



# PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

• Formação Básica para Engenheiros •

Liedi Bariani Bernucci

Laura Maria Goretti da Motta

Jorge Augusto Pereira Ceratti

Jorge Barbosa Soares

## Currículo resumido dos professores do PROASFALTO:



### Laura Maria Goretti da Motta

Engenheira Civil (1976), pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Mestre em Engenharia Civil (1979), pela Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Doutora pela COPPE/UFRJ, 1991. Professora Adjunta do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ desde 1984. Coordena desde 1994 o Setor de Pavimentos do Laboratório de Geotecnia da COPPE. É membro da Comissão de Asfaltos do Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás. Possui diversos trabalhos publicados no Brasil e exterior. Já orientou mais de 50 mestres e doutores. Já atuou em mais de 40 projetos de cooperação com empresas e órgãos do setor de pavimentação.



### Liedi Bariani Bernucci

Engenheira Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1981), especialização no Instituto de Geotécnica da Escola Politécnica Federal de Zurique na Suíça (1984 e 1985), Mestre em Engenharia de Solos pelo Departamento de Estruturas e Geotécnica da EPUSP (1987), estágio de Doutorado pelo Instituto de Geotécnica da Escola Politécnica Federal de Zurique, na Suíça (1987 e 1988), Doutora em Engenharia de Transportes pelo Departamento de Engenharia de Transportes da EPUSP (1995), Livre-Docente em Engenharia de Transportes pela EPUSP (2001). Professora Titular no Departamento de Engenharia de Transportes da EPUSP, Coordenadora do Laboratório de Tecnologia de Pavimentação da EPUSP e Chefe do Departamento de Engenharia de Transportes da EPUSP, atua como docente em graduação e pós-graduação, como coordenadora de diversos projetos de pesquisa e extensão. É membro da Comissão de Asfaltos do Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás. É consultora em pavimentação, possui diversas publicações e já formou diversos mestres e doutores em Transportes.



### Jorge Barbosa Soares

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (1992). Mestre (1994) e Ph.D. (1997) em Engenharia Civil pela Texas A&M University. Coordenador da Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da UFC. Coordenador do Laboratório de Mecânica dos Pavimentos da UFC e da REDE ASFALTO N/NE. Professor Associado do Departamento de Engenharia de Transportes da UFC, atua como docente em graduação e pós-graduação e na coordenação de projetos de pesquisa e capacitação junto a agências de fomento, empresas e órgãos do setor de pavimentação. É membro da Comissão de Asfaltos do Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás. Atua também como consultor e possui diversas publicações nos principais periódicos e congressos técnico/científicos nacionais e internacionais na área de pavimentação.



### Jorge Augusto Pereira Ceratti

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 1976, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 1979. Doutor em Engenharia Civil pela Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), 1991. Professor Associado no Departamento de Engenharia Civil da UFRGS, onde atua como docente em graduação e pós-graduação, tendo formado, desde 1981, diversos mestres e doutores em Engenharia Civil. Coordenador do Laboratório de Pavimentação da UFRGS. É membro da Comissão de Asfaltos do Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás. Atua como consultor em pavimentação, desenvolvendo projetos de cooperação com empresas e órgãos do setor de pavimentação. Possui diversas publicações nos principais periódicos e congressos técnico/científicos, nacionais e internacionais, na área de pavimentação.

# Pavimentação asfáltica

## Formação básica para engenheiros

Liedi Bariani Bernucci

Laura Maria Goretti da Motta

Jorge Augusto Pereira Ceratti

Jorge Barbosa Soares

Rio de Janeiro

2008



ASFALTOS



## PATROCINADORES

Petrobras – Petróleo Brasileiro S. A.

Petrobras Distribuidora

Abeda – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

Copyright © 2007 Liedi Bariani Bernucci, Laura Maria Goretti da Motta,  
Jorge Augusto Pereira Ceratti e Jorge Barbosa Soares

## COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Trama Criações de Arte

## PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Anita Slade

Sonia Goulart

## DESENHOS

Rogério Corrêa Alves

## REVISÃO DE TEXTO

Mariflor Rocha

## CAPA

Clube de Idéias

## IMPRESSÃO

Gráfica Imprinta

Ficha catalográfica elaborada pela Petrobras / Biblioteca dos Serviços Compartilhados

---

P338 Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros / Liedi  
Bariani Bernucci... [et al.]. – Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABEDA,  
2006.  
504 f. : il.

Inclui Bibliografias.  
Patrocínio PETROBRAS

1. Asfalto. 2. Pavimentação. 3. Revestimento asfáltico. 4. Mistura.  
I. Bernucci, Liedi Bariani. II. Motta, Laura Maria Goretti da. III. Ceratti,  
Jorge Augusto Pereira. IV. Soares, Jorge Barbosa.

---

CDD 625.85

# APRESENTAÇÃO

Tendo em vista a necessidade premente de melhoria da qualidade das rodovias brasileiras e a importância da ampliação da infra-estrutura de transportes, a Petróleo Brasileiro S.A., a Petrobras Distribuidora S.A. e a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos – Abeda vêm investindo no desenvolvimento de novos produtos asfálticos e de modernas técnicas de pavimentação. Para efetivamente aplicar estes novos materiais e a recente tecnologia, é preciso promover a capacitação de recursos humanos.

Assim, essas empresas, unidas em um empreendimento inovador, conceberam uma ação para contribuir na formação de engenheiros civis na área de pavimentação: o Proasfalto – Programa Asfalto na Universidade. Este projeto arrojado foi criado para disponibilizar material didático para aulas de graduação de pavimentação visando oferecer sólidos conceitos teóricos e uma visão prática da tecnologia asfáltica.

Para a elaboração do projeto didático, foram convidados quatro professores de renomadas instituições de ensino superior do Brasil. Iniciou-se então o projeto que, após excelente trabalho dos professores Liedi Bariani Bernucci, da Universidade de São Paulo, Laura Maria Goretti da Motta, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Jorge Augusto Pereira Ceratti, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e Jorge Barbosa Soares, da Universidade Federal do Ceará, resultou no lançamento deste importante documento.

O livro *Pavimentação Asfáltica* descreve os materiais usados em pavimentação e suas propriedades, além de apresentar as técnicas de execução, de avaliação e de restauração de pavimentação. A forma clara e didática como o livro apresenta o tema o transforma em uma excelente referência sobre pavimentação e permite que ele atenda às necessidades tanto dos iniciantes no assunto quanto dos que já atuam na área.

A Universidade Petrobras, co-editora do livro *Pavimentação Asfáltica*, sente-se honrada em participar deste projeto e cumprimenta os autores pela importante iniciativa de estabelecer uma bibliografia de consulta permanente sobre o tema.

Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras

Petrobras Distribuidora S.A. – Asfaltos

Abeda – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos



ASFALTOS



# SUMÁRIO

PREFÁCIO	7
<b>1 Introdução</b>	<b>9</b>
1.1 PAVIMENTO DO PONTO DE VISTA ESTRUTURAL E FUNCIONAL	9
1.2 UM BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO	11
1.3 SITUAÇÃO ATUAL DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL	20
1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	24
<b>2 Ligantes asfálticos</b>	<b>25</b>
2.1 INTRODUÇÃO	25
2.2 ASFALTO	26
2.3 ESPECIFICAÇÕES BRASILEIRAS	58
2.4 ASFALTO MODIFICADO POR POLÍMERO	59
2.5 EMULSÃO ASFÁLTICA	81
2.6 ASFALTO DILUÍDO	96
2.7 ASFALTO-ESPUMA	97
2.8 AGENTES REJUVENESCEDORES	99
2.9 O PROGRAMA SHRP	100
BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	110
<b>3 Agregados</b>	<b>115</b>
3.1 INTRODUÇÃO	115
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS	116
3.3 PRODUÇÃO DE AGREGADOS BRITADOS	124
3.4 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS IMPORTANTES DOS AGREGADOS PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	129
3.5 CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS SEGUNDO O SHRP	150
BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	154

<b>4</b>	<b>Tipos de revestimentos asfálticos</b>	<b>157</b>
4.1	INTRODUÇÃO	157
4.2	MISTURAS USINADAS	158
4.3	MISTURAS <i>IN SITU</i> EM USINAS MÓVEIS	185
4.4	MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS	188
4.5	TRATAMENTOS SUPERFICIAIS	191
	BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	200
<b>5</b>	<b>Dosagem de diferentes tipos de revestimento</b>	<b>205</b>
5.1	INTRODUÇÃO	205
5.2	DEFINIÇÕES DE MASSAS ESPECÍFICAS PARA MISTURAS ASFÁLTICAS	207
5.3	MISTURAS ASFÁLTICAS A QUENTE	217
5.4	DOSAGEM DE MISTURAS A FRIO	253
5.5	MISTURAS RECICLADAS A QUENTE	256
5.6	TRATAMENTO SUPERFICIAL	263
5.7	MICRORREVESTIMENTO E LAMA ASFÁLTICA	269
	BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	281
<b>6</b>	<b>Propriedades mecânicas das misturas asfálticas</b>	<b>287</b>
6.1	INTRODUÇÃO	287
6.2	ENSAIOS CONVENCIONAIS	288
6.3	ENSAIOS DE MÓDULO	290
6.4	ENSAIOS DE RUPTURA	308
6.5	ENSAIOS DE DEFORMAÇÃO PERMANENTE	316
6.6	ENSAIOS COMPLEMENTARES	327
	BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	332
<b>7</b>	<b>Materiais e estruturas de pavimentos asfálticos</b>	<b>337</b>
7.1	INTRODUÇÃO	337
7.2	PROPRIEDADES DOS MATERIAIS DE BASE, SUB-BASE E REFORÇO DO SUBLEITO	339
7.3	MATERIAIS DE BASE, SUB-BASE E REFORÇO DO SUBLEITO	352
7.4	ALGUMAS ESTRUTURAS TÍPICAS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	365
	BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	369
<b>8</b>	<b>Técnicas executivas de revestimentos asfálticos</b>	<b>373</b>
8.1	INTRODUÇÃO	373
8.2	USINAS ASFÁLTICAS	373

8.3	TRANSPORTE E LANÇAMENTO DE MISTURAS ASFÁLTICAS	384
8.4	COMPACTAÇÃO	389
8.5	EXECUÇÃO DE TRATAMENTOS SUPERFICIAIS POR PENETRAÇÃO	393
8.6	EXECUÇÃO DE LAMAS E MICRORREVESTIMENTOS ASFÁLTICOS	397
8.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	401
	BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	402
<b>9</b>	<b>Diagnóstico de defeitos, avaliação funcional e de aderência</b>	<b>403</b>
9.1	INTRODUÇÃO	403
9.2	SERVENTIA	405
9.3	IRREGULARIDADE LONGITUDINAL	407
9.4	DEFEITOS DE SUPERFÍCIE	413
9.5	AVALIAÇÃO OBJETIVA DE SUPERFÍCIE PELA DETERMINAÇÃO DO IGG	424
9.6	AVALIAÇÃO DE ADERÊNCIA EM PISTAS MOLHADAS	429
9.7	AVALIAÇÃO DE RUÍDO PROVOCADO PELO TRÁFEGO	435
	BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	438
<b>10</b>	<b>Avaliação estrutural de pavimentos asfálticos</b>	<b>441</b>
10.1	INTRODUÇÃO	441
10.2	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ESTRUTURAL	443
10.3	EQUIPAMENTOS DE AVALIAÇÃO ESTRUTURAL NÃO-DESTRUTIVA	445
10.4	NOÇÕES DE RETROANÁLISE	453
10.5	SIMULADORES DE TRÁFEGO	457
10.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	460
	BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	461
<b>11</b>	<b>Técnicas de restauração asfáltica</b>	<b>463</b>
11.1	INTRODUÇÃO	463
11.2	TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS COM PROBLEMAS FUNCIONAIS	466
11.3	TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS COM PROBLEMAS ESTRUTURAIS	468
11.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRINCAMENTO POR REFLEXÃO	469
	BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA	475
	ÍNDICE DE FIGURAS	477
	ÍNDICE DE TABELAS	486
	ÍNDICE REMISSIVO DE TERMOS	490
	ÍNDICE REMISSIVO DAS BIBLIOGRAFIAS	496



## PREFÁCIO

Este livro tem por objetivo principal contribuir para a formação do aluno na área de pavimentação asfáltica, dos cursos de Engenharia Civil de universidades e faculdades do país. O projeto deste livro integra o Programa Asfalto na Universidade, concebido em conjunto com a Petrobras e a Abeda, nossos parceiros e patrocinadores, para apoiar o ensino de graduação, disponibilizando material bibliográfico adicional aos estudantes e aos docentes de disciplinas de infra-estrutura de transportes. Os autores acreditam que seu conteúdo possa ser também útil a engenheiros e a técnicos da área de pavimentação e, no aspecto de organização do conhecimento, a pós-graduandos.

A elaboração deste livro em muito assemelha-se à construção de uma estrada, e os autores o vêem como mais uma via na incessante busca de novos horizontes. Estradas preexistentes influenciam o traçado de novas rodovias, assim como a preexistência de diversos materiais bibliográficos contribuiu para o projeto deste livro. Os autores procuraram ao máximo trafegar por diversas referências, devidamente reconhecidas no texto, e estão cientes de que muitos outros caminhos precisam ser percorridos para uma viagem mais plena.

Como em qualquer projeto de engenharia, decisões foram tomadas com vistas à delimitação do trabalho. Foram enfocados tópicos julgados menos disponíveis na literatura técnica brasileira sobre materiais de pavimentação – principalmente no que se refere aos ligantes asfálticos e aos tipos e propriedades das misturas asfálticas –, técnicas executivas e de avaliação de desempenho, bem como as diretrizes para a restauração asfáltica de pavimentos. Esses assuntos foram considerados pelos autores de grande valia para a construção do conhecimento sobre pavimentação na academia. Os autores reconhecem a limitação do escopo deste livro e recomendam fortemente que os estudantes busquem bibliografia complementar que enriqueça seus conhecimentos, enveredando também pelos caminhos do projeto de dimensionamento das estruturas de pavimentos e de restaurações, da mecânica dos pavimentos, da geotecnia, do projeto de tráfego e de drenagem, das técnicas de controle tecnológico, da gerência de pavimentos etc. Todas essas áreas do saber afins à pavimentação dão embasamentos aos conceitos necessários para termos pavimentos rodoviários, aeroportuários e urbanos mais econômicos, com melhor desempenho e mais duráveis para cada situação.

Como toda obra de pavimentação, não faltou neste caso a consultoria e o controle de qualidade, exercidos com competência e elegância pelos colegas aqui reconhecidos por seus valiosos comentários e sugestões: Dra. Leni Figueiredo Mathias Leite

(Centro de Pesquisa da Petrobras), Eng. Ilonir Antonio Tonial (Petrobras Distribuidora), Eng. Armando Morilha Júnior (Abeda), Prof. Dr. Glauco Túlio Pessa Fabbri (Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo), Prof. Sérgio Armando de Sá e Benevides (Universidade Federal do Ceará) e Prof. Álvaro Vieira (Instituto Militar de Engenharia).

A experiência de escrever este livro a oito mãos foi deveras enriquecedora, construindo-o em camadas, com materiais convencionais e alternativos, cuidadosamente analisados, compatibilizando-se sempre as espessuras das camadas e a qualidade dos materiais. No livro, competências e disponibilidades de tempo foram devidamente dosadas entre os quatro autores. Um elemento presente foi o uso de textos anteriormente escritos pelos quatro autores em co-autoria com seus respectivos alunos e colegas de trabalho, sendo estes devidamente referenciados.

Por fim, tal qual uma estrada, por melhor que tenha sido o projeto e a execução, esta obra está sujeita a falhas, e o olhar atento dos pares ajudará a realizar a manutenção no momento apropriado. O avanço do conhecimento na fascinante área de pavimentação segue em alta velocidade e, portanto, alguns trechos da obra talvez mereçam restauração num futuro não distante. Novos trechos devem surgir. Aos autores e aos leitores cabe permanecer viajando nas mais diversas estradas, em busca de paisagens que ampliem o horizonte do conhecimento. Aqui, espera-se ter pavimentado mais uma via para servir de suporte a uma melhor compreensão da engenharia rodoviária. Que esta via estimule novas vias, da mesma forma que uma estrada possibilita a construção de outras tantas.

### Os autores

NOTA IMPORTANTE: Os quatro autores participaram na seleção do conteúdo, na organização e na redação de todos os onze capítulos, e consideram suas respectivas contribuições ao livro equilibradas. A ordem relativa à co-autoria levou em consideração tão somente a coordenação da produção do livro.

## 1.1 PAVIMENTO DO PONTO DE VISTA ESTRUTURAL E FUNCIONAL

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

O pavimento rodoviário classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: *rígidos* e *flexíveis*. Mais recentemente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento.

Os pavimentos de concreto-cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes. As placas de concreto podem ser armadas ou não com barras de aço – Figura 1.1(a). É usual designar-se a subcamada desse pavimento como sub-base, uma vez que a qualidade do material dessa camada equivale à sub-base de pavimentos asfálticos.

Os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento – em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de *binder*, embora essa designação possa levar a uma certa confusão, uma vez que esse termo é utilizado na língua inglesa para designar o ligante asfáltico. Dependendo do tráfego e dos materiais disponíveis, pode-se ter ausência de algumas camadas. As camadas da estrutura repousam sobre o subleito, ou seja, a plataforma da estrada terminada após a conclusão dos cortes e aterros – Figura 1.1(b).

O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança). Os diversos materiais que podem constituir esse revestimento são objeto deste livro. As tensões e deformações induzidas na camada asfáltica pelas cargas do tráfego estão associadas ao trincamento por fadiga dessa camada. Ela ainda pode apresentar trincamento por envelhecimento do ligante asfáltico, ação climática etc. Parte de problemas

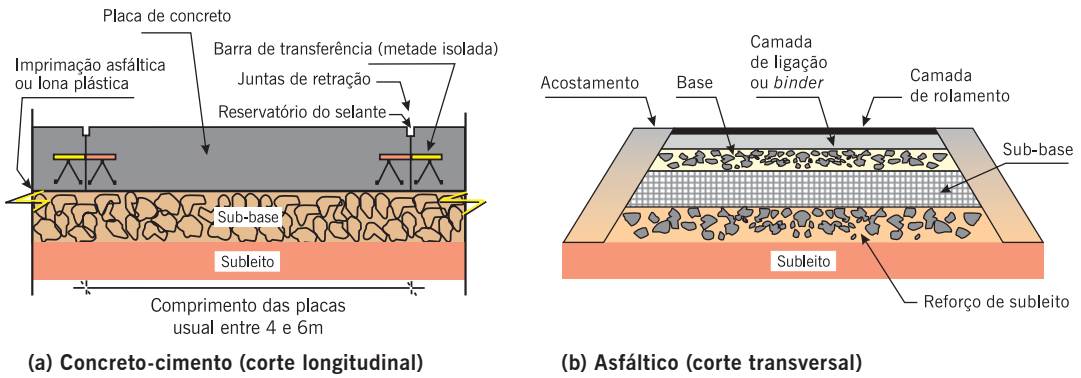


Figura 1.1 Estruturas de pavimentos

relacionados à deformação permanente e outros defeitos pode ser atribuída ao revestimento asfáltico. Nos pavimentos asfálticos, as camadas de base, sub-base e reforço do subleito são de grande importância estrutural. Limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento (Figura 1.2), por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes, é o objetivo da mecânica dos pavimentos (Medina, 1997).

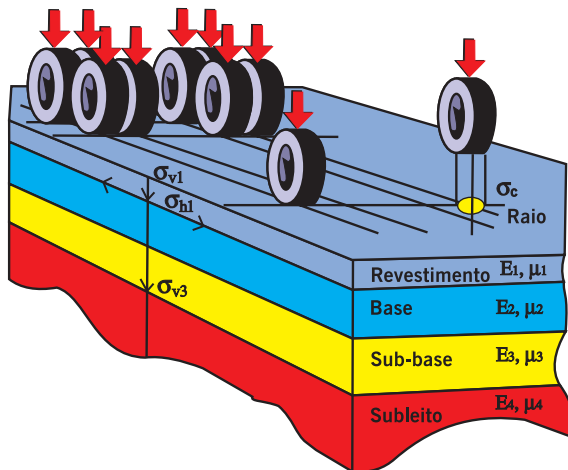


Figura 1.2 Ilustração do sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes (Albernaz, 1997)

Os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura. Por penetração refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. No revestimento por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão. Quando o pré-envolvimento é feito na usina denomina-se pré-misturado propriamente dito. Quando o pré-envolvimento é feito na pista denomina-se pré-misturado na pista. Os diferentes tipos de revestimento serão abordados em maior detalhe no Capítulo 4.

## 1.2 UM BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO

Embora este livro apresente fundamentalmente aspectos técnicos relativos a pavimentos asfálticos, o seu caráter didático levou os autores a abordarem, mesmo que de forma resumida, um histórico da pavimentação. A literatura é vasta no assunto, freqüentemente objeto de trabalho de profissionais dedicados à historiografia desse tipo de construção. De forma alguma é intenção apresentar aqui um texto de referência, mas apenas uma coletânea de informações selecionadas a partir de trabalhos nacionais e internacionais específicos no assunto e recomendados ao leitor mais interessado.

No Brasil, Bittencourt (1958) apresenta um memorável apanhado dessa história desde os primeiros povos organizados até o início do século XX. Destaca-se também o esforço de Prego (2001) de concluir a ação iniciada em 1994 pela Associação Brasileira de Pavimentação, por meio de sua Comissão para Elaborar a Memória da Pavimentação, que nomeou inicialmente o engenheiro Murillo Lopes de Souza para escrever sobre o tema.

Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. Como os pavimentos, a história também é construída em camadas e, freqüentemente, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí serem uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas.

Uma das mais antigas estradas pavimentadas implantadas não se destinou a veículos com rodas, mas a trenós para o transporte de cargas. Para a construção das pirâmides no Egito (2600-2400 a.C.), foram construídas vias com lajões justapostos em base com boa capacidade de suporte. O atrito era amenizado com umedecimento constante por meio de água, azeite ou musgo molhado (Saunier, 1936). Alguns exemplos de estradas de destaque da antigüidade são descritos a seguir.

Na região geográfica histórica do Oriente Médio, nos anos 600 a.C., a Estrada de Semíramis cruzava o rio Tigre e margeava o Eufrates, entre as cidades da Babilônia (região da Mesopotâmia – em grego, região entre rios – que abrangia na antigüidade aproximadamente o que é hoje o território do Iraque) e Ecbatana (reino da Média, no planalto iraniano). Na Ásia Menor, ligando Iônia (Éfeso) do Império Grego ao centro do Império Persa, Susa (no Irã de hoje), há registro da chamada Estrada Real (anos 500 a.C.), que era servida de postos de correio, pousadas e até pedágio, tendo mais de 2.000km de extensão. À época de Alexandre, o Grande (anos 300 a.C.), havia a estrada de Susa até Persépolis (aproximadamente a 600km ao sul do que é hoje Teerã, capital do Irã), passando por um posto de pedágio, as Portas Persas, possibilitando o tráfego de veículos com rodas desde o nível do mar até 1.800m de altitude.

Bittencourt (1958) registra diversas referências históricas de estradas construídas na antigüidade e que atendiam à Assíria (reino também na Mesopotâmia) e à Babilônia, bem como velhos caminhos da Índia e da China, mesmo aqueles considerados apenas itinerários, e identificados a partir de estudos arqueológicos, históricos, agrícolas e

lingüísticos. Entre esses caminhos, merece destaque a chamada Estrada da Seda, uma das rotas de comércio mais antigas e historicamente importantes devido a sua grande influência nas culturas da China, Índia, Ásia e também do Ocidente. Sua localização é na região que separa a China da Europa e da Ásia, nas proximidades de um dos mais hostis ambientes do planeta, o deserto de Taklimakan, cercado ao norte pelo deserto de Gobi e nos outros três extremos pelas maiores cadeias de montanha do mundo, Himalaia, Karakorum e Kunlun. A Estrada da Seda não existia apenas com o propósito do comércio da seda, mas de diversas outras mercadorias como ouro, marfim, animais e plantas exóticas. Wild (1992) aponta que o bem mais significativo carregado nessa rota não era a seda, mas a religião, o budismo. O apogeu da estrada foi na dinastia Tang (anos 600 d.C.) e, após um período de declínio, voltou a se tornar importante com o surgimento do Império Mongol sob a liderança de Gêngis Khan (anos 1200 d.C.), por ser o caminho de comunicação entre as diversas partes do império. Um dos visitantes mais conhecidos e com melhor documentação na história da estrada foi Marco Pólo, negociante veneziano, que iniciou suas viagens com apenas 17 anos em 1271 (Bohong, 1989). O declínio da estrada se deu ainda no século XIII com o crescimento do transporte marítimo na região. O interesse na rota ressurgiu no final do século XIX após expedições arqueológicas européias.

Muitas das estradas da antigüidade, como a de Semíramis, transformaram-se na modernidade em estradas asfaltadas. Embora seja reconhecida a existência remota de sistemas de estradas em diversas partes do globo, construídas para fins religiosos (peregrinações) e comerciais, foi atribuída aos romanos a arte maior do planejamento e da construção viária. Visando, entre outros, objetivos militares de manutenção da ordem no vasto território do império, que se iniciou com Otaviano Augusto no ano 27 a.C., deslocando tropas de centros estratégicos para as localidades mais longínquas, os romanos foram capazes de implantar um sistema robusto construído com elevado nível de critério técnico. Vale notar que o sistema viário romano já existia anteriormente à instalação do império, embora o mesmo tenha experimentado grande desenvolvimento a partir de então. Portanto, há mais de 2.000 anos os romanos já possuíam uma boa malha viária, contando ainda com um sistema de planejamento e manutenção. A mais extensa das estradas contínuas corria da Muralha de Antonino, na Escócia, a Jerusalém, cobrindo aproximadamente 5.000km (Hagen, 1955).

Chevallier (1976) aponta que não havia uma construção padrão para as estradas romanas, embora características comuns sejam encontradas. As informações hoje disponíveis advêm fundamentalmente das vias remanescentes. De documentos antigos do século I, sabe-se que as vias eram classificadas de acordo com a sua importância, sendo as mais importantes as vias públicas do Estado (*viae publicae*), seguidas das vias construídas pelo exército (*viae militare*), que eventualmente se tornavam públicas; das vias locais ou *actus*, e finalmente das vias privadas ou *privatae* (Adam, 1994). Semelhantemente aos dias de hoje, as vias eram compostas por uma fundação e uma camada de superfície, que variavam de acordo com os materiais disponíveis e a qualidade do terreno natural.

No que diz respeito à geometria, as vias romanas eram traçadas geralmente em linhas retas. Embora fosse comum que seguissem o curso de um riacho ou rio, as vias não possuíam o traçado suave como é usual nos dias de hoje, sendo compostas por pequenos trechos retos que mudavam de direção com a forma do terreno (Margary, 1973). Destaque-se que à época os veículos possuíam eixos fixos, sendo, portanto, as curvas incômodas para as manobras.

Havia uma grande preocupação com aterros e drenagem. Em geral a fundação era formada por pedras grandes dispostas em linha de modo a proporcionar uma boa plataforma e ainda possibilitar a drenagem. A camada intermediária era então colocada sobre a fundação sólida. De acordo com Margary (1973), é comum encontrar-se areia nessa camada intermediária, misturada ou não com pedregulho ou argila, a fim de adicionar resiliência ao pavimento. A última camada de superfície varia bastante; entretanto a maioria possui pedras nas bordas formando uma espécie de meio-fio (Adam, 1994). É comum o uso de pedregulhos, sílex e outras pedras quebradas (Margary, 1973). A grande variabilidade das estradas romanas se deve exatamente à disponibilidade ou não desses materiais.

A partir do século II, placas de pedras maiores começaram a ser mais usadas, em especial nas cidades principais (Adam, 1994). Nas localidades nas quais se trabalhava o ferro, o resíduo da produção era usado na superfície das estradas servindo de material ligante das pedras e agregados, formando assim uma espécie de placa. Chevallier (1976) aponta que embora atualmente se observem superfícies de estradas romanas antigas recobertas com pedras não-conectadas, é provável que o tempo e o tráfego tenham retirado o material ligante. Investigações indicam que a espessura da camada de superfície variava de 5 a 7,5cm nos casos mais delgados, até situações em que se constata uma espessura variável, de 60cm no centro da via a poucos centímetros nas bordas. Espessuras maiores são encontradas próximas a pontes, sendo atribuídas ao preenchimento necessário para nivelar a estrada (Margary, 1973). Há vários casos de sucessivas camadas de recapeamento levando o pavimento a atingir cerca de 1 a 1,5m de espessura (Chevallier, 1976). A superfície possui ainda grande declividade a partir do centro, chegando a valores de caimento de 30cm para 4,5m de largura, ou seja, uma declividade superior a 6%.

Das vias romanas, a mais conhecida de todas, a Via Ápia, foi a primeira a ser nomeada em homenagem ao seu construtor, Appius Claudius, que a criou em 312 a.C., durante a segunda Guerra Samnita. O objetivo era ligar Roma a Cápua (195km), permitindo ao exército romano chegar rapidamente, durante o período não-invernoso, às áreas de Campania e Samnium, retornando a Roma no inverno. A via atravessa os pântanos de Pontino por meio de um aterro de 28km construído sobre estrado de pranchas de madeira. Após o sucesso da Via Ápia, foi realizada uma série de outros projetos viários. A Figura 1.3(a) traz uma foto nos dias atuais da Via Ostiense que ligava Óstia a Roma; a Figura 1.3(b) mostra uma via urbana em Pompéia, no sul da Itália, onde entrou em erupção o vulcão Vesúvio em 79 d.C. Observa-se nessa foto que as vias eram pavimentadas com pedras



(a) Via Ostiense, ligando Óstia a Roma



(b) Via urbana em Pompéia, Itália

**Figura 1.3** Vias romanas

devidamente intervaladas para permitir a circulação dos veículos rodantes; as calçadas para pedestres utilizavam a mesma técnica.

A partir da queda do Império Romano em 476 d.C., e durante os séculos seguintes, as novas nações européias fundadas perderam de vista a construção e a conservação das estradas. A França foi a primeira, desde os romanos, a reconhecer o efeito do transporte no comércio, dando importância à velocidade de viagem (Mascarenhas Neto, 1790). Carlos Magno, no final dos anos 700 e início dos anos 800, modernizou a França, semelhantemente aos romanos, em diversas frentes: educacional, cultural e também no que diz respeito ao progresso do comércio por meio de boas estradas (Bely, 2001). Mascarenhas Neto (1790) aponta os séculos X a XII como de pouco cuidado com os Caminhos Reais da França, sendo esse descuido uma das causas da decadência do comércio e das comodidades da Europa civilizada. O mesmo autor aponta uma mudança significativa no reinado de Felipe Augusto (1180-1223), a partir do qual a França passa a ter novamente a preocupação de construir novas estradas e conservá-las. O autor indica a legislação francesa pertinente ao longo dos anos até a data de sua obra, 1790. Aponta ainda que os ingleses, observando a forma como eram calçados os caminhos da França, conseguiram então construir as vias mais cômodas, duráveis e velozes da Europa, o que foi importante para o progresso da indústria e comércio do país.

A partir da experiência praticada na Inglaterra, Escócia e França, e de sua própria experiência nas províncias de Portugal, Mascarenhas Neto (1790) apresenta um *Tratado para construção de estradas*, uma preciosa referência para o meio rodoviário. Destaca o autor a facilidade de se encontrar em todas as províncias do reino de então, na superfície ou em minas, o saibro, o tufo, terras calcárias e arenosas, podendo, assim, construir em Portugal estradas com menos despesas do que na Inglaterra e na França.



Já à época havia uma grande preocupação com diversos aspectos hoje sabidamente importantes de se considerar para uma boa pavimentação (trechos extraídos de Mascarenhas Neto, 1790):

- *drenagem e abaulamento*: “o convexo da superfície da estrada é necessário para que as águas, que chovem sobre ela, escorram mais facilmente para os fossos, por ser esta expedição mais conveniente à solidez da estrada”;
- *erosão*: “quando o sítio não contém pedra, ou que ela não se consegue sem longo carreto, pode suprir-se formando os lados da estrada com um marachão de terra de grossura de quatro pés, na superfície do lado externo, formando uma escarpa; se devem semear as gramas ou outras quaisquer ervas, das que enlaçam as raízes”;
- *distância de transporte*: “o carreto de terras, que faz a sua maior mão-de-obra”;
- *compactação*: “é preciso calcar artificialmente as matérias da composição da estrada, por meio de rolos de ferro”;
- *sobrecarga*: “devia ser proibido, que em nenhuma carroça de duas rodas se pudessem empregar mais de dois bois, ou de duas bestas, e desta forma se taxava a excessiva carga; liberdade para o número de forças vivas, empregadas nos carros de quatro rodas, ... peso então se reparte, e causa menos ruína”;
- *marcação*: “todas as léguas devem estar assinaladas por meio de marcos de pedra”.

O autor discorre ainda sobre temas como a importância de se ter na estrada em construção uma casa móvel com ferramentas, máquinas e mantimentos, e até sobre a disciplina de trabalho e a presença de um administrador (fiscal). É dedicado um capítulo específico à conservação das estradas no qual se coloca entre as obrigações “vigiar qualquer pequeno estrago, que ou pelas chuvas, ou pelo trilho dos transportes, principia a formar-se no corpo da estrada, nos caixilhos, nos fossos e nos aquedutos”. Finalmente o autor discorre sobre os fundos específicos para construção e administração das estradas, reconhecendo a importância do pedágio em alguns casos: “A contribuição de Barreira é evidentemente o melhor meio para a construção das estradas, e como tal se tem estabelecido legitimamente na Inglaterra”; mas não em todos, “pela pouca povoação, ou pela pouca afluência de viajantes nacionais, e estrangeiros, a maior parte das estradas de Portugal não são suscetíveis de semelhante meio”.

Na América Latina, merecem destaque as estradas construídas pelos incas, habitantes da região hoje ocupada pelo Equador, Peru, norte do Chile, oeste da Bolívia e noroeste da Argentina. O alemão Alexander Von Humboldt, combinação de cientista e viajante que durante os anos de 1799 e 1804 realizou expedições científicas por várias partes da América do Sul, qualifica as estradas dos incas como “os mais úteis e estupendos trabalhos realizados pelo homem”. O império incaico se inicia em 1438, sendo invadido por Francisco Pizarro em 1532, quando cai sob o domínio espanhol. A avançada civilização inca construiu um sistema de estradas que abrangia terras hoje da Colômbia até o Chile e a Argentina, cobrindo a região árida do litoral, florestas, até grandes altitudes na Cordilheira dos Andes. Havia duas estradas principais correndo no sentido longitudinal:

uma serra com cerca de 4.350km e outra costeira com cerca de 3.900km. Interligando-as havia um elaborado sistema de vias transversais, sendo o total da rede viária estimado em pelo menos 17.000km, embora se encontrem textos apontando números de até 40.000km. A largura das estradas varia de 1,0m nos caminhos para pedestres e lhamas a 16,0m nas estradas militares. Foram construídas sempre acima do nível dos rios fugindo do alcance de inundações. Hagen (1955) apresenta o resultado primoroso de sua excursão de dois anos pela Estrada Real que percorre o Império Inca.

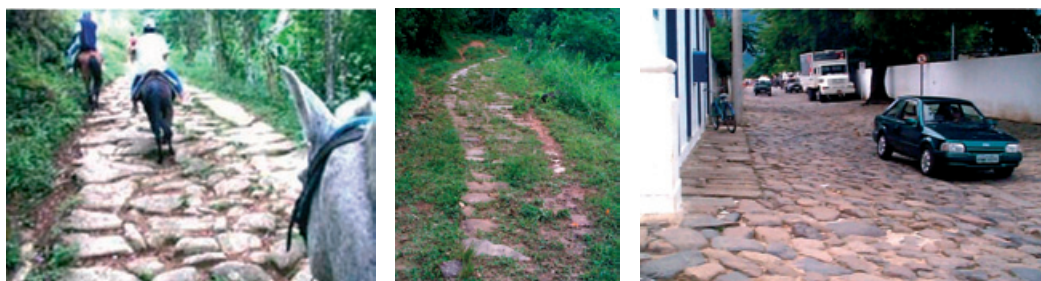
No Brasil, além dos trabalhos já mencionados de Bittencourt (1958) e Prego (2001), outras publicações tratam da história de estradas, só que de forma específica, como Ribas (2003) e Concer (1997). Um resumo histórico de importantes estradas no país pode ser encontrado em *História das rodovias* (2004). Partindo dessas diversas referências, faz-se aqui uma cronologia de vias emblemáticas de modo a tentar ilustrar a história da pavimentação no país.

Uma das primeiras estradas reportadas tem início em 1560, à época do terceiro governador-geral do Brasil, Mem de Sá. Trata-se do caminho aberto para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga. Em 1661, o governo da Capitania de São Vicente recuperou esse caminho, construindo o que foi denominada *Estrada do Mar* (ou *Caminho do Mar*), permitindo assim o tráfego de veículos. Hoje a estrada também é conhecida como *Estrada Velha do Mar* (Figura 1.4). Em 1789, a estrada foi recuperada, sendo a pavimentação no trecho da serra feita com lajes de granito, a chamada Calçada de Lorena, ainda hoje em parte preservada. A Estrada do Mar emprestou parte do seu traçado para a construção da *Estrada da Maioridade*, em homenagem à maioria de D. Pedro II, iniciada em 1837 e concluída em 1844. Em 1913, iniciou-se novamente uma recuperação, mas a estrada foi posteriormente abandonada devido à concorrência da linha férrea. Em 1920, foi criada a *Sociedade Caminho do Mar*, responsável pela reconstrução da estrada e estabelecimento de pedágio e, em 1922, o seu trecho mais íngreme foi pavimentado com concreto. Em 1923, foi abolido o pedágio pelo governo de São Paulo que comprou a *Sociedade Caminho do Mar*. Era presidente de São Paulo, Washington Luiz, que foi presidente da República de 1926 a 1930, sendo sua a célebre frase “governar é abrir estradas”.



Figura 1.4 Estrada do Mar (*História das rodovias*, 2004)

A *Estrada Real* (Figura 1.5), designação usada em Minas Gerais, ou *Caminho do Ouro* (designação usada em Paraty, RJ) tem sua origem atribuída a uma trilha usada pelos índios goianás anteriormente à chegada dos portugueses, daí Trilha Goianá ser também uma designação do caminho, entre outras. A estrada possui dois caminhos, o velho, que liga Ouro Preto (MG) a Paraty (RJ), e o mais novo, que segue do Rio de Janeiro a Diamantina (MG), também passando por Ouro Preto. Ribas (2003), em uma rica cronologia comentada, indica que em 1660, Salvador Correia de Sá e Benevides, então governador e administrador geral das Minas (região que englobava o Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo), deu a ordem de “abrir e descobrir” a trilha dos goianás, com a intenção de facilitar a ligação do Rio de Janeiro e São Paulo. Calçado para transportar o ouro das minas no século XVIII, melhorado para transportar o café no século XIX, o caminho foi abandonado e esquecido no século XX. Já no século XXI, o Caminho do Ouro está sendo reestruturado de modo a viabilizar a utilização turística dessa importante veia da história do Brasil.



**Figura 1.5** Resquícios do Caminho do Ouro ou Estrada Real e pavimentação urbana em Paraty, RJ

Em 1841, D. Pedro II encarregou o engenheiro alemão Júlio Frederico Koeler de construir um caminho de Porto da Estrela (RJ) a Petrópolis (*História das rodovias*, 2004). Surgiu assim a *Estrada Normal da Serra da Estrela*, existente até hoje. Em 1854, facilitando o percurso Rio de Janeiro-Petrópolis, a estrada passava a ser usada de forma conjunta com a primeira ferrovia do Brasil, ligando Porto Mauá à Raiz da Serra (RJ), inaugurada graças ao empreendedorismo de Irineu Evangelista de Souza, o barão de Mauá. A viagem até Petrópolis era iniciada por via marítima até Porto Mauá, depois por trem até Raiz da Serra, seguindo por diligência na Estrada Normal da Serra da Estrela.

Concer (1997) apresenta um belo trabalho, a partir do livro do fotógrafo do imperador, o francês Revert Henrique Klumb (Klumb, 1872), sobre a história da *Estrada de Rodagem União e Indústria*, ligando Petrópolis (RJ) a Juiz de Fora (MG), sendo a primeira rodovia concessionada do Brasil (Figura 1.6). Idealizada pelo comendador Mariano Procopio e inaugurada por D. Pedro II em 1860 é a primeira estrada brasileira a usar macadame como base/revestimento. Até então era usual o calçamento de ruas com pedras importadas de Portugal. Com uma largura de 7m, leito ensaibrado e compactado, macadame incluindo pedra passando na peneira de 5” de malha quadrada (Prego, 2001), cuidadosamente drenada, inclusive com valetas de alvenaria, várias obras de arte, esta

estrada tinha um traçado que permitia a então impressionante velocidade de 20km/h das diligências. Muito além do seu percurso de 144km, a União e Indústria representa um marco na modernização da pavimentação e do país. Sua construção envolveu o levantamento de capital em Londres e no Rio de Janeiro. Da antiga estrada ainda restam pontes e construções, incluindo o Museu Rodoviário, onde se pode aprender mais sobre a história da estrada em questão e do rodoviarismo brasileiro. A estrada original está hoje alterada e absorvida em alguns trechos pela BR-040/RJ.



**Figura 1.6 Estrada União e Indústria – foto à época de sua construção (Concer, 1997)**

Durante o Império (1822-1889) foram poucos os desenvolvimentos nos transportes do Brasil, principalmente o transporte rodoviário. No início do século XX, havia no país 500km de estradas com revestimento de macadame hidráulico ou variações, sendo o tráfego restrito a veículos de tração animal (Prego, 2001). Em 1896 veio da Europa para o Brasil o primeiro veículo de carga. Em 1903 foram licenciados os primeiros carros particulares e em 1906 foi criado o Ministério da Viação e Obras Públicas. Em 1909 o automóvel Ford modelo T foi lançado nos Estados Unidos por Henry Ford, sendo a *Ford Motor Company* instalada no Brasil em 1919. Em 1916 foi realizado o I Congresso Nacional de Estradas de Rodagem no Rio de Janeiro.

Em 1928 foi inaugurada pelo presidente Washington Luiz a Rodovia Rio-São Paulo, com 506km de extensão, representando um marco da nova política rodoviária federal. Em 1949, quando da entrega da pavimentação de mais um trecho da que era conhecida como BR-2, a rodovia passou a se chamar Presidente Dutra. Também em 1928 foi inaugurada pelo presidente a Rio-Petrópolis.

Destaca-se em 1937 a criação, pelo presidente Getúlio Vargas, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas. Na década de 1940 observou-se um avanço de pavimentação fruto da tecnologia desenvolvida durante a 2ª Guerra Mundial. Em 1942, houve o contato de engenheiros brasileiros com engenheiros norte-americanos que construíram pistas de aeroportos e estradas de acesso durante a guerra utilizando o então recém-desenvolvido ensaio

*California Bearing Ratio* (CBR). Neste ano o Brasil possuía apenas 1.300km de rodovias pavimentadas, uma das menores extensões da América Latina.

O grande impulso na construção rodoviária brasileira ocorreu nas décadas de 1940 e 1950, graças à criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946, oriundo do imposto sobre combustíveis líquidos. Destaque-se ainda a criação da Petrobras em 1953.

O ano de 1950 foi destacado por Prego (2001) como o início da execução de pavimentos em escala industrial e da organização de grandes firmas construtoras. Anteriormente, embora já existisse o Laboratório Central do DNER, não havia ainda procedimentos amplamente aceitos para a aplicação das tecnologias rodoviárias. Isto tanto é verdadeiro que a pavimentação da Presidente Dutra, em 1950, foi feita sem estudo geotécnico, com espessuras constantes de 35cm, sendo 20cm de base de macadame hidráulico e 15cm de um revestimento de macadame betuminoso por penetração dosado pela regra “a quantidade de ligante é a que o agregado pede”. Em alguns trechos se adotou pavimento de concreto de cimento Portland. Registre-se, contudo, já nesta obra os esforços de alguns engenheiros para implantação de métodos de projeto e controle.

Na década de 1950 foi feito um programa de melhoria das estradas vicinais, incluindo a abertura e melhoramento de estradas no Nordeste como forma de aliviar a precária situação dessa região castigada por secas periódicas. Em 1955 entrou em funcionamento a fábrica de asfalto da Refinaria Presidente Bernardes da Petrobras, com capacidade de 116.000t/ano. Em 1956, a indústria automobilística foi implantada no país. O governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961) impulsionou o rodoviarismo aumentando sobremaneira a área pavimentada do país. Em 1958 e 1959, foram criados, respectivamente, o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), no âmbito do CNPq, atuando em colaboração com o DNER, e a Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv). Brasília foi inaugurada em 1960.

Durante o governo militar (1964-1984), entre os projetos de estradas de destaque estão a Rodovia Transamazônica e a Ponte Rio-Niterói. Em 1985, o Brasil contava com aproximadamente 110.000km de rodovias pavimentadas, saltando em 1993 para aproximadamente 133.000km, conforme indica a evolução da rede rodoviária ilustrada na Tabela 1.1, que não inclui a rede viária municipal, responsável pela grande malha não-pavimentada no país. Números de 2005 apontam 1.400.000km de rodovias não-pavimentadas (federais, estaduais e municipais) e 196.000km de rodovias pavimentadas, sendo 58.000km federais, 115.000km estaduais e 23.000km municipais. Esse percentual (de cerca de 10% de vias pavimentadas) contrasta com um percentual nos Estados Unidos e na Europa de mais de 50% e de uma média na América do Sul superior a 20%.

Para ilustrar o atraso do país em relação aos investimentos na área de infra-estrutura, principalmente na pavimentação, em 1998 o consumo de asfalto por ano nos Estados Unidos era de 27 milhões de toneladas. À mesma época, no Brasil, esse consumo era de cerca de 2 milhões de toneladas por ano, sendo em 2004 de 1,3 milhão. Levando-se em consideração que os dois países têm áreas semelhantes, de 9,8 e 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, respectivamente, fica clara a condição precária de desenvolvimento do país neste aspecto.

**TABELA 1.1 EVOLUÇÃO DA REDE RODOVIÁRIA FEDERAL E ESTADUAL (KM)**

Ano	FEDERAL			ESTADUAL		
	Pavimentada	Não-pavimentada	Total	Pavimentada	Não-pavimentada	Total
1960	8.675	23.727	32.402	4.028	71.847	75.875
1965	12.589	22.003	34.592	13.835	81.003	94.838
1970	24.146	27.394	51.540	24.431	105.040	129.471
1975	40.190	28.774	68.964	20.641	86.320	106.961
1980	39.685	19.480	59.165	41.612	105.756	147.368
1985	46.455	14.410	60.865	63.084	100.903	163.987
1990	50.310	13.417	63.727	78.284	110.769	189.053
1993	51.612	13.783	65.395	81.765	110.773	192.538

Fonte: Geipot 1970, 1976, 1981, 1986, 1992, 2001

O programa de concessões no país iniciou-se em 1996 e essas vêm apresentando qualidade superior quando comparadas às vias não-concessionadas, numa clara indicação de que há tecnologia no país para produção de vias duráveis e de grande conforto ao rolamento.

### 1.3 SITUAÇÃO ATUAL DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

Levantamentos recorrentes da Confederação Nacional do Transporte – CNT têm considerado a grande maioria dos pavimentos do Brasil de baixo conforto ao rolamento, incluindo muitos trechos concessionados da malha federal. Estima-se de 1 a 2 bilhões de reais, por ano, para manutenção das rodovias federais. Acredita-se que seriam necessários R\$ 10 bilhões para recuperação de toda a malha viária federal. Nas últimas décadas, o investimento em infra-estrutura rodoviária se encontra bem aquém das necessidades do país, havendo uma crescente insatisfação do setor produtivo com esse nível de investimento. Observa-se que os bens produzidos no país podem ser mais competitivos na fase de produção, mas perdem competitividade, notadamente, no quesito infra-estrutura de transportes, devido a uma matriz modal deficiente, onde as estradas (principal meio de escoamento da produção nacional) encontram-se em estado tal que não são capazes de atender as necessidades de transporte de carga nacionais. Essa realidade nos torna pouco competitivos no mercado exterior e cria uma situação econômica nacional insustentável.

Segundo dados do Geipot, 2001, aproximadamente 60% do transporte de cargas realizado no Brasil é rodoviário. O modal ferroviário responde por 21%, o aquaviário por 14%, o dutoviário por 5% e o aéreo por menos de 1%. O modal de transporte rodoviário encontra-se em parte em estado deficiente, sendo os investimentos nas rodovias priori-

tários neste momento, não apenas por ser o modal mais utilizado, mas por exigir menor investimento quando comparado aos demais modais. Destaque-se ainda que pelo modal rodoviário circulam 96% dos passageiros.

De acordo com a pesquisa da CNT publicada em 2004, a malha rodoviária brasileira encontra-se em condições insatisfatórias aos usuários tanto quanto ao desempenho, quanto à segurança e à economia. Já em 1997, a pesquisa CNT apontava que 92,3% das estradas brasileiras avaliadas na pesquisa eram classificadas como deficientes/ruins/péssimas em seu estado geral. Em 2004, esse índice ficou em 74,7%. Embora inferior, vale destacar que em 1997 foram pesquisados aproximadamente 42.000km dos 160.000km de rodovias pavimentadas no país, enquanto em 2004 a pesquisa foi estendida para aproximadamente 75.000km. Além disso, a CNT aprimorou a sua metodologia de pesquisa. Ressalta-se que, nos três quesitos avaliados, ou seja, pavimento, sinalização e geometria da via, a pior classificação fica com o último, apresentando 80,7% das vias em estado deficiente/ruim/péssimo, seguido dos outros itens, respectivamente, com 65,4% e 56,1%.

A competitividade da economia brasileira é prejudicada pela falta de investimento em infra-estrutura, uma vez que isso acarreta um número crescente de acidentes, desperdício de carga e gasto elevado com manutenção e combustíveis. Pelas estimativas da Associação Nacional dos Usuários de Transporte (Anut), o país perde US\$ 5 bilhões por ano com a precariedade, principalmente das estradas e dos outros segmentos do transporte. Enquanto a Anut calcula em R\$ 24 bilhões anuais os investimentos necessários para ampliar a capacidade do sistema de transportes como um todo para trazer equilíbrio à matriz, o Sindicato Nacional da Indústria da Construção Pesada (Sinicon) estima em R\$ 5 bilhões anuais para o país recuperar e pavimentar as principais estradas do país.

O quadro de precária infra-estrutura rodoviária, bem como dos demais modais de transportes, repercute na capacidade produtiva do país contribuindo para o chamado “Custo Brasil”. Melhorias na infra-estrutura são viabilizadas por meio de fontes específicas de financiamento. No Brasil, tradicionalmente, o financiamento da infra-estrutura rodoviária se deu por meio dos recursos públicos, principalmente originários de impostos vinculados ou de repasses do Tesouro, previstos nos orçamentos anuais dos estados e da União. De 1948 a 1988 os recursos do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) oriundos do imposto sobre combustíveis e lubrificantes, permitiram ao governo federal financiar a construção de rodovias pelos estados, provocando uma expansão da malha pavimentada da ordem de 12% anuais no período de 1956-1980. Em 1975 o panorama começou a ser alterado, com transferência gradativa de parcelas para o Fundo Nacional do Desenvolvimento (FND), chegando a 50% em 1979. Em 1982 esse processo foi ampliado, com a transferência de 100% do FRN para o FND. A partir desse ano a administração do setor rodoviário passou a contar apenas com recursos dos orçamentos anuais, insuficientes para atender a infra-estrutura, e com financiamentos de bancos de desenvolvimento nacionais e internacionais.

Mais recentemente foi criada a CIDE (Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico, Lei nº 10.336, de 19 de dezembro de 2001) como o principal mecanismo para recuperar e ampliar a malha rodoviária. Essa contribuição foi criada com o propósito de financiar o setor de infra-estrutura de transportes, o subsídio ao álcool e ao gás, programas de proteção ao meio ambiente e ao transporte urbano. Incidem sobre a importação e a comercialização de gasolina, diesel, querosene de aviação e outros querosenes, óleos combustíveis, gás liquefeito de petróleo (GLP), inclusive o derivado de gás natural e de nafta, e álcool etílico combustível. Seu valor hoje é de R\$ 0,18/litro de gasolina e R\$ 0,07/litro de álcool. A arrecadação total desde 2001 já ultrapassa R\$ 18 bilhões e a arrecadação em 2004 foi de aproximadamente R\$ 6 bilhões. Esses números seriam suficientes para recuperação e ampliação das rodovias. Contudo, os recursos da CIDE que são do governo federal têm sido contingenciados pelo Ministério da Fazenda, responsável por sua administração e repasse.

Outras fontes de financiamento potenciais incluem mecanismos tradicionais de médio e longo prazos dos bancos de desenvolvimento, até as sofisticadas opções de investimentos através das Parcerias Público-Privadas ou dos chamados Fundos de Investimentos em Direitos Creditórios – FIDCs, conhecidos também no mercado financeiro como fundos de recebíveis. Atualmente, o Projeto de Lei nº 2.546, de 2003, que trata sobre as Parcerias Público-Privadas (PPP) está tramitando no Congresso Nacional. Não obstante a este fato, alguns estados da Federação já regulamentaram essa modalidade de parceria. Há ainda o caso de Mato Grosso, onde uma iniciativa denominada Consórcios Rodoviários e Agroestradas já possibilitou de 2003 até 2005 a recuperação de 96km da rodovia MT-449 no norte do estado. Iniciativas semelhantes vêm sendo desenvolvidas em outras rodovias no mesmo estado, como é o caso da BR-163. No que diz respeito aos Fundos de Investimentos em Direitos Creditórios (FIDCs), estima-se hoje no Brasil a existência de 19 desses fundos. De acordo com informações do mercado financeiro, esses fundos de recebíveis são administrados por bancos conceituados, instalados no Brasil, que garantem operações com grandes empresas. A criação e a regulamentação dos fundos de recebíveis estão consubstanciadas, respectivamente, na Resolução nº 2.907/01 do Conselho Monetário Nacional e na Instrução nº 356/01, da Comissão de Valores Mobiliários.

## **1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como mencionado, são substanciais os gastos com manutenção e reconstrução precoce de nossos pavimentos. Esses gastos são inaceitáveis uma vez que podemos dispor de equipamentos de laboratório e de campo que permitam um melhor entendimento dos materiais e de métodos de projeto teórico-empíricos. A existência de uma infra-estrutura laboratorial e a formação de recursos humanos de alto nível na área torna possível a investigação de materiais alternativos e novas tecnologias para as camadas do pavimento. O cenário exposto torna clara a necessidade de uma discussão ampla das razões do mau



estado das vias no país. Para que essa discussão seja conseqüente é necessário o envolvimento efetivo dos diversos elementos da cadeia produtiva da pavimentação asfáltica (produtores e distribuidores de asfalto, fábricas de emulsão, fornecedores de agregados, órgãos rodoviários, empresas de construção pesada, consultoras etc.). Compondo essa cadeia estão as universidades, atuando em três vertentes fundamentais: (i) ensino, por meio da formação de pessoal; (ii) pesquisa, através do avanço do conhecimento e aprofundamento do entendimento dos fenômenos que regem o comportamento dos materiais de pavimentação e dos pavimentos em serviço; (iii) extensão, por meio da prestação de serviços não-convencionais para solução de problemas específicos. Esses três aspectos – pessoal, conhecimento, serviços especializados – são vitais para uma eficiente cadeia produtiva. No que diz respeito à formação de pessoal, o país é hoje ainda carente de bibliografia consolidada e didática que apresente os conceitos fundamentais da área de pavimentação, em particular dos revestimentos asfálticos. Espera-se que a presente iniciativa contribua para a formação de uma massa crítica em todo o país de modo a possibilitar discussões e ações coordenadas para a pesquisa e o desenvolvimento das diversas tecnologias de pavimentação asfáltica.

## BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA

- ADAM, J-P. *Roman building: materials and techniques*. London: B.T. Batsford, 1994.
- BELY, L. *The history of France*. Paris: Éditions Jean-Paul Gisserot, 2001.
- BITTENCOURT, E.R. *Caminhos e estradas na geografia dos transportes*. Rio de Janeiro: Editora Rodovia, 1958.
- BOHONG, J. *In the footsteps of Marco Polo*. Beijing: New World Press, 1989.
- CHEVALLIER, R. *Roman roads*. Berkeley, California: UP, 1976.
- CONCER – COMPANHIA CONCESSÃO RODOVIÁRIA JUIZ DE FORA-RIO. *Álbum da Estrada União e Indústria*. Rio de Janeiro: Edição Quadrantim G/Concer, 1997.
- GEIPOT – GRUPO EXECUTIVO DE INTEGRAÇÃO DA POLÍTICA DE TRANSPORTES. *Anuário estatístico dos transportes*. Ministério dos Transportes. 1970, 1976, 1981, 1986, 1992, 2001.
- HAGEN, V.W. *A estrada do sol*. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1955.
- HISTÓRIA DAS RODOVIAS. 2004. Disponível em: <<http://estradas.com.br>>. Acesso em: 1/8/2006.
- KLUMB, R.H. *Doze horas em diligência*. Guia do viajante de Petrópolis a Juiz de Fora. Rio de Janeiro, 1872.
- MALLIAGROS, T.G.; FERREIRA, C.P. *Investimentos, fontes de financiamento e evolução do setor de infra-estrutura no Brasil: 1950-1996*. Rio de Janeiro: Escola de Pós-Graduação em Economia/FGV. Disponível em: <<http://www2.fgv.br/professor/ferreira/FerreiraThomas.pdf>>. Acesso em: 15/2/2006.
- MARGARY, I. *Roman roads in Britain*. London: John Baker, 1973.
- MASCARENHAS NETO, J.D. *Methodo para construir as estradas em Portugal*. 1790. Edição fac-similada, impressa em 1985 a partir do original do Arquivo-Biblioteca do ex-Ministério das Obras Públicas.
- MEDINA, J. *Mecânica dos pavimentos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 1997. 380 p.
- PREGO, A.S.S. *A memória da pavimentação no Brasil*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.
- SAUNIER, B.; DOLFUS, C.; GEFFROY, G. *Histoire de la locomotion terrestre*. v. II. Paris: L'illustration, 1936.
- RIBAS, M.C. *A história do Caminho do Ouro em Paraty*. 2. ed. Paraty: Contest Produções Culturais, 2003.
- WILD, O. *The silk road*. 1992. Disponível em: <[www.ess.uci.edu](http://www.ess.uci.edu)>. Acesso em: 1/8/2006.

# ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

## 1 INTRODUÇÃO

Figura 1.1 Estruturas de pavimentos	10
Figura 1.2 Ilustração do sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes (Albernaz, 1997)	10
Figura 1.3 Vias romanas	14
Figura 1.4 Estrada do Mar ( <i>História das rodovias</i> , 2004)	16
Figura 1.5 Resquícios do Caminho do Ouro ou Estrada Real e pavimentação urbana em Paraty, RJ	17
Figura 1.6 Estrada União e Indústria – foto à época de sua construção (Concer, 1997)	18
Tabela 1.1 Evolução da rede rodoviária federal e estadual (km)	20

## 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 europeia, 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  
suscetibilidade 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  
    subjativa, 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  
fíler, 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  
graduação, 122, 123, 131, 159, 161, 169, 172, 183, 229, 264, 323  
graduação aberta, 122, 159  
graduação com intervalo, 172  
graduação densa, 122, 159  
graduação descontínua, 159  
graduação do agregado, 159  
graduação 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  
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 pétreo 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  
quartzito, 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

reômetro de fluência em viga, 103, 106  
reperfilagem, 467, 468  
resíduo, 34, 75, 87, 89, 90, 91, 120, 178, 355  
resíduo de vácuo, 34, 36  
resinas, 28, 30  
resistência, 67, 133, 143, 150, 165, 176, 251, 302, 308, 327, 342, 351, 431  
resistência à abrasão, 133, 134, 153, 264, 269  
resistência à deformação permanente, 67, 150, 165, 179  
resistência à fadiga, 67, 179  
resistência à tração estática, 249, 288, 308  
resistência à tração retida, 251  
resistência ao atrito, 119, 140  
resistência ao trincamento por fadiga, 178, 315  
ressonância nuclear magnética, 28, 72  
restauração, 176, 185, 188, 406, 407, 413, 441, 442, 463, 466, 467, 468  
retorno elástico, 68, 70, 79  
retroanálise, 452, 453, 454, 455, 456, 457  
revestimento asfáltico drenante, 165  
revestimentos asfálticos, 10, 157, 164, 205, 373, 473  
revestimentos delgados, 165, 179, 473  
RNM, 28, 72  
rochas ígneas, 116, 117, 118  
rochas metamórficas, 116  
rochas sedimentares, 116  
rolagem, 206, 390, 391, 392, 393  
rolo compactador, 390, 391, 392, 393  
rolos compactadores estáticos, 390  
rolos compactadores vibratórios, 391  
rolos de pneus, 390  
RTFOT, 50, 51, 103, 108  
ruído, 165, 172, 179, 435, 436, 437  
ruptura da emulsão, 87, 92  
RV, 36, 103

## S

SAMI, 472  
SARA, 27, 28, 29  
saturados, 27, 28, 30, 32  
Saybolt-Furool, 46, 91, 219  
SBR, 66, 92, 94  
SBS, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 95  
Schellenberg, 252  
secador, 377, 378, 379, 380, 383  
secador de contrafluxo, 379  
secador de fluxo paralelo, 379, 383  
segmentos homogêneos, 463, 464, 465, 466  
segregação, 120, 123, 130, 172, 386, 393, 423  
segurança, 52, 97, 100, 403, 429  
selagem de trincas, 466, 467  
serventia, 404, 405, 406, 407, 409, 441  
SHRP, 32, 100, 102, 120, 123, 150, 229, 230  
silos frios, 377, 378  
silos quentes, 381, 382  
simuladores de laboratório, 317  
simuladores de tráfego, 321, 457, 458, 459  
sintético, 62, 134  
SMA, 161, 168, 169, 170, 171, 172, 249, 250, 251, 252  
sol, 30, 31  
solo arenoso fino laterítico, 354, 360  
solo-agregado, 358, 359  
solo-areia, 354, 359  
solo-brita descontínuo, 354, 359  
solo-cal, 352, 356, 364  
solo-cimento, 351, 352, 356, 363, 364  
sub-base, 9, 337, 339, 342, 352  
Superpave, 100, 103, 229, 232, 233, 236, 259  
susceptibilidade térmica, 41, 55, 56

## T

tamanho máximo, 120, 131, 230  
tamanho nominal máximo, 120, 164

teor de argila, 153  
teor de asfalto, 162, 221, 224, 226, 234  
teor de parafinas, 33, 58  
teor de sílica, 119  
termoplásticos, 62, 63, 64  
textura superficial, 140, 166, 435  
TFOT, 49, 50, 51  
tipos de ligantes asfálticos, 40, 41  
tipos de modificadores, 65  
tipos de rochas, 118  
transporte, 11, 12, 14, 18, 20, 384  
tratamento superficial duplo, 192, 263, 395  
tratamento superficial primário, 193, 195  
tratamento superficial simples, 192, 194, 196, 263, 400  
tratamento superficial triplo, 192, 263, 395  
tratamentos superficiais, 180, 191, 193, 194, 393  
triaxial com carregamento repetido, 317, 347, 348  
trincamento, 9, 230, 350, 361, 406, 445, 469  
trincamento por fadiga, 9, 150, 230, 315  
trincas, 311, 354, 356, 415, 417, 418, 425, 467, 469, 472, 473

## U

usina asfáltica por batelada, 374, 381, 382  
usina contínua, 383  
usina de asfalto, 374  
usina de produção, 374, 381, 382  
usina gravimétrica, 374, 381  
usinas asfálticas, 373, 379, 384

## V

valor de resistência à derrapagem, 172, 429, 430, 431  
valor de serventia atual, 404, 406  
vaso de envelhecimento sob pressão, 108  
vibroacabadora de esteiras, 388  
vibroacabadora de pneus, 387



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.I. 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  
 Brosseau, Y. (2002), 438  
 Brosseau, Y. (2002a), 200  
 Brosseau, Y. (2002b), 201  
 Brosseau, Y., Bogdanski, B., Carre, D., (2003), 201  
 Brosseau, 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
		DNIT(2005) DNIT 033/05-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.; Isacson, 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. Verhaeeghe; 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>aa</sup>. e Nobre Jr, E.F. (1998), 285
- Solamianian, 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

