamento antipó – (TAP)*. In: ENCONTRO DO ASFALTO, 8., 1986, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: IBP, 1986. p. 176-78.
- CORTÉ, J-F. Development and uses of hard-grade asphalt and of high-modulus asphalt mixes in France. *Perpetual bituminous pavements*. Transportation Research Circular. n. 503. 2001.
- DERBA – DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – BA. *Tratamento contra pó em estradas do DER-BA*. Relatório Interno do Serviço de Pesquisas Tecnológicas – DER-BA. 1985. Salvador, 1985.
- DERBA – DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – BA. ES P 23/00: *pavimentação: tratamento contra pó*. Salvador, 2000.
- DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. ES 308/97: *pavimentação: tratamento superficial simples*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 309/97: *pavimentação: tratamento superficial duplo*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 310/97: *pavimentação: tratamento superficial triplo*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 311/97: *pavimentação: macadame betuminoso por penetração*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 312/97: *pavimentação: areia-asfalto a quente*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 313/97: *pavimentação: concreto betuminoso*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 314/97: *pavimentação: lama asfáltica*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 317/97: *pavimentação: pré-misturado a frio*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 318/97: *pavimentação: concreto betuminoso a quente na usina*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 319/97: *pavimentação: concreto betuminoso reciclado a quente no local*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ES 320/97: *pavimentação: microrrevestimento betuminoso a frio*. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. ME 382/99: *determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos modificados por polímeros, pelo método do ductilômetro*. Rio de Janeiro, 1999.
- \_\_\_\_\_. ES 386/99: *pavimentação: pré-misturado a quente com asfalto polímero: camada porosa de atrito*. Rio de Janeiro, 1999.
- \_\_\_\_\_. ES 387/99: *pavimentação: areia asfalto a quente com asfalto polímero*. Rio de Janeiro, 1999.

- \_\_\_\_\_. ES 389/99: *pavimentação: microrrevestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero*. Rio de Janeiro, 1999.
- \_\_\_\_\_. ES 390/99: *pavimentação: pré-misturado a frio com emulsão modificada por polímero*. Rio de Janeiro, 1999.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 031/2004 – ES: *pavimentação: concreto asfáltico*. Rio de Janeiro, 2004.
- \_\_\_\_\_. DNIT 032/2005 – ES: *pavimentos flexíveis: areia asfalto a quente: especificação de serviço*. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. DNIT 033/2005 – ES: *pavimentos flexíveis: concreto asfáltico reciclado a quente na usina*. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. DNIT 034/2005 – ES: *pavimentos flexíveis: concreto asfáltico reciclado a quente no local*. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. DNIT 035/2005 – ES: *microrrevestimento asfáltico*. Rio de Janeiro, 2005.
- DUQUE NETO, F.S. *Proposição de metodologia para escolha de solo e dosagem de antipó com emulsão de óleo de xisto*. 2004. 267 f. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- DUQUE NETO, F.S.; MOTTA, L.M.G.; LEITE, L.F.M. Proposta de método de dosagem de tratamento contra pó para vias de baixo volume de tráfego. In: ENCONTRO DO ASFALTO, 17., 2004, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: IBP, 2004. 1 CD-ROM.
- FERREIRA, P.N. *Estudo da utilização de revestimentos asfálticos delgados a quente para pavimentos tipo BBTM no Brasil*. 2006. 200f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- FRITZEN, M.A. *Avaliação de soluções de reforço de pavimento asfáltico com simulador de tráfego na rodovia Rio-Teresópolis*. 2005. 291 f. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- IBP – INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO. *Informações básicas sobre materiais asfálticos*. Rio de Janeiro: IBP, 1999.
- ISSA – INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION. *Micro surfacing, pavement resurfacing*. USA, 2001.
- \_\_\_\_\_. *Recommended performance guidelines for emulsified asphalt slurry seal A 10J (revised)*. USA, 2005. 16p.
- \_\_\_\_\_. *Recommended performance guidelines micro-surfacing A 143 (revised)*. USA, 2005a. 16p.
- LARSEN, J. *Tratamento superficial na conservação e construção de rodovias*. Rio de Janeiro: ABEDA, 1985.
- LIBERATORI, L.A. *Estudos de cimentos asfálticos modificados por asfaltita e sua influência em misturas asfálticas*. 2000. 166 f. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- MAGALHÃES, S.T. *Misturas asfálticas de módulo elevado para pavimentos de alto desempenho*. 2004. 184 f. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- MAGALHÃES, S.T.; MOTTA, L.M.G.; LEITE, L.F.M. Misturas asfálticas de módulo elevado para pavimentos de alto desempenho. In: ENCONTRO DO ASFALTO, 17., 2004, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: IBP, 2004. 1 CD-ROM.

- MOTTA, L.M.G.; TONIAL, I.; LEITE, L.M.; CONSTANTINO, R.S. *Princípios do projeto e análise Superpave de misturas asfálticas*. Tradução comentada. n. FHWA-SA-95-003, Rio de Janeiro, 1996.
- MOURÃO, F.A.L. *Misturas asfálticas de alto desempenho tipo SMA*. 2003. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- NAPA – NATIONAL ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION. *Design and construction SMA mixtures: state of the practice*. 1999. 43p.
- PERALTA, X.; GONZALEZ, J.M.; TORRES, J. Betumes asfálticos de alto módulo. In: EURASPHALT & EUROBITUME CONGRESS, 2., 2000, Barcelona. *Proceedings...* v. I, p. 276-81.
- REIS, R.M.M.; BERNUCCI, L.L.B.; ZANON, A.L. Capítulo 9 Revestimento asfáltico tipo SMA para alto desempenho em vias de tráfego pesado. In: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes; Confederação Nacional do Transporte. (Org.) *Transporte em transformação VI*. 1 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2002. v. 6, p. 163-176.
- SANTANA, H. Pavimentos de baixo custo e solos lateríticos. In: SEMINÁRIO SOBRE SOLOS LATERÍTICOS, 1978, São Luís. *Anais...* p. 22-5.
- \_\_\_\_\_. *Manual de pré-misturado a frio*. Rio de Janeiro: IBP, 1992.
- SANTOS, C. *Notas de aula do Curso de Pavimentação*. Rio de Janeiro: ABPv, 2003.
- SERFASS, J.P.; BENSE, P.; PELLEVOISIN, P. Properties and new developments of high modulus asphalt concrete. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ASPHALT PAVEMENTS, 8., 1997, Seattle. *Proceedings...* v. 1.
- SERFASS, J.P.; BAUDUIN, A.; GARNIER, J.F. High modulus asphalt mixes – laboratory evaluation, practical aspects and structural design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ASPHALT PAVEMENTS, 7., 1992, Nottingham. v.1, p. 275-88.
- SETRA – SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES. *Les enrobés à module élevé*. Note d'information du SETRA, n. 96, avr. 1997.
- SETRA – SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES; LCPC – LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES. *Enrobés hydrocarbonés a chaud – Guide d'application des Normes*. Pour le Réseau Routier National. Partie I, Module Commun, Bagnaux, 1994.
- SETRA – SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES; LCPC – LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES. *Catalogue des structures types de chaussées neuves*. Paris: Ministère de L'Équipement, des Transports et du Logement, 1998.
- SILVA JR., S.I. Estudo do tratamento superficial antipó para vias de baixo volume de tráfego. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São paulo, 2005.
- THULER, R.B. *Estudo de solos do estado do Rio de Janeiro para aplicação em rodovias de baixo volume de tráfego*. 2005. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- ZTV ASPHALT – StB. *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt*. Ausgabe 2001. ZTV Asphalt-StB 01. FGSV Verlag Köln, 2001.

## ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

### 4 TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Figura 4.1 Exemplos de estrutura de pavimento novo com revestimento asfáltico	157
Figura 4.4 Exemplos de curvas granulométricas de diferentes misturas asfálticas a quente	160
Figura 4.2 Exemplos de composições granulométricas dos tipos de misturas a quente	160
Figura 4.3 Exemplo de várias frações de agregados e fíler que compõem um concreto asfáltico – mistura densa ou bem-graduada e contínua	160
Figura 4.5 Exemplos de corpos-de-prova de misturas asfálticas a quente	161
Figura 4.6 Corpo-de-prova extraído de pista mostrando a composição do revestimento asfáltico	161
Figura 4.7 Exemplo da representação da granulometria segundo a especificação Superpave para um tamanho nominal máximo de 19mm	163
Figura 4.8 Exemplos de rodovias com camada porosa de atrito sob chuva	166
Figura 4.9 Aspectos da CPA no Aeroporto Santos Dumont – RJ	166
Figura 4.10 Composições granulométricas comparativas entre um SMA e um CA	169
Figura 4.11 Exemplo do aspecto de uma camada de SMA executada em pista	169
Figura 4.12 Características da faixa granulométrica <i>gap-graded</i> e a curva usada no experimento da Rodovia Rio–Teresópolis (Fritzen, 2005)	174
Figura 4.13 Aspecto da superfície do revestimento construído com a mistura indicada na Figura 4.12 (Fritzen, 2005)	174
Figura 4.14 Exemplo de aplicação de lama asfáltica em um trecho de via urbana	186
Figura 4.15 Equipamentos de LWT e WTAT usados na dosagem de microrrevestimento e lama asfáltica	187
Figura 4.16 Etapas do ensaio de coesão de dosagem de microrrevestimento asfáltico	187
Figura 4.17 Etapas do ensaio Schulze-Breuer e Ruck de dosagem de microrrevestimento asfáltico	188
Figura 4.18 Exemplos de aplicação de microrrevestimento asfáltico em rodovia de tráfego pesado como restauração funcional	189
Figura 4.19 Exemplo de aplicação de microrrevestimento asfáltico	189
Figura 4.21 Exemplo de fresadora e de serviço de fresagem em uma rodovia	190
Figura 4.20 Exemplo de um rolo de corte de uma fresadora	190
Figura 4.22 Exemplos de equipamentos do tipo fresadoras-recicladoras <i>in situ</i>	192
Figura 4.23 Esquema de tratamentos superficiais	193
Figura 4.24 Etapas construtivas de um tratamento superficial simples pelo sistema convencional	196
Figura 4.25 Exemplos de equipamentos e etapas construtivas de um tratamento superficial simples pelo sistema do equipamento especial com silos de agregado e ligante no mesmo veículo	197
Figura 4.26 Ensaio de desgaste LWT modificado para antipó (Duque Neto <i>et al.</i> , 2004)	198
Figura 4.27 Ensaio de desgaste WTAT modificado para antipó (Duque Neto <i>et al.</i> , 2004)	199
Figura 4.28 Exemplos de aplicação em campo de tratamento antipó com emulsão à base de óleo de xisto (Castro, 2003)	199

## ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Tabela 4.1 Faixas granulométricas e requisitos para concreto asfáltico (DNIT 031/2004-ES)	163
Tabela 4.2 Pontos de controle de acordo com o tamanho nominal máximo do agregado (Superpave)	164
Tabela 4.3 Requisitos volumétricos da dosagem Superpave (AASHTO M 323/04)	164
Tabela 4.4 Faixas granulométricas e requisitos de dosagem da camada porosa de atrito (DNER-ES 386/99)	167
Tabela 4.5 Faixas granulométricas e requisitos de SMA pela especificação alemã (ZTV Asphalt – StB 94, 2001)	170
Tabela 4.6 Faixas granulométricas norte-americanas segundo AASHTO MP 8-02	171
Tabela 4.7 Características e propriedades da mistura SMA segundo AASHTO MP 8-02	171
Tabela 4.8 Exemplo de uma faixa <i>gap-graded</i> com asfalto-borracha usada em projetos no país	173
Tabela 4.9 Exemplo de características de uma mistura <i>gap-graded</i> com asfalto-borracha usada no país	173
Tabela 4.10 Características de asfalto-borracha utilizado em projetos de <i>gap-graded</i>	173
Tabela 4.11 Faixas granulométricas e características de dosagem recomendadas pelo DNIT para AAUQ com CAP (DNIT 032/2004 – ES)	175
Tabela 4.12 Faixas granulométricas e características de dosagem recomendadas pelo DNIT para AAUQ com asfalto polímero (DNER-ES 387/99)	175
Tabela 4.13 Características de ligantes duros produzidos na França para emprego em misturas de módulo elevado (EME) (AIPCR, 1999)	177
Tabela 4.14 Revestimentos asfálticos normalizados pela AFNOR (SETRA e LCPC, 1994)	180
Tabela 4.15 Características das misturas asfálticas delgadas ( $\leq 50$ mm) para camada de rolamento (Brosseau, 2002b)	181
Tabela 4.16 Características das misturas asfálticas espessas ( $> 50$ mm) para camada de rolamento (Brosseau, 2002b)	181
Tabela 4.17 Características das misturas asfálticas para camada intermediária ou de ligação (Brosseau, 2002b)	181
Tabela 4.18 Desempenho mecânico exigido para misturas de módulo elevado EME (NF P 98-140)	182
Tabela 4.19 Desempenho mecânico exigido para misturas de módulo elevado BBME (NF P 98-141)	182
Tabela 4.20 Faixas granulométricas e características de dosagem recomendadas pelo DNIT para pré-misturados a frio (DNER-ES 317/97)	184
Tabela 4.21 Faixas granulométricas e características de mistura recomendadas pelo DNIT para lama asfáltica (DNER-ES 314/97)	186
Tabela 4.22 Exemplo de faixas granulométricas para tratamento superficial duplo DNER-ES 309/97	193

## ÍNDICE REMISSIVO DE TERMOS

### A

AASHTO, 287, 306, 346, 404, 406, 464  
abrasão, 116, 124, 133, 153, 187, 269, 273, 395  
abrasão Los Angeles, 134, 140, 261, 273, 327, 357  
absorção, 142, 149, 167, 216, 271, 435  
aderência, 165, 179, 403, 429, 430, 483  
adesão, 116, 187, 264, 273, 275, 280  
adesividade, 64, 118, 143, 328, 421  
afundamento de trilha de roda, 322, 417, 443  
afundamentos, 322, 414, 416, 417, 419, 424, 442, 443, 445  
agentes rejuvenescedores, 41, 99, 188, 190, 256, 473  
agregado, 115, 207  
  artificial, 119  
  britado, 124  
  gráudo, 120, 132, 139, 142, 150, 152  
  miúdo, 85, 120, 148, 150, 151  
  natural, 99, 116  
  propriedades (ver propriedades dos agregados)  
  reciclado, 116, 119, 351, 352, 355, 362  
alcatrão, 25, 26  
amostragem, 73, 130, 142, 387  
amostragem de agregados, 130  
análise granulométrica, 122, 132  
análise petrográfica, 117  
análise por peneiramento, 119, 121, 122, 125, 139  
angularidade de agregado, 150, 151, 152, 240, 261

ângulo de fase, 104, 260, 290, 303  
areia, 116, 119, 120, 141, 151, 164, 174, 341, 354, 356, 363, 430  
areia-asfalto, 174, 253, 328  
areia-cal-cinza volante, 356  
argila, 132, 143, 150, 153, 340, 341, 354, 358, 360, 363  
argila calcinada, 119, 134  
argila expandida, 119  
aromáticos, 27, 30, 37, 51, 64  
asfaltenos, 27, 30, 32, 68, 176  
asfalto, 25, 27, 30, 34, 41, 58, 100  
asfalto-borracha, 75, 162, 165, 172, 302, 324, 377  
asfaltos diluídos, 81, 96  
asfalto-espuma, 38, 41, 97, 441  
asfalto modificado por polímeros, 59, 63, 67, 69, 92, 162, 174, 377, 472  
asfalto natural, 26  
composição química, 27  
especificação brasileira, 58, 61, 83, 94, 95, 96, 97, 99  
especificação européia, 62  
especificação SHRP, 32, 100, 102, 103  
produção, 32, 33, 34, 39  
programa SHRP, 100  
propriedades físicas-ensaios, 41  
  coesividade Vialit, 72  
  densidade relativa, 53  
  durabilidade, 49  
  dutilidade, 49  
  espuma, 53  
  estabilidade à estocagem, 72  
  fragilidade e tenacidade, 73  
  massa específica, 53  
  penetração, 42

ponto de amolecimento, 48  
ponto de fulgor, 52  
ponto de ruptura Fraass, 54  
recuperação elástica, 70  
reômetro de cisalhamento dinâmico, 104  
reômetro de fluência em viga (BBR), 106  
retorno elástico, 70  
separação de fases, 72  
susceptibilidade térmica, 55  
solubilidade, 49  
tração direta (DTT), 108  
vaso de envelhecimento sob pressão (PAV), 108  
viscosidade, 43  
avaliação, 403, 441  
  de aderência em pistas molhadas, 429  
  estrutural, 9, 441, 463  
  funcional, 9, 403, 441, 463  
  objetiva, 424  
  subjetiva, 404, 409

### B

“bacia de deflexão, bacia de deformação”, 445, 452  
basalto, 116, 118, 119, 142, 143  
base (camada de pavimento), 176, 183, 194, 337, 339  
base asfáltica, 176  
BBM, BBME, BBTM, BBUM, 176, 177, 179, 180, 181, 182  
betume (ver asfalto), 25, 26, 49  
bica corrida, 353, 357  
bombeamento de finos, 416, 423  
borracha (ver asfalto-borracha), 59, 62, 63, 65, 75  
brita graduada simples, 352, 353, 357

brita graduada tratada com cimento, 352, 356, 362  
britador, 124, 127  
britagem, 124  
Brookfield, 47  
buraco (panela), 415, 416, 422, 425

## C

camada(s)  
“de base; de sub-base”, 352  
“de dissipação de trincas (de absorção de trincas; anti-reflexão de trincas)”, 468, 469  
de módulo elevado, 162, 165, 176  
de reforço do subleito, 337, 339  
de rolamento (ver revestimento asfáltico), 9, 162, 176, 468, 473  
de revestimento intermediárias, 9, 162, 179, 183, 187, 253, 472  
intermediárias de alívio de tensões, 472  
porosa de atrito (ver revestimento drenante), 159, 161, 165, 253, 328, 434, 468  
superficiais de revestimentos delgados, 165, 179, 473  
caminhão espargidor, 393, 396  
Cannon-Fenske, 44, 45  
Cannon-Manning, 44, 45  
CAP (cimento asfáltico de petróleo) (ver asfalto)  
capa selante, 183, 193, 395  
cimento asfáltico de petróleo (ver asfalto)  
classificação de agregados, 116, 119, 142  
classificação de asfaltos, 41, 43, 60, 100  
classificação de defeitos, 415  
classificação de solos, 340, 341  
classificação de textura, 430, 432  
coesão (coesividade), 49, 72, 187, 194, 271, 338, 342, 352  
coletores de pó (filtros de manga), 380  
compactação, 389

compactador giratório (Superpave), 230, 232  
compatibilidade, 66, 67, 72, 129, 271  
compressão, 10, 127, 195, 289, 308, 311, 330, 338, 350, 352, 470  
compressão uniaxial não-confinada (*creep*), 317  
concreto asfáltico, 158, 159, 161, 162, 217, 302, 432, 468  
concreto asfáltico de módulo elevado, 162, 165, 176, 302, 311, 352  
concreto asfáltico delgado, 177, 178  
concreto asfáltico denso, 161, 162  
cone de penetração dinâmico (DCP), 345, 443, 444  
contrafluxo, 379, 383, 384  
corrugação, 415, 416, 420, 425, 427  
*creep*, 106, 317, 318, 319, 320, 321  
cura, 96, 254, 351, 363, 364, 397, 399  
curva de Fuller, 229  
curvas granulométricas (ver granulometria), 123, 261

## D

DCP (*dynamic cone penetrometer cone* de penetração dinâmico), 345, 444  
defeitos de superfície, 413, 414, 415, 416  
deflexão, 346, 443, 445, 446, 448, 454, 463, 464  
deformação, 43, 49, 104, 105, 304, 313, 315, 443  
deformação permanente (ver afundamento em trilha de roda), 316, 317, 320, 321, 322, 443  
degradação, 133, 134, 137, 139  
densidade (ver massa específica) específica, 144 específica Rice, 210 máxima medida, 209 máxima teórica, 209 relativa, 53, 145, 147

densímetro com fonte radioativa, 390  
densímetro eletromagnético, 390  
desagregação (ver desgaste, descolamento, *stripping*), 415, 416, 421, 422  
descolamento, 129, 419, 421  
desempenho, 101, 373, 401, 403, 441, 442, 457  
desgaste, 134, 135, 327, 415, 416, 421, 423  
deslocamento, 289, 291, 297, 298, 299, 300, 301, 318, 321, 346, 348, 421, 443, 445, 446  
diorito, 118, 119  
distribuidor de agregados, 197, 393  
dosagem, 157, 205, 217, 227, 229, 253, 256, 258, 259, 266, 269, 274, 277  
dosagem ASTM, 217, 235  
dosagem de misturas asfálticas recicladas a quente, 256  
dosagem Marshall, 206, 217, 224, 227  
dosagem Superpave, 229, 233, 259  
drenagem superficial, 264, 407  
DSC, 33, 58  
DSR, 104, 105  
DTT, 108, 109  
durabilidade, 49  
dureza, 124, 134, 178  
dureza dos agregados, 134

## E

elastômeros, 62, 63  
EME, 162, 165, 176, 178, 179, 180, 181, 182  
emulsão aniônica, 81, 84, 85  
emulsão asfáltica, 81, 82, 83, 84, 92, 93  
emulsão catiônica, 81, 82, 84  
endurecimento, 34, 49, 52, 108  
endurecimento do ligante asfáltico, 34, 51, 52  
ensaio  
azul-de-metileno, 187, 275, 279  
bandeja, 266, 267  
Cântabro, 167, 253, 328



carga de partícula, 86  
desemulsibilidade, 89  
determinação do pH, 92  
10% de finos, 134, 139, 140  
efeito do calor e do ar, 49  
equivalente de areia, 132, 133, 153  
espuma, 53  
estabilidade à estocagem, 67, 72  
flexão, 291, 303  
mancha de areia, 430, 431, 432  
pêndulo britânico, 430, 431  
peneiração, 88  
penetração, 42  
placa, 266  
ponto de amolecimento, 48  
ponto de fulgor, 52, 53  
ponto de ruptura Fraass, 54, 55  
recuperação elástica por torção, 78, 79  
resíduo por destilação, 90, 91  
resíduo por evaporação, 90  
sanidade, 143, 144  
Schulze-Breuer and Ruck, 188, 271, 272, 273  
sedimentação, 87  
separação de fases, 72, 73  
solubilidade, 49, 50  
tenacidade, 73, 74, 75  
tração direta, 108, 109  
tração indireta, 308  
Tretón, 137, 138  
viscosidade, 43, 45, 46, 91  
envelhecimento, 49, 50, 51, 52, 108  
escória de aciaria, 119, 355  
escória de alto-forno, 119  
escorregamento, 419, 420  
especificação brasileira de asfalto diluído, 96, 97  
especificação brasileira de emulsões asfálticas catiônicas, 84  
especificação brasileira de emulsões asfálticas modificadas por polímero, 94, 95  
especificação de emulsões asfálticas para lama asfáltica, 85  
especificações para cimento asfáltico de petróleo, 60

espuma de asfalto, 53, 192, 474  
estabilidade, 67, 72, 92, 121, 132, 222, 223, 288  
estocagem, 33, 36, 37, 38, 67, 72, 376, 384  
estufa de filme fino rotativo, 50, 51  
estufa de película fina plana, 50, 51  
EVA, 66, 67, 68  
expressão de Duriez, 255  
exsudação, 415, 416, 420

## F

fadiga, 288, 311, 312, 313, 315, 316, 445  
feldspato, 117, 119  
fendas, 117, 119  
fibras, 172, 252  
filer, 120, 160  
filtro de mangas, 380  
fluência, 106, 222, 318  
fluxo paralelo, 379, 383  
forma dos agregados, 141, 142, 172  
fórmula de Vogt, 254  
fragilidade, 73  
fresadoras, 189, 192  
fresagem, 188, 190, 191, 468  
fundação, 337  
FWD, 445, 448, 450, 451, 452

## G

gabro, 118, 119  
GB, 176, 179, 180  
gel, 28, 30, 31  
geogrelhas, 471  
geossintéticos, 469  
geotêxteis, 469, 470  
gerência, 403, 413, 441  
gnaisse, 117, 118, 362  
gradação, 122, 123, 131, 159, 161, 169, 172, 183, 229, 264, 323  
gradação aberta, 122, 159  
gradação com intervalo, 172  
gradação densa, 122, 159  
gradação descontínua, 159  
gradação do agregado, 159  
gradação uniforme, 123

gráfico de Heukelom, 56, 57  
granito, 117, 118, 119  
grau de compactação, 389  
grau de desempenho, 101, 259  
grumos, 88, 89, 132, 213, 216

## H

hidrocarbonetos, 25, 27, 30, 33, 37  
hidroplanagem, 429, 433  
histórico, 11, 16  
Hveem, 50, 291, 346

## I

IBP, 70, 80, 99, 291  
IFI, 434  
IGG, 415, 424, 427, 428, 429  
IGI, 427, 428  
impacto, 72, 127, 128, 205, 206, 448  
imprimação, 97, 414  
índice de atrito internacional, 434  
índice de degradação após compactação Marshall, 139, 140  
índice de degradação após compactação Proctor, 137  
índice de degradação Washington, 136  
índice de forma, 141, 264  
índice de gravidade global, 415, 424, 428  
índice de gravidade individual, 427, 428  
índice de irregularidade internacional, 407  
índice de penetração, 55, 56  
índice de suporte Califórnia, 342  
índice de susceptibilidade térmica, 41  
IRI, 407, 408, 413  
irregularidade, 404, 405, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413  
irregularidade longitudinal, 407, 410

## J

juntas, 76, 469, 472

## L

lama asfáltica, 85, 185, 186,  
187, 269, 277, 397  
laterita, 119, 355, 362  
ligantes asfálticos modificados  
com polímeros, 59, 63, 69,  
473  
limpeza, 132, 167, 386  
Lottman, 143  
LWT, 185, 187, 197, 198, 269,  
270, 271, 275

## M

macadame betuminoso, 194, 195,  
352  
macadame hidráulico, 352, 353,  
357  
macadame seco, 353, 357, 358  
macromoléculas, 59  
macrotextura, 430, 432, 433  
maltenos, 27, 30, 68  
manutenção, 406, 407, 413, 441  
manutenção preventiva, 406, 407,  
441  
massa específica, 53, 54, 144,  
145, 148, 149, 237, 389, 390,  
443  
massa específica aparente, 146,  
207, 208, 209  
massa específica efetiva, 146, 211  
massa específica máxima medida,  
209, 211, 214  
massa específica máxima teórica,  
209  
massa específica real, 145  
materiais asfálticos, 10, 352  
materiais estabilizados  
granulometricamente, 358  
material de enchimento, 120,  
185, 358  
matriz pétreas asfáltica, 159, 168  
Mecânica dos Pavimentos, 10,  
339, 453  
megatextura, 430  
método Marshall, 205, 217, 227,  
228  
metodologia MCT, 359, 360, 361  
microrrevestimento, 186, 269,  
274, 397  
microtextura, 430, 431

mistura asfáltica, 26, 157, 205,  
373  
misturas asfálticas drenantes, 179  
módulo complexo, 104, 303,  
305, 306  
módulo de resiliência, 291, 294,  
296, 297, 300, 301, 345,  
346, 348, 349  
módulo de rigidez, 106  
módulo dinâmico, 304, 306  
multidistribuidor, 395

## O

ondulações transversais, 415  
osmometria por pressão de vapor,  
28  
oxidação, 34, 50

## P

panela, 415, 416, 422, 427  
parafinas, 33, 58  
partículas alongadas e achatadas,  
150, 152, 153  
PAV, 108  
pavimentação, 10, 20, 25, 373,  
403  
pavimentos asfálticos, 9, 10, 337,  
338, 365, 366, 367, 368, 441  
pavimentos de concreto de  
cimento Portland, 9, 338  
pavimentos flexíveis, 337, 415  
pavimentos rígidos, 337  
pedregulhos, 115, 116  
pedreira, 124, 126  
peneiramento, 88, 121, 122, 125  
peneiras, dimensões, 122  
penetração, 10, 42, 43, 55, 56,  
58, 194, 343, 393, 443  
penetrômetro de cone dinâmico,  
345  
percolação, 159, 165  
perda ao choque, 137, 138  
perda por umidade induzida, 328  
perfilômetro, 408, 409  
permeabilidade, 165, 166, 183  
petróleo, 25, 33, 96  
PG, 101, 102, 103, 259, 260  
pH, 86, 92  
pintura de ligação, 414, 420, 422

plastômeros, 65, 68  
PMF, 183, 184, 253, 255  
pó, 65, 76, 120, 132, 195, 198,  
380  
pó de pedra, 120, 184, 274  
polimento, 117, 421, 433  
ponto de amolecimento, 33, 48,  
55, 100  
ponto de amolecimento anel e  
bola, 48  
pré-misturado, 10, 385, 468, 472  
processo estocável, 76  
processo seco, 76, 78, 80  
processo úmido, 76  
produção de asfalto, 27, 35, 36,  
37, 38  
propriedades físicas, 41, 126, 129

## Q

QI, 412, 413  
quarteamento, 131, 132  
quartzito, 118, 119  
quartzos, 117, 118, 119  
quociente de irregularidade, 412,  
413

## R

raio de curvatura, 446, 447, 449,  
454  
RASf, 37, 178  
recapeamento, 441, 468, 469,  
470, 471, 472  
reciclado, 116, 119, 261, 352, 355  
reciclagem, 53, 99, 119, 188,  
190, 191, 352, 441, 473, 474  
reciclagem em usina, 191  
reciclagem *in situ*, 191, 192, 474  
reconstrução, 22, 406, 441  
recuperação elástica, 69, 70, 71,  
78, 79, 80, 300, 472  
refino do petróleo, 33, 35, 36, 37,  
38, 39  
reforço, 9, 337, 339, 342, 352,  
365, 424, 441, 453, 468  
rejeitos, 352  
remendo, 416, 422  
reologia, 30, 259  
reômetro de cisalhamento  
dinâmico, 103, 104

vibroacabadoras, 387  
viga Benkelman, 346, 445, 446,  
447, 448, 449  
viscosidade absoluta, 44, 45  
viscosidade cinemática, 44, 45  
viscosidade rotacional, 47  
viscosímetro capilar, 44  
VPO, 28  
VRD, 430, 431

## **W**

WST, 270  
WTAT, 187, 197, 199, 269, 270

## **Z**

zona de restrição, 164, 230, 231

## ÍNDICE REMISSIVO DAS BIBLIOGRAFIAS

### A

- AASHTO (1986), 369  
AASHTO (1989) AASHTO T 283/89, 154  
AASHTO (1991) AASHTO T85, 154  
AASHTO (1993), 438  
AASHTO (1997) AASHTO T305, 281  
AASHTO (1999) AASHTO T104, 200  
AASHTO (1999) AASHTO T209, 281  
AASHTO (2000) AASHTO T166, 281  
AASHTO (2001) AASHTO D5821, 200  
AASHTO (2003) AASHTO T312, 281  
AASHTO (2003) AASHTO T319, 281  
AASHTO (2005) AASHTO MP8-01, 332  
AASHTO PP35, 281  
ABEDA (2001), 110  
ABINT (2004), 475  
ABNT (1989) NBR 6954, 154  
ABNT (1991) NBR 12261, 369  
ABNT (1991) NBR 12262, 369  
ABNT (1991) NBR 12265, 369  
ABNT (1992) NBR 12053, 369  
ABNT (1993) NBR 12891, 281  
ABNT (1994) NBR 13121, 110  
ABNT (1998) NBR 6576, 110  
ABNT (1998) NBR 9619, 110  
ABNT (1999) NBR 14249, 110  
ABNT (1999) NBR 14393, 110  
ABNT (1999) NBR 6299, 110  
ABNT (2000) NBR 14491, 110  
ABNT (2000) NBR 14594, 110  
ABNT (2000) NBR 6302, 110  
ABNT (2000) NBR 6560, 110  
ABNT (2000) NBR 6567, 110  
ABNT (2000) NBR 6569, 110  
ABNT (2000) NBR 6570, 110  
ABNT (2001) NBR 14736, 111  
ABNT (2001) NBR 14746, 200  
ABNT (2001) NBR 5847, 110  
ABNT (2001) NBR 6293, 110  
ABNT (2001) NBR 6300, 110  
ABNT (2003) NBR 6297, 111  
ABNT (2003) NBR NM 52, 154  
ABNT (2003) NBR NM 53, 154  
ABNT (2004) NBR 14896, 111  
ABNT (2004) NBR 15087, 281  
ABNT (2004) NBR 15115, 369  
ABNT (2004) NBR 15140, 281  
ABNT (2004) NBR 15166, 111  
ABNT (2004) NBR 15184, 111  
ABNT (2004) NBR 5765, 111  
ABNT (2005) NBR 9935, 154  
ABNT (2005) NBR 15235, 111  
ABNT (2005) NBR 6568, 111  
ABNT NBR 11341, 111  
ABNT NBR 11805, 369  
ABNT NBR 11806, 369  
ABNT NBR 14376, 110  
ABNT NBR 14756, 111  
ABNT NBR 14757, 200  
ABNT NBR 14758, 200  
ABNT NBR 14798, 200  
ABNT NBR 14841, 200  
ABNT NBR 14855, 111  
ABNT NBR 14948, 200  
ABNT NBR 14949, 200  
ABNT NBR 14950, 111  
ABNT NBR 6296, 111  
ABNT P-MB 326, 110  
ABNT P-MB 425/1970, 110  
ABNT P-MB 43/1965, 110  
ABNT P-MB 581/1971, 110  
ABNT P-MB 586/1971, 110  
ABNT P-MB 590/1971, 110  
ABNT P-MB 609/1971, 110  
ABNT P-MB 826/1973, 110  
ABNT (2002) NBR 14856, 111  
ABPv (1999), 438  
Adam, J-P. (1994), 24  
AFNOR (1991) AFNOR-NF-P-98-253-1, 332  
AFNOR (1991a), 332  
AFNOR (1993) AFNOR-NF-P-98-260-1, 332  
AIPCR (1999), 200  
Albernaz, C.A.V. (1997), 461  
Aldigueri, D.R., Silveira, M.A. e Soares, J.B. (2001), 281  
Allen, D. H. e Haisler, W. E. (1985), 332  
Alvarenga, J.C.A. (2001), 369  
Alvarez Neto, L. (1997), 461  
Alvarez Neto, L., Bernucci, L.L.B., Nogami, J.S. (1998), 461  
Amaral, S.C. (2004), 369  
ANP (1993), 281  
Antoszczem Jr, J.A. e Massaranduba, J.C.M. (2004), 402  
APRG (1997), 281  
Aps, M.; Bernucci, L.L.B.; Fabrício, J.M.; Fabrício, J.V.F.; Moura, E. (2004a), 438  
Aps, M.; Bernucci, L.L.B.; Fabrício, J.M.; Fabrício, J.V.F. (2004b), 438  
Aps, M.; Rodrigues Filho, O.S.; Bernucci, L.L.B.; Quintanilha, J.A. (2003), 438  
Asphalt Institute (1989), 154  
Asphalt Institute (1995), 154  
Asphalt Institute (1998), 402  
ASTM (2003b) ASTM E-1960, 438  
ASTM (1982) ASTM D4123, 332

- ASTM (1986) ASTM C496, 332  
 ASTM (1993) ASTM C 1252, 282  
 ASTM (1994) ASTM D5002, 282  
 ASTM (1995) ASTM D1856, 282  
 ASTM (1997) ASTM D5, 111  
 ASTM (1998) ASTM C702, 154  
 ASTM (1999) ASTM D4791, 154  
 ASTM (2000) ASTM D2041, 282  
 ASTM (2000) ASTM D2726, 282  
 ASTM (2000) ASTM D 1075-96, 154  
 ASTM (2000) ASTM D 4791-99, 282  
 ASTM (2000) ASTM D244, 111  
 ASTM (2000) ASTM D5840, 111  
 ASTM (2000) ASTM D5976, 111  
 ASTM (2000) ASTM D6521, 111  
 ASTM (2001) ASTM D2042, 111  
 ASTM (2001) ASTM D2170, 112  
 ASTM (2001) ASTM D2171, 112  
 ASTM (2001) ASTM D2172, 282  
 ASTM (2001) ASTM D4124, 112  
 ASTM (2001) ASTM D5581, 282  
 ASTM (2001) ASTM D5801, 112  
 ASTM (2001) ASTM D5841, 111  
 ASTM (2001) ASTM D6648, 112  
 ASTM (2001) ASTM E 965-96, 438  
 ASTM (2002) ASTM D 1754/97, 112  
 ASTM (2002) ASTM D1188, 282  
 ASTM (2002) ASTM D4402, 112  
 ASTM (2002) ASTM D6723, 112  
 ASTM (2002) ASTM D6816, 112  
 ASTM (2003) ASTM D3497-79, 332  
 ASTM (2003a) ASTM E 303-93 S, 438  
 ASTM (2004) ASTM D2872, 111  
 ASTM (2004) ASTM D6084, 112  
 ASTM (2004) ASTM D7175, 112  
 ASTM (2005) ASTM C 125, 154  
 ASTM C127, 154  
 ASTM C128, 282  
 ASTM D 113, 111  
 ASTM D 2007, 111  
 ASTM D 270, 111  
 ASTM D 36, 111  
 ASTM D 5329, 112  
 ASTM D 5858, 461  
 ASTM D 88, 111
- ASTM D 92, 112  
 ASTM D 95, 111  
 ASTM D4748-98, 461  
 ASTM E102, 112  
 ASTM(2002) ASTM D402, 112
- B**
- Balbo, J.T. (1993), 369  
 Balbo, J.T. (2000), 332  
 Barksdale (1971), 332  
 Beligni, M., Villibor, D.F. e Cincere, J.R. (2000), 200  
 Bely, L. (2001), 24  
 Benevides, S.A.S. (2000), 332  
 Benkelman, A.C.; Kingham, R.J. e Fang, H.Y. (1962), 369  
 Bernucci, L.L.B. (1995), 369  
 Bernucci, L.B.; Leite, L.M. e Moura, E. (2002), 332  
 Bertollo, S.A.M. (2003), 112  
 Bertollo, S.A.M., Bernucci, L.B., Fernandes, J.L. e Leite, L.M. (2003), 112  
 Bittencourt, E.R. (1958), 24  
 Bohong, J. (1989), 24  
 Bonfim, V. (2000), 200  
 Bonnaure, F., Gest, G., Gravois, A. e Uge, P. (1977), 332  
 Boscov, M.E.G. (1987), 369  
 Bottin Filho, I.A. (1997), 332  
 Bottura, E.J. (1998), 438  
 Brito, L.A.T (2006), 333  
 Brosseaud, Y. (2002), 438  
 Brosseaud, Y. (2002a), 200  
 Brosseaud, Y. (2002b), 201  
 Brosseaud, Y., Bogdanski, B., Carre, D., (2003), 201  
 Brosseaud, Y., Delorme, J-L., Hiernaux, R.(1993), 201  
 Buchanan, M.S.; Brown, E.R. (2001), 282  
 Bukowski, J.R. (1997), 282
- C**
- Cabral, G.L.L. (2005), 154  
 Camacho, J. (2002), 369  
 Carey Jr., W.N. e Irick, P.E. (1960), 438
- Carey Jr., W.N.; Huckins, H.C. e Leathers, R.C. (1962), 438  
 Carneiro, F.L. (1943), 333  
 Carneiro, F.B.L.(1965), 461  
 Carpenter, S.H.; K.A. Ghuzlan, e S. Shen (2003) , 333  
 Castelo Branco, V.T.F., Aragão, F.T.S. e Soares, J.B. (2004), 282  
 Castro Neto, A.M. (1996), 282  
 Castro Neto, A.M. (2000), 282  
 Castro, C.A.A. (2003), 112  
 Centro de Estudios de Carreteras (1986), 333  
 Ceratti, J.A.P. (1991), 369  
 Chevallier, R. (1976), 24  
 Christensen, R.M. (1982), 333  
 CNT (2004), 333  
 Coelho, W. e Sória, M.H.A. (1992), 282  
 COMITEE ON TROPICAL SOILS OF ISSMFE (1985), 369  
 Concer (1997), 24  
 Cordeiro, W.R. (2006), 201  
 Corté, J.-F. (2001), 201  
 Costa, C.A. (1986), 201  
 Croney, D. (1977), 438  
 Cundill, M.A. (1991), 438
- D**
- DAER/RS-EL 108/01, 282  
 Dama, M.A. (2003), 112  
 Daniel, J.S. e Y.R. Kim (2002), 333  
 Daniel, J.S. e Y.R. Kim e Lee, H.J. (1998), 333  
 DERBA (1985), 201  
 DER-BA ES P 23/00, 201  
 DER-PR (1991), 402  
 DER-SP (1991), 369  
 Dijk, W.V. (1975), 333  
 DNC (1993), 112  
 DNC 733/1997 (1997), 112  
 DNER (1979) DNER PRO-10/79, 461  
 DNER (1979) DNER PRO-11/79, 461  
 DNER (1985) DNER PRO-159/85, 461

DNER (1994), 112	DNER (1996), 113	DNER (1998), 113, 283
DNER (1994) DNER-ME 138/94, 333	DNER (1996) DNER-ME 193/96, 283	DNER (1998) DNER-ME 035/98, 155
DNER (1994) DNER-IE 006/94, 154	DNER (1996) DNER-PRO 199/96, 155	DNER (1998) DNER-ME 081/98, 155
DNER (1994) DNER-ME 053/94, 154	DNER (1996) DNER-PRO 273/96, 461	DNER (1998) DNER-ME 083/98, 155
DNER (1994) DNER-ME 061/94, 461	DNER (1997), 283, 402	DNER (1998) DNER-ME 096/98, 155
DNER (1994) DNER-ME 063/94, 112	DNER (1997) DNER ME 367/97, 155	DNER (1999) DNER-ES 386/99, 201
DNER (1994) DNER-ME 078/94, 154	DNER (1997) DNER-ES 308/97, 201	DNER (1999) DNER-ES 387/99, 201
DNER (1994) DNER-ME 086/94, 154	DNER (1997) DNER-ES 309/97, 201	DNER (1999) DNER-ES 388/99, 475
DNER (1994) DNER-ME 089/94, 154	DNER (1997) DNER-ES 310/97, 201	DNER (1999) DNER-ES 389/99, 202
DNER (1994) DNER-ME 093/94, 154	DNER (1997) DNER-ES 311/97, 201	DNER (1999) DNER-ES 390/99, 202
DNER (1994) DNER-ME 107/94, 282	DNER (1997) DNER-ES 312/97, 201	DNER (1999) DNER-ME 382/99, 201
DNER (1994) DNER-ME 117/94, 282	DNER (1997) DNER-ES 313/97, 201	DNER (1999) DNER-ME 383/99, 333
DNER (1994) DNER-ME 133/94, 333,	DNER (1997) DNER-ES 314/97, 201	DNER (1999) DNER-ME 397/99, 155
DNER (1994) DNER-ME 222/94, 154	DNER (1997) DNER-ES 317/97, 201	DNER (1999) DNER-ME 398/99, 155
DNER (1994) DNER-ME 24/94, 461	DNER (1997) DNER-ES 318/97, 201	DNER (1999) DNER-ME 399/99, 155
DNER (1994) DNER-PRO 08/94, 438	DNER (1997) DNER-ES 319/97, 201	DNER (1999) DNER-ME 400/99, 155
DNER (1994) DNER-PRO 269/94, 461	DNER (1997) DNER-ES 320/97, 201	DNER (1999) DNER-ME 401/99, 155
DNER (1994a) DNER-PRO 164/94, 438	DNER (1997) DNER-ME 054/97, 155	DNIT (2003) DNIT 005-TER, 439
DNER (1994b) DNER ME 228/94, 370	DNER (1997) DNER-ME 153/97, 283	DNIT (2003) DNIT 006-PRO, 439
DNER (1994b) DNER-PRO 182/94, 438	DNER (1997) DNER-ME 197/97, 155	DNIT (2003c) DNIT 009-PRO, 439
DNER (1994c) DNER ME 256/94, 370	DNER (1997) DNER-PRO 120/97, 155	DNIT (2004) DNIT 031/04-ES, 155
DNER (1994c) DNER-PRO 229/94, 438	DNER (1997c) DNER ES 301/97, 370	DNIT (2005), 155
DNER (1994d) DNER ME 258/94, 370	DNER (1997d) DNER ES 303/97, 370	DNIT (2005) DNIT 034/05-ES, 202
DNER (1995) DNER-EM 035/95, 154	DNER (1997e) DNER ES 304/97, 370	DNIT (2005) DNIT 035/05-ES, 202
DNER (1995) DNER-ME 043/95, 282	DNER (1997f) DNER ES 305/97, 370	DNIT (2006), 370
DNER (1995) DNER-ME 084/95, 155	DNER (1997g) DNER ME 254/97, 370	DNIT(2005) DNIT 032/05-ES, 202

Duque Neto, F.S. (2004), 202  
Duque Neto, F.S., Motta, L.M.G. e  
Leite, L.F.M. (2004), 202

## E

EN 12591 (2000), 113  
EN 12593 (2000), 113  
EN 12697-5 (2002), 283  
Epps, J<sup>a</sup>., Sebaaly, P.E., Penaranda, J., Maher, M.R. Mccann, M.B. e Hand, A.J. (2000), 333  
Epps, J.A. e C.L. Monismith (1969), 333  
Espírito Santo, N.R. e Reis, R.M. (1994), 283

## F

Falcão, M.F.B. e Soares, J.B. (2002), 333  
Fernandes Jr., J.L. e Barbosa, R.E. (2000), 439  
Fernandes, C.G. (2004), 155  
Ferry, J.D. (1980), 333  
FHWA (1994), 283  
FHWA (1995), 283  
Finn, F.N., Monismith, C.L. e Makevich, N.J. (1983), 334  
Fonseca, O.A. (1995), 334  
Fortes, R.M. e Nogami, J.S. (1991), 370  
Francken, L.; Eustacchio, E.; Isacsson, U e Partl, M.N. (1997), 283  
Francken, L. e Partl, M.N. (1996), 334  
Fritzen, M.A (2005), 202

## G

GEIPOT (1981), 24, 439  
Ghuzlan, K.A. e Carpenter, S.H. (2000), 334  
Gillespie, T.D.; Sayers, M.W. e Segel, L. (1980), 439  
Girdler, R.B. (1965), 113  
Godoy, H. (1997), 370  
Godoy, H. ; e Bernucci, L.L.B. (2002), 370

Gonçalves, F.P., Ceratti, J.A.P. (1998), 461  
Gontijo, P.R.A. (1984), 402  
Goodrich, J.L. (1991), 334  
Gouveia, L.T. (2002), 155  
Guimarães, A.C.R. e Motta, L.M.G. (2000), 155

## H

Haas, R. Hudson, W.R e Zaniewski, J. (1994), 439  
Hafez, I.H. e Witczak, M.W. (1995), 283  
Hagen, V.W. (1955), 24  
Harman, T.; Bukowski, J.R.; Moutier, F.; Huber, G.; McGennis, R. (2002), 283  
Hawkes, I. e Mellor, M. (1970), 334  
Heide J.P.J. e J.C. Nicholls (2003), 283  
Henry, J. (2000), 439  
Heukelom, W. (1969), 113  
Hill, J.F. (1973), 334  
Hinrichsen, J. (2001), 283  
História das Rodovias (2004), 24  
Hondros, G. (1959), 334  
Huang, Y.H. (1993), 334  
Huang, Y.H. (2003), 461  
Hunter, R.N. (2000), 113  
Hveem, F. N (1955), 334  
Hveem, F. N.; Zube, E.; Bridges, R.; Forsyth, R. (1963), 113

## I

IA (Instituto do Asfalto, versão em português) (2001), 113  
IBP (1999), 113  
Instituto do Asfalto (1989), 283  
IPR (1998), 155  
ISSA (2001), 202  
ISSA (2005), 202  
ISSA (2005a), 202  
ISSA TB-100 (1990), 284  
ISSA TB-109 (1990), 284  
ISSA TB-114 (1990), 284  
ISSA TB-145 (1989), 283

## J

Jackson, N.M. e Czor, L.J. (2003), 284  
Jooste, F.J.; A. Taute; B.M.J.A. Verhaeghe; A.T. Visser e O.A. Myburgh (2000), 284

## K

Kandhal, P.S. e Koehler, W.S. (1985), 284  
Kandhal, P.S. e Brown, E.R. (1990), 284  
Khandal, P. e Foo, K.Y. (1997), 284  
Kim, Y.R. e Y.C. Lee (1995), 334  
Kim, Y.R., H.J. Lee e D.N. Little (1997), 334  
Kim, Y.R.; D.N. Little e F.C. Benson (1990)", 334  
Kleyn, E. G. (1975), 370  
Klumb, R.H. (1872), 24

## L

Lama, R.D. e Vutukuri, V.S. (1978), 334  
Láo, V.L.E.S.T. (2004), 439  
Láo, V.L.E.S.T. e Motta, L.M.G. (2004), 439  
Larsen, J. (1985), 202  
LCPC (1976), 113  
LCPC (1989), 402  
Lee, H.J. e Kim, Y.R. (1998), 334  
Leite, L.F.M (1999), 113  
Leite, L.F.M (2003), 113  
Leite, L.F.M. & Tonial, I.A. (1994), 113  
Leite, L.F.M., Silva, P., Edel, G., Motta, L.M. e Nascimento L. (2003), 113  
Lentz, R.W. and Baladi, G.Y. (1980), 370  
Liberatori, L.A. (2000), 113  
Little, D.N.; R.L. Lytton; D. Williams e R.Y. Kim (1999)", 334  
Livneh, M (1989), 371  
Loureiro, T.G. (2003), 334  
Lovato, R.S. (2004), 371  
Love, A.E.H. (1944), 334  
Luong, M.P. (1990), 334

**M**

- Macêdo, J.A.G. (1996), 462  
Magalhães, S.T. (2004), 202  
Magalhães, S.T.; Motta, L.M.G e Leite, L.F.M. (2004), 202  
Malliagros, T.G. e Ferreira, C.P. (2006), 24  
Mamlouk, S.M. e Sarofim, R.T. (1988), 334  
Mano (1991), 113  
Mano, E.B. (1985), 113  
Margary, I. (1973), 24  
Marques, G.Lº. e Motta, L.M.G. (2006), 334  
Marques, G.L.O. (2001), 155  
Marques, G.L.O. (2004), 284  
Mascarenhas Neto, J.D. (1790), 24  
McDaniel, R. e Anderson, R.M. (2000), 284  
McDaniel, R. e Anderson, R.M. (2001), 284  
McGennis, R.B.; Anderson, R.M.; Perdomo, D.; Turner, P. (1996), 284  
Medina, J e Motta, L.M.G. (2005), 371  
Medina, J. (1997), 24  
Medina, J., Motta, L.M., Pinto, S. e Leite, L.M. (1992), 335  
Metso Minerals (2005), 156  
Meurer Filho, E. (2001), 335  
Monismith, C.L.; Seed, H.B.; Mitry, F.G.; Chan, C.K. (1967), 371  
Moreira, H.S. e Soares, J.B. (2002), 284  
Morilha Junior, A. & Trichês, G. (2003), 113  
Morilha Júnior, A.(2004), 113  
Motta, L.M.G. (1991), 335  
Motta, L.M.G. e Leite, L.F.M. (2000), 156  
Motta, L.M.G., Tonial, I., Leite, L. F. et al. (1996), 202  
Motta, L.M.G.; Medina, J.; Matos, M.V.M.; Vianna, A.A.D. (1990), 371  
Motta, L.M.G. (1998), 284  
Motta, R.S. (2005), 371  
Moura, E. (2001), 335

- Mourão, F.A.L. (2003), 202  
Mouthrop, J.S. e Ballou, W.R. (1997), 285

**N**

- NAPA (1982), 285  
NAPA (1998), 402  
NAPA (1999), 203  
Nardi, J.V. (1988), 371  
Nascimento, L., Leite, L., Campos, E.F., Marques, G. e Motta, L. (2006), 335  
Nascimento, L., Leite, L., Láo, V.L.E.S.T e Jesus, G.F. (2005), 439  
NCHRP 9-12 (2000), 285  
NCHRP-285 (2204), 335  
Nóbrega, E.S. (2003), 462  
Nóbrega, E.S. e Motta, L.M.G. (2003), 462  
Nóbrega, E.S., Motta, L.M.G., Macedo, J.A.G. (2003), 462  
Nogami, J.S. e Villibor, D.F. (1981), 371  
Nogami, J.S.; Villibor, D.F. (1995), 156  
Núñez, W.P. (1997), 371

**O**

- Oda, S. (2000), 113  
Oliveira, C.G.M. (2003), 335

**P**

- Papazian, H.S. (1962), 335  
Park, S.W. e Kim, Y.R. (1998), 335  
Park, S.W., Kim, Y.R. e Schapery, R.A. (1996), 335  
Patriota, M.B (2004), 113  
Peralta, X., González, J.M., Torres, J. (2000), 203  
Phandnavis, D.G. e C.G. Swaminathan (1997), 335  
Pinheiro, J.H.M. (2004), 114  
Pinheiro, J.H.M. e Soares, J.B. (2004), 114  
Pinto, C.S. (2000), 156  
Pinto, I.E. (2002), 114

- Pinto, S. (1991), 114  
Pinto, S. (1996), 285  
Pinto, S. (1998), 114  
Pinto, S. (2004), 285  
Pinto, S. e Preussler, E. (2002), 462  
Pinto, S., Guarçoni, D. e Chequer, C.J. (1998), 114  
Pinto, S., Preussler, E, e Farah, H. (1983), 114  
Porter, O.J. (1950), 371  
Prego, A.S.S. (1999), 114  
Prego, A.S.S. (2001), 24  
Preussler, E.S. (1983), 371  
Pronk, A.C. e Hopman, P.C. (1990), 335

**Q**

- Queiroz, C.A.V. (1984), 439

**R**

- Ramos, C.R., Salathé, J.E. e Martinho, F.G. (1993), 114  
Ramos, C.R et al (1995). Curso de ligantes asfálticos. IBP, 114  
Ribas, M.C. (2003), 24  
Ricci, E.; Vasconcelos, J. F.; Kraemer, J.L. (1983), 371  
Roberts, A. (1977), 335  
Roberts, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., Lee, D-Y. e Kennedy, T.W. (1996), 156  
Roberts, F.L.; Mohammad, L.N.; Wang, L.B. (2002), 285  
Robinson, R. (1986), 439  
Rodrigues, R.M. (1991), 335  
Röhm, S.A. (1984), 371  
Rowe, G.M. (1993), 335  
Ruwer, P., Marcon, G., Morilha J.R.A. e Ceratti, J.A. (2001), 114

**S**

- Santana, H. (1978), 203  
Santana, H. (1992), 203  
Santana, H. (1993), 335  
Santos, C. (2003), 203  
Santos, J.D.G. (1998), 371



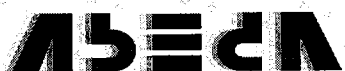
- Saunier, B.; Dolfus, C. e Geffroy, G. (1936), 24  
 Sayers, M.W. e S.M. Karamihas (1998), 439  
 Schapery, R.A. (1969), 336  
 Schapery, R.A. (1974), 336  
 Seed, H.B. and Chan, C.K. (1958), 372  
 Seed, H.B.; Chan, C.K.; Lee, C. E. (1962), 372  
 Seed, H.B.; Chan, C. K.; Monismith, C.L. (1955), 372  
 Seed, H.B.; Mitry, F.G.; Monismith, C.L.; Chan, C.K. (1967), 372  
 Serfass, J.P., Bauduin, A., Garnier J.F. (1992), 203  
 SETRA e LCPC (1994), 203  
 SETRA e LCPC (1998), 203  
 SETRA (1997), 203  
 Shell (2003), 114  
 SHRP (1991), 114  
 SHRP (1994a), 285  
 SHRP (1994b), 285  
 SILVA, P.D.E.A. (2001), 462  
 Silva, P.B. (2005), 114  
 Silveira, M.A. (1999), 285  
 Soares, J.B. (2003) Notas de Aula UFC. Fortaleza – CE, 114  
 Soares, J.B., Leite, L.M. Motta, L.M. e Branco, J.V.C. (1999), 285  
 Soares, J.B., Motta, L.M. e Soares, R.F. (2000), 285  
 Soares, J.B., Motta, L.M., Nóbrega, L.M., Leite, L.M., Paiva, J<sup>ª</sup> e Nobre Jr, E.F. (1998), 285  
 Solamanian, M., Harvey, J., Tahmoressi, M. e Tandon, V. (2004), 336  
 Souza, F.V. (2005), 336  
 Souza, F.V. e J. B. Soares (2003a), 336  
 Souza, M.L. (1966), 372  
 Souza, M.L. (1979), 372  
 Souza, M.L. (1980), 372  
 Souza, M.L.; Magalhães, J.P.; Silva, R.B.; Schlosser, R. (1977), 372  
 Souza, R.O. (2002), 439  
 Specht, L.P. (2004), 114  
 Suzuki, C.Y. (1992), 372
- T**  
 Taira, C. e Fabbri, G.T.P. (2001), 336  
 Tayebali, A.A.; J.A. Deacon; J.S. Coplantz e C.L. Monismith (1993), 336  
 Thuler, R.B. (2005), 203  
 Timoshenko, S.P. e Goodier, J.N. (1951), 336  
 Tonial, I.A. (2001), 114  
 Tonial, I.A. e Bastos, A.C.R. (1995), 114  
 Trichês, G. e Cardoso, A.B. (1999), 372  
 Trichês, G.; Cardoso, A. B. (2001), 462  
 Trichês, G.; Fontes, L.P.T.L.; Dal Pai, C.M. (2004), 462  
 Tuchumantel Jr., O. (1990), 285
- V**  
 Valkering, C.P., Lancon, D.J.L., Hilster, E.D. e Stoker, D.A. (1990), 336  
 Vaniscotte, J.C. e Duff, M. (1978a), 285  
 Vaniscotte, J.C. e Duff, M. (1978b), 285  
 Vasconcelos, K.L. (2004), 285  
 Vasconcelos, K.L., Soares, J.B. e Leite, L.M. (2003), 286  
 Vertamatti, E. (1988), 372  
 Viana, A.D. (2004), 336  
 Villela e Marcon, (2001), 462  
 Villibor, D.F. (1981), 372  
 Von Quintus, H.L., J.A. Scherocman, C.S. Hughes e T.W. Kennedy (1991), 336
- W**  
 Wang, J.N.; Kennedy, T.W. e McGennis, R.B. (2000), 286  
 WAPA (2004), 156  
 White, T.D. (1985), 286  
 Whiteoak (1980), 286  
 Whiteoak, D. (1990), 114  
 Wild, O. (1992), 24  
 Witczak, M.W. e Root, R.E. (1974), 336  
 Woods, K.B. (1960), 156  
 World Bank (1985), 439  
 World Bank (2000), 439
- Y**  
 Yen T. F (1991), 114  
 Yildirim, Y.; Solaimanian, M.; McGennis, R.B. e Kennedy, T.W. (2000), 286  
 Yoder, E. J. e Witczak, M.W. (1975), 336  
 Zhang, W.; A. Drescher e D.E. Newcomb (1997), 336  
 ZTV Asphalt (2001), 203

realização



**PETROBRAS**

ASFALTOS



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS  
DISTRIBUIDORAS DE ASFALTOS

