





# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas  
Anete Silva Faesarella  
Laira Lucia Damasceno de Oliveira  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Fábio Andrijauskas  
Annete Silva Faesarella  
Laira Lucia Damasceno de Oliveira

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3 / Organizadores Fábio Andrijauskas, Annete Silva Faesarella, Laira Lucia Damasceno de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0095-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.950221105>

1. Engenharia. 2. Sociedade. 3. Indústria. I. Fábio Andrijauskas (Organizador). II. Annete Silva Faesarella (Organizadora). III. Laira Lucia Damasceno de Oliveira (Organizadora). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

Nos anos de 2020 e 2021 tivemos a primeira e a segunda edição do livro “Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria” e agora, em 2022, com muito orgulho lançamos sua terceira edição. Esta edição atual provém de trabalhos desenvolvidos durante a pandemia da COVID-19, um período que nos fez refletir sobre a importância da ciência e o desenvolvimento tecnológico no mundo atual, aliados na descoberta de soluções para problemas de diferentes âmbitos, haja vista as vacinas desenvolvidas no intuito de resolver esta situação tão sensível e desafiadora. Realmente, um momento que mudou a vida de todos e que ficará para sempre em nossas lembranças.

Em tempos que, mais do que nunca, necessitam de união e paz, apresentamos este conteúdo com diversos autores, demonstrando que a diversidade de pensamento, ideias e conhecimento são pilares para o avanço da ciência. Cada capítulo foi elaborado com dedicação e comprometimento dos pesquisadores, e traz mais um resultado de sucesso para diversas áreas do conhecimento, como as Engenharias, a Saúde e o Meio Ambiente.

Mais uma vez, agradecemos à Editora Atena pela oportunidade do lançamento do nosso terceiro livro, proporcionando uma via eficaz de disseminação de conhecimento e de suas contribuições para a sociedade e para a comunidade científica.

Finalizamos com uma frase da oração de São Francisco que diz: **“Senhor, fazei de mim instrumento de vossa paz”**.

**Paz e bem!**

Annete Silva Faesarella

Fábio Andrijauskas

Laira Lucia Damasceno de Oliveira

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

A MODERN PANORAMA OF THE INTERNET OF MEDICAL THINGS DEMONSTRATING ITS APPLICATION LANDSCAPE

Reinaldo Padilha França  
Ana Carolina Borges Monteiro  
Rangel Arthur  
Francisco Fambrini  
Julio Cesar Pereira  
Vicente Idalberto Becerra Sablón  
Yuzo Iano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211051>

### **CAPÍTULO 2..... 20**

PRODUÇÃO E APLICAÇÕES DO PÓ DA CASCA DE ROMÃ EM COSMÉTICOS

Teresa de Jesus Estevam Pereira  
Vanessa Cristine de Marco Matos dos Santos  
Iara Lúcia Tescarollo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211052>

### **CAPÍTULO 3..... 36**

IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL EM ESTADO DE REPOUSO APLICADAS A ESTUDO DA DOR CRÔNICA UTILIZANDO DEEP LEARNING

Sérgio Ricardo de Lima Novais  
Glaucilene Ferreira Catroli  
Fábio Andrijauskas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211053>

### **CAPÍTULO 4..... 50**

BALSANET - PLATAFORMA COMPUTACIONAL MULTIPARÂMETROS CONTROLADA REMOTAMENTE PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Kelvyn Souza Santana  
Anderson Quintino da Fonseca  
Vicente Idalberto Becerra Sablón  
Annete Silva Faesarella

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211054>

### **CAPÍTULO 5..... 67**

NOVO MÉTODO DE SUPRIMENTO DE ELETROPOSTOS A PARTIR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Fernando Luciano de Almeida  
Julio Cesar Galves Gomes Mangini Mosqueiro Junior  
Annete Silva Faesarella

Vicente Idalberto Becerra Sablón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211055>

**CAPÍTULO 6..... 81**

**ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DE SOLVENTES NA PRODUÇÃO DE ADESIVOS**

Leonardo Dorigo de Almeida  
Samyra Haryele Gimenes Silva  
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211056>

**CAPÍTULO 7..... 97**

**DESENVOLVIMENTO, ANÁLISE E ESTUDO DA CASCA DE CAFÉ PARA REMOÇÃO DE CORANTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Enik Erica Rodrigues Godoy  
Gabriela de Oliveira Ferri  
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211057>

**CAPÍTULO 8..... 109**

**APLICAÇÃO DE CARVÃO ALTERNATIVO EM TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL**

Bruna Ferraz Mattos de Souza  
David Aguiar Ferreira Junior  
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211058>

**CAPÍTULO 9..... 123**

**ESTUDO DA TRANSFORMAÇÃO DO LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM PRODUTO COMERCIAL AGRÍCOLA**

Jaqueline Paz de Oliveira  
Mislaini de Sá Viana  
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati  
Renata Lima Moretto  
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211059>

**CAPÍTULO 10..... 145**

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Augusto da Silva Santos  
Brurenan Rocha Silva  
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110510>

**CAPÍTULO 11..... 163**

**ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO E EFEITOS DE BLINDAGEM**

Rafaela Steffany da Silva Kayo  
William Aparecido de Oliveira  
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110511>

**CAPÍTULO 12..... 183**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE METAIS EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO**

Cláudia Fernanda Spagnol Cocenza  
Yasmin Abrahão Pacheco Boiago  
Renato Franco de Camargo  
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110512>

**CAPÍTULO 13..... 202**

**LEVANTAMENTO DA CAUSA REFERENTE AOS DANOS E PATOLOGIAS ENCONTRADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM UMA VIA DE FLUXO MUITO PESADO**

Caroline Fernanda Ferreira  
Lillian Maria Destro  
Marcelo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110513>

**CAPÍTULO 14..... 220**

**ANÁLISE DE GESTÃO DE OBRA E IMPACTO DE CIRCUNVIZINHANÇA**

Ana Carolina Marques Monteiro  
Letícia Toniato Andrade  
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira  
Renata Lima Moretto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110514>

**CAPÍTULO 15..... 234**

**O DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES DE ENSINO FRENTE ÀS ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS, ENERGÉTICAS E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS ATUAIS**

Jane Tassinari Fantinelli  
Mariana Cene da Silva  
Caroline Oliveira Tartari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110515>

**CAPÍTULO 16..... 248**

**DESENVOLVIMENTO DE UM GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO PARA**

## TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM CORANTES

Leticia Pereira Brito D'Oliveira  
Marcos Vinicius Pernambuco Zeferino  
Roberta Martins da Costa Bianchi  
Renato Franco de Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110516>

### **CAPÍTULO 17..... 268**

#### DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LACTOSE POR MEIO DE GLICOSÍMETRO

Danka Ayres Carvalho da Silva  
Gabriel Luís Ehrenberg Malavazzi  
Filipe Alves Coelho  
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110517>

### **CAPÍTULO 18..... 280**

#### ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO 3D NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS TÉCNICAS IMPRESSAS

Paulo Cesar Polli  
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110518>

### **CAPÍTULO 19..... 299**

#### DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DENTÁRIOS ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA

Guilherme de Faria Mendes  
Vinicius Fernandes Moreira Alves  
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110519>

### **SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 320**

## LEVANTAMENTO DA CAUSA REFERENTE AOS DANOS E PATOLOGIAS ENCONTRADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM UMA VIA DE FLUXO MUITO PESADO

**Caroline Fernanda Ferreira**

Universidade São Francisco, Engenharia Civil  
Bragança Paulista – SP  
<http://lattes.cnpq.br/2729318379577439>

**Lillian Maria Destro**

Universidade São Francisco, Engenharia Civil  
Bragança Paulista – SP  
<http://lattes.cnpq.br/0052011904766995>

**Marcelo da Silva**

Universidade São Francisco, Engenharia Civil  
Bragança Paulista – SP  
<http://lattes.cnpq.br/1019218213722298>

**RESUMO:** A pavimentação asfáltica é uma estrutura destinada a oferecer conforto e confiabilidade ao tráfego de veículos de carga ou pessoas. No entanto, a falha em projetos e sua execução, conduz a patologias que danificam sua estrutura, e ocasionam transtornos aos usuários. Para sanar tais adversidades é apropriado conhecer as camadas que compõem o pavimento, bem como entender suas funções e as características dos materiais empregados, de modo a prever possíveis comportamentos diante das cargas advindas do fluxo de veículos. Para tanto, considerando os recorrentes problemas de formação de trincas, “panelas” e demais danos no cobrimento asfáltico da Avenida Alberto Diniz, trecho urbano que dá início à Rodovia Alkindar Monteiro Junqueira – SP 063 (considerando o sentido Bragança Paulista - Itatiba), o trabalho analisou a possível causa desses defeitos, bem como estudou a estrutura ideal para o pavimento

local, determinando espessuras de acordo com o fluxo de veículos local e o solo existente. Por fim, o trabalho concluiu com um comparativo entre a situação ideal calculada e a existente, levantada através do ensaio de cone de penetração dinâmica (DCP).

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimentação asfáltica; estrutura; tráfego; patologias.

### SURVEY THE CAUSE OF DAMAGE AND PATHOLOGY FOUND IN ASPHALT PAVING IN A VERY HEAVY FLOW ROAD

**ABSTRACT:** Asphalt paving is a structure designed to offer comfort and reliability to the traffic of cargo vehicles or people. However, failure in projects and their execution, leads to pathologies that damage its structure, and cause inconvenience to users. To remedy such adversities, it is appropriate to know the layers that make up the pavement, as well as to understand their functions and the characteristics of the materials used, in order to predict possible behaviors in the face of loads arising from the flow of vehicles. Therefore, considering the recurrent problems of formation of cracks, “pots” and other damages in the asphalt covering of Avenida Alberto Diniz, the urban section that starts the Rodovia Alkindar Monteiro Junqueira - SP 063 (considering the direction Bragança Paulista - Itatiba), the This work will raise the possible cause of these defects, as well as study the ideal structure for the local pavement, determining thicknesses according to the flow of local vehicles

and the existing soil. Finally, the work will conclude with a comparison between the calculated ideal situation and the existing one, raised through the dynamic penetration cone test (DCP).

**KEYWORDS:** Asphalt paving; structure; traffic; pathologies.

## 1 | INTRODUÇÃO

### 1.1 Histórico e Situação Atual da Pavimentação

Desde a antiguidade, a utilização da pavimentação foi essencial para o desenvolvimento das civilizações, bem como, o crescimento de determinadas atividades, permitindo a busca e a conquista de novos territórios e o intercâmbio comercial, cultural e religioso.

Historicamente, no Brasil, a construção de estradas iniciou-se em 1560. Para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga, houve a reconstituição do caminho nomeado Estrada do Mar (1661), hoje, parte dela está recuperada e é chamada de Estrada Velha do Mar. Outra referência é a Estrada Real, que contribuiu historicamente para o país, com o transporte de ouro e café.

Atualmente, o modal rodoviário representa cerca de 60% dos transportes realizados no Brasil, fato esse que se confronta com a precariedade das estradas brasileiras, que pelo *déficit* de investimentos, encontram-se em circunstâncias críticas e desfavoráveis aos usuários.

### 1.2 Solos

A origem do solo dá-se por decomposição rochosa, sendo esta, decorrente de agentes químicos, físicos e biológicos. Conforme descrito por Pinto (2006), pode-se considerar que os solos são constituídos por partículas diversas da rocha matriz, água e ar, porém não é possível generalizar o comportamento do solo de variadas regiões, e submetido a esforços distintos.

Todos os solos são considerados permeáveis, e a presença de água e ar possibilita que as partículas fiquem livres e ocorra mudanças em seu estado (KNAPPETT; CRAIG, 2018). Além disso, a pressão líquida determina a resistência e a rigidez do solo. Em pavimentações, o solo é denominado subleito.

### 1.3 Compactação

A compactação faz parte da construção de uma pavimentação, e para cada tipo de estrutura, utiliza-se uma técnica, ou seja, desde a regularização do subleito ao acabamento do revestimento da superfície. O intuito é eliminar vazios para trazer estabilidade e resistência às camadas, proporcionando densidade e permeabilidade adequadas.

## 1.4 Mistura Asfáltica

É a camada que recebe de forma direta, ações climáticas e esforços de movimentação de carga, além de ser responsável pela comodidade e segurança das condições de rolamento, de acordo com Bernucci et al. (2006). É uma pavimentação do tipo flexível, constituída a partir da associação de ligantes asfálticos, agregados e em alguns casos, produtos complementares.

Há variação na fabricação e aplicação do ligante à frio e à quente, onde a em um, a aplicação deve ser em temperatura ambiente enquanto que, no outro deve ser feita em temperatura de até 177°C. A diferença de temperatura reflete na aderência do fluido aos agregados.

## 1.5 Estrutura da Pavimentação Asfáltica

Existem dois tipos de pavimentos: rígido e flexível. O primeiro é composto de placas de Concreto de Cimento Portland (CCP), o segundo, é de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP).

As placas de concreto tendem a absorver e transmitir as cargas em um plano horizontal, enquanto que, em pavimentos asfálticos, a distribuição é majoritariamente vertical, gerando efeitos mais amenos ao subleito, como mostrado na figura 1.

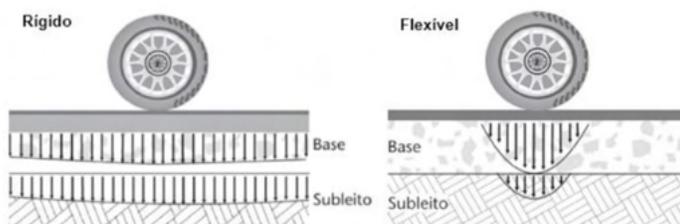


Figura 1 – Deformações nos pavimentos do tipo flexível e rígido.

Fonte: Balbo, 2007.

A estrutura de uma pavimentação asfáltica, consiste em suas camadas e a subjacente fundação. A capacidade estrutural depende do tipo do solo, das condições ambientais, da espessura e do tipo de material das camadas. Assim, abaixo da superfície de revestimento asfáltico, estão presentes camadas de suporte, compostas por materiais granulares tratados ou não, sendo estas denominadas de: base, sub-base, reforço de subleito e subleito.

Subleito, é a camada de apoio da estrutura, que recebe os esforços distribuídos pelas camadas superficiais, e que por vezes pode precisar do reforço de subleito, que segundo

o autor, “é executado normalmente em estruturas espessas resultantes de fundação de má qualidade ou tráfego de cargas muito pesadas, ou de ambos os fatores combinados” (SENÇO, 2008, p.9).

A sub-base e a base são responsáveis por transmitir os esforços aplicados na superfície até a fundação, sendo que a última deve ser mais resistente. A sub-base, também é tida como camada de bloqueio (SENÇO, 2008), de modo a não ocorrer transposição de materiais entre elas, no momento da compactação. As camadas são mostradas na figura 2.

Já o revestimento asfáltico pode ser dividido em camadas, denominadas de rolamento, ligação, nivelamento ou reforço, em decorrência de necessidades técnicas, construtivas e de custo (BALBO<sup>1</sup>, 2007 apud MARQUES, 2014).

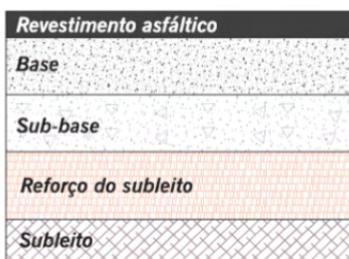


Figura 2 – Estrutura do pavimento tipo flexível.

Fonte: Bernucci et al., 2006.

## 1.6 Cálculo do Fluxo da Via

Informações sobre volume e composição do tráfego, são de grande importância para o gerenciamento de rodovias, bem como para o dimensionamento de pavimentos (UFRGS, 2019). Assim, para o cálculo de dimensionamento de pavimento, a contagem volumétrica ou pesquisa de fluxo de tráfego, tem utilização no conhecimento e comparação de demanda existente e projetada, classificação da via, cálculo do número N (relativo ao fluxo), entre outros fatores determinantes, como mostrado na figura 3.

<sup>1</sup> BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, Projetos e Restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

N	N Caract.	Tráfego	Função Predominante	Projeto (anos)	Volume Inicial da Faixa mais Solicitada		Equiv. por Veículo
					Veículo Leve	Caminhões e Ônibus	
2,7×10 <sup>4</sup> a 1,4×10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	Leve	Via local residencial	10	100-400	4-20	1,50
1,4×10 <sup>5</sup> a 6,8×10 <sup>5</sup>	5×10 <sup>5</sup>	Médio	Via coletora secundária	10	401-1500	21-100	1,50
1,4×10 <sup>6</sup> a 3,1×10 <sup>6</sup>	2×10 <sup>6</sup>	Meio pesado	Via coletora principal	10	1501-5000	101-300	2,30
1,0×10 <sup>7</sup> a 3,3×10 <sup>7</sup>	2×10 <sup>7</sup>	Pesado	Via arterial	12	5001- 10000	301-1000	5,90
3,3×10 <sup>7</sup> a 6,7×10 <sup>7</sup>	5×10 <sup>7</sup>	Muito pesado	Via expressa	12	> 10000	1001-2000	5,90
3×10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	Volume médio	Exclusiva de ônibus	12	< 500		-
		Volume pesado			> 500		

Figura 3 – Classificação e parâmetros de tráfego das vias.

Fonte: Dias, 2019.

Para isso, o volume diário médio (VDM) pode ser contabilizado manual ou automaticamente, e determina a quantidade, tipo, direção, sentido e composição do fluxo de veículos utilitários de uma seção da via, em um determinado período de tempo. Por fim, a variante N, equivalente ao número de operações do eixo padrão, é possível ser determinada a partir do volume de veículos e a classificação da via através de seu tráfego e função.

## 1.7 Cálculo da Espessura por Camada

A partir do número N, verifica-se a espessura mínima recomendada de revestimento betuminoso em pavimentos cuja camada de base seja puramente granular (DNIT, 2006). Essa espessura é ideal, de modo a proteger a base dos esforços impostos pelo tráfego e evitar a ruptura do revestimento devido a esforços advindos da tração e flexão, como mostrado na figura 4.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Figura 4 - Espessura mínima de revestimento betuminoso, em função do número N.

Fonte: DNIT, 2006.

Para o dimensionamento da pavimentação, através do , obtém-se o valor de CBR

por camada, através do ábaco de determinação de espessuras do pavimento, como mostra a figura 5.

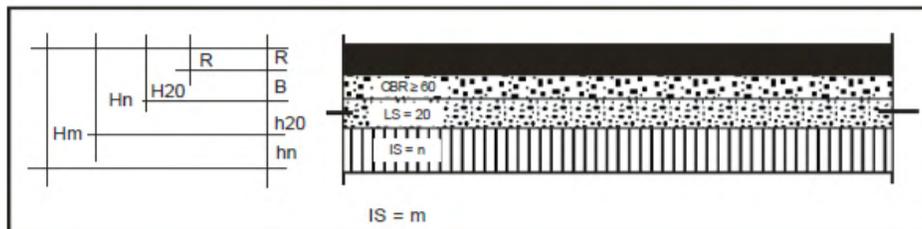


Figura 5 – Esquema ilustrativo das camadas e suas simbologias.

Fonte: DNIT, 2006.

Para calcular a espessura de cada camada utiliza-se as inequações 1, 2 e 3:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20} \quad (1)$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_{SB} \geq H_n \quad (2)$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{SB} \times K_{SB} + h_n \times K_{REF} \geq H_m \quad (3)$$

A simbologia K, representa o coeficiente de equivalência estrutural, determinado de acordo com o material a ser utilizado.

## 1.8 Defeitos de Superfície

A ação da água e a variação de temperatura tornam a mistura asfáltica mais suscetível a trincas e à desagregação. Uma vez iniciado, o trincamento progride em área e nível de criticidade, resultando em desintegração, arrancamento de placas e formação de painéis.

Além dos danos superficiais, as trincas permitem a entrada de água no interior do pavimento, provocando a redução da resistência ao cisalhamento e o aumento da velocidade de deformação. As cargas de tráfego também são responsáveis pela indução de tensões na estrutura do pavimento, assim, com a ação repetida, há fadiga e deformação permanente das camadas (DNIT, 2005).

Os defeitos de superfície influem na vida útil do pavimento, e podem ser percebidos de forma precoce, quando relativo a erros de projeto ou execução, ou então a médio prazo, por tráfego e intempéries (BERNUCCI et al., 2006).

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização da Via Estudada

A Avenida Alberto Diniz é compreendida entre a Avenida Imigrantes e a Rua Itapechinga, e a partir desta nomeada como Rodovia Alkindar Monteiro Junqueira – SP 063, sendo caracterizada como via de fluxo rápido<sup>2</sup>, conforme designação no Plano de Mobilidade Urbana (2017) do município de Bragança Paulista. A via em questão tem grande influência na região, localizando-se próxima a áreas de potencial expansão, além conectar cidades importantes no contexto regional, como Campinas, Itatiba e Jundiá.

Na Lei Municipal 3145/98, contém a previsão de duplicação da Avenida Alberto Diniz, porém não há registro da data de finalização desta obra. Ainda, de acordo com um estudo de contagem realizado em 2012, pela Secretaria Estadual de Transportes e Logística, no Km 43 da SP 063, indicou-se um VDM de 11.051 veículos, conferindo um tráfego do tipo muito pesado. a figura 6 mostra a via em estudo.



Figura 6 – Visão de satélite da via estudada.

Fonte: Google Maps, 2019.

### 2.2 Marshall

O ensaio de Marshall é utilizado para a determinação do teor ótimo de ligante asfáltico, garantindo a obtenção de uma pavimentação resistente a ruptura, deformação e deslocamento.

Neste ensaio foi testado o material asfáltico pré-misturado a frio, obtendo resultados de sua fluência e estabilidade, a fim de verificar a possibilidade de adoção deste, como alternativa para a pavimentação ideal da Rodovia estudada.

<sup>2</sup> Vias de Fluxo Rápido ou Vias Expressas: De acordo com a classificação DETRAN, possuem trânsito livre, sem interseções e acessibilidade direta ao lotes, e sem travessia de pedestres em nível.

Para o ensaio foram confeccionados 3 corpos de prova para cada número de golpes testado, sendo 50, 60 e 75 golpes, seguindo o Método de Ensaio DNER - ME 107/94.

Durante a confecção dos corpos de prova, a mistura de asfalto pronto foi acomodada no molde de compactação com 10 golpes vigorosos de espátula no centro da massa. Nestas condições, moldou-se o corpo de prova aplicando sobre o material 50 golpes de soquete, após, inverteu-se o anel inferior, aplicando o mesmo número de golpes na camada inferior. Este procedimento foi seguido para moldar os demais corpos de prova, aplicando 60 e 70 golpes. As figuras 7 e 8 mostram os equipamentos utilizados.

Os corpos de prova foram extraídos do molde, sendo verificada a altura do corpo, a qual deve ter no mínimo  $63,5 \text{ mm} \pm 1,3 \text{ mm}$ , e por fim, todos foram medidos com paquímetro e pesados e identificados, separando-os por amostras, de acordo com o número de golpes.

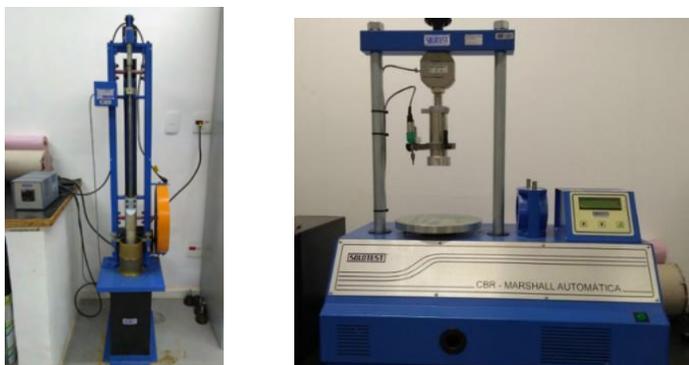


Figura 7 e 8 – Molde, base de compactação e soquete mecânico, e equipamento Marshall e CBR com prensa mecânica e medidor de fluência.

Fonte: Próprio autor.

A figura 9 mostra os corpos de prova utilizados.

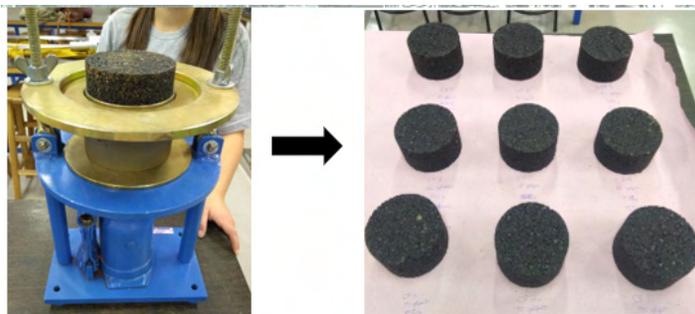


Figura 9 – Processo de extração dos corpos de prova.

Fonte: Próprio autor.

Cada amostra foi submetida a compressão através da prensa mecânica e, com o extensômetro foi medida a fluência do material, observado até o seu rompimento. Finalizado os ensaios, os valores de estabilidade foram corrigidos utilizando o fator de multiplicação do método DNER – ME 107/94

A tabela 1 mostra as características dos corpos de prova e a estabilidade corrigida.

Corpo de Prova	Peso (g)	Espessura (mm)	Fluência (mm)	Estabilidade (Kgf)	Fator de Correção	Estabilidade Corrigida (Kgf)
01	1000	59,5	2,88	173	1,11	192,03
02	1055	63,5	2,90	192	1,00	192,00
03	1050	63,0	2,96	198	1,01	199,08
04	935	55,0	2,48	174	1,27	220,98
05	1025	60,0	2,95	221	1,10	243,10
06	990	58,0	2,80	210	1,16	243,60
07	970	56,0	2,94	224	1,23	275,52
08	1015	59,5	3,20	240	1,11	266,40
09	1020	59,5	2,91	225	1,11	249,75

Tabela 1 – Características dos corpos de prova e estabilidade corrigida.

Fonte: Próprio autor

### 2.3 Índice de Suporte Califórnia

O Índice de Suporte Califórnia, mais conhecido como CBR (sigla em inglês), é um ensaio feito em laboratório por meio de amostras de solo indeformado. Este tipo de ensaio mostra a resistência do solo com relação a penetração, determina sua capacidade para suportar a implantação de uma pavimentação, conforme manual do DNIT.

O solo coletado para realização dos ensaios foi obtido na margem direita da rodovia, sentido Itatiba, próximo ao Condomínio Residencial Vale das Águas, a uma profundidade de aproximadamente 1 m, sendo retirados cerca de 36 Kg de amostra, a qual foi envolta em

material plástico, evitando perda de umidade para o meio.

Para o ensaio, foram confeccionados 3 corpos de prova, cada qual com um teor de umidade, a fim de obter a curva indicativa de umidade ótima.

Na preparação da amostra utilizada em cada um dos corpos de prova, foram separados 6 Kg de solo seco ao ar, destorroado e passado pela peneira de 4,75 mm de abertura. Para cada amostra foi adicionada água nas seguintes proporções: 15, 20 e 25%. A partir disto, o material foi dividido em 5 partes, referentes à quantidade de camadas a serem compactadas, como mostrado na figura 10.



Figura 10 – Processo de preparação do solo úmido e partição.

Fonte: Próprio autor.

Para a moldagem do corpo de prova, uma parte do material foi depositado em um molde cilíndrico metálico, sendo aplicado 12 golpes de soquete, perpendicular e distribuídos uniformemente sobre a superfície, procedeu-se com uma ligeira escarificação da camada subjacente, repetindo o processo de compactação para cada camada adicionada, totalizando 5.

Com a finalização do processo de compactação, o cilindro complementar é removido, sendo o material sobressalente rasado com o auxílio de uma régua rígida biselada, com isso, o solo moldado é invertido, reposicionado no cilindro e pesado, segundo mostram as figuras 11 e 12.



Figura 11 e 12 – Compactação, remoção do cilindro e amassamento do corpo de prova.

Fonte: Próprio autor.

Do material excedente da moldagem de cada corpo, retirou-se uma amostra de 100g, para a determinação do teor de umidade. A amostra úmida foi pesada e, posteriormente seca a 250 °C, e após seco, foi pesado novamente. Assim, através das seguintes equações determinou-se a massa específica aparente seca e o teor de umidade compactado dos solos de cada amostra, cuja equação para cálculo é a 4.

$$\mu_h = \frac{P'_h}{V} \quad (4)$$

$$\mu_s = \mu_h \times \frac{100}{100+h}$$

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Em que::

$\mu_h$  - Massa específica aparente úmida;

$P'_h$  - Massa do solo úmido compactado;

$V$  - Volume do cilindro;

$P_h$  - Massa do material úmido;

$P_s$  - Massa do material seco.

Para o início do processo de expansão, sob o corpo de prova, foi posicionado o prato perfurado e sobre ele, dois discos anelares bipartidos com peso de 2,270Kg cada, de modo a reproduzir a sobrecarga de um pavimento. Feito isso, o molde e os pesos foram postos em imersão em um recipiente preenchido por água.

Ao final do período de embebição – 4 dias, o molde é retirado da imersão, deixando a água escoar por 15 minutos antes de dar início ao ensaio de CBR.

Com os corpos de prova prontos para o ensaio, posiciona-se novamente os pesos sobre a amostra, levando o conjunto à prensa automática, que deve estar com os extensômetros de penetração e pressão que devem estar zerados. Após realizadas as respectivas marcações de pressão aplicada a cada penetração, calcula-se o índice de CBR pela razão entre pressão aplicada nas penetrações de 2,54 mm e 5,08 mm, e pressão padrão, sendo considerado como resultado final aquele que apresentar maior valor. A equação 5 é utilizada para este cálculo.

$$CBR (\%) = \frac{\text{Pressão calculada}}{\text{Pressão padrão}} \times 100 \quad (5)$$

## 2.4 DCP

O ensaio de compactação através do cone de penetração é realizado *in situ* tendo uma representação fiel do estado real em que a via se encontra. Apesar da análise por camada, o ensaio é do tipo semi-destrutivo, uma vez que a estrutura do pavimento é praticamente inalterada com a realização do teste (JUNIOR<sup>3</sup> et al., 2005 apud MELHORIA, 2017).

O valor de DCP é dado em função da resistência do material à penetração da ponta

3 MELHORIA no Controle de Compactação de Valas dos Contratos Sourcing e Jica na UGR Bragantina. Relatório de Descrição da Prática de Gestão. Programa Melhores Práticas, 2017. 10 p.

cônica do aparelho, o qual origina um índice de resistência à penetração dado em mm/golpe. Com isso, é possível a elaboração gráfica dos resultados obtidos, a qual indica que quanto maior a inclinação da curva, menor é a resistência da camada.

De acordo com o determinado pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), pode-se correlacionar o resultado do DCP com o CBR, como mostrado na equação 6.:

$$DCP = \frac{\text{Penetração (mm)}}{\text{Número de golpes}} \qquad CBR = \frac{292}{DCP^{1,12}} \quad (6)$$

A dinâmica do ensaio consistiu em posicionar o aparelho e fazer o registro da penetração inicial ao solo com o peso próprio do equipamento. Então, inicia-se a liberação do peso em queda livre, após a elevação do martelo até o limite de altura, e anota-se a penetração a cada dez golpes, sucessivamente até completar a profundidade de um metro, como mostrado na figura 13.



Figura 13 – Realização do ensaio de DCP e verificação da espessura do revestimento.

Fonte: Próprio autor.

## 2.5 Levantamento dos Defeitos de Superfície da Via

Para a classificação dos defeitos, utiliza-se como referência a norma DNIT 005/2003, nela, os tipos de defeitos catalogados e que são considerados para cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento são: fendas (F); afundamentos (A); corrugação e ondulações transversais (O); exsudação (EX); desgaste ou desagregação (D); panela ou buraco (P); e remendos (R).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 *Marshall*

Considerando os resultados, é possível afirmar que o aumento do número de golpes é proporcional ao aumento da resistência à compressão radial (estabilidade), conforme é visto no gráfico da figura 14, em que foi considerada a estabilidade média dos corpos de prova por golpe.

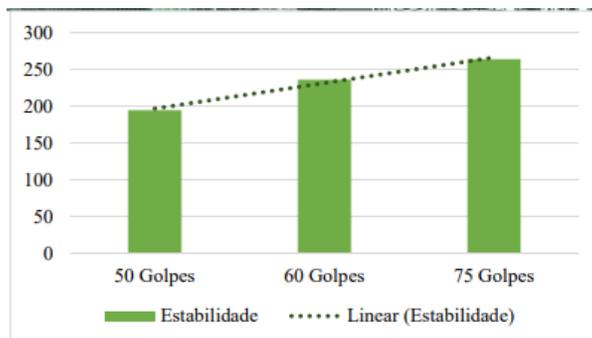


Figura 14 – Gráfico estabilidade *versus* golpes.

Fonte: Próprio autor.

### 3.2 Índice de Suporte Califórnia

As cargas aplicadas pelo equipamento provocam encurtamentos diametrais, os quais são medidos através da leitura do extensômetro. A tabela abaixo mostra os resultados de penetração obtidos em cada um dos três ensaios, bem como a determinação do CBR, de acordo com as penetrações padrões em 2,54 mm e 5,08 mm, segundo a tabela 2.

Leitura do extensômetro (mm)	Pressão padrão (kgf/mm <sup>2</sup> )	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
		Pressão Calculada (kgf/mm <sup>2</sup> )	CBR (%)	Pressão Calculada (kgf/mm <sup>2</sup> )	CBR (%)	Pressão Calculada (kgf/mm <sup>2</sup> )	CBR (%)
0,63	-	51,00	-	197,00	-	76,00	-
1,27	-	101,00	-	233,00	-	78,00	-
1,90	-	159,00	-	277,00	-	111,00	-
2,54	703,10	216,00	3,07	331,00	4,71	156,00	2,22
3,17	-	276,00	-	390,00	-	201,00	-
3,81	-	341,00	-	452,00	-	241,00	-
4,44	-	393,00	-	513,00	-	283,00	-
5,08	1054,60	438,00	4,15	571,00	5,41	346,00	3,28
6,35	-	536,00	-	723,00	-	508,00	-
7,62	-	653,00	-	914,00	-	736,00	-
8,89	-	754,00	-	1111,00	-	1026,00	-
10,16	-	896,00	-	1359,00	-	1544,00	-
11,43	-	1047,00	-	1670,00	-	2316,00	-
12,70	-	1195,00	-	2158,00	-	2765,00	-

Tabela 2 – Resultados de encurtamento com base na pressão aplicada pela prensa CBR.

Fonte: Próprio autor.

Deste modo, considerando os teores de umidade utilizados em cada moldagem, bem como as massas específicas secas de cada amostra e o CBR de maior valor, é possível verificar no gráfico abaixo a associação entre o teor de umidade ótima e o ganho de resistência do solo.

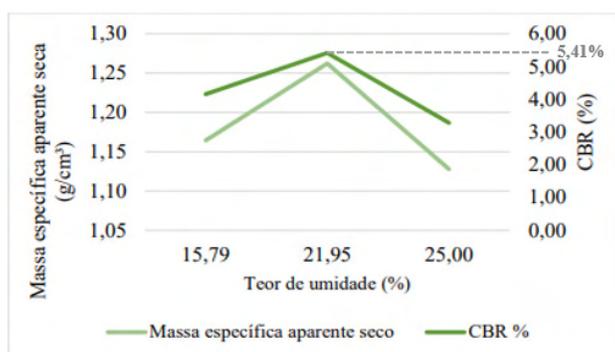


Figura 15 – Gráfico de relação entre teor de umidade e CBR.

Fonte: Próprio autor.

### 3.3 DCP

Por conveniência, as anotações de penetração foram tidas a cada 10 golpes, sendo possível verificar que, a partir do momento em que o equipamento atingiu a camada do solo

compactada, houve um aumento progressivo na penetração da haste, ou seja, inicialmente a profundidade atingida por sequência de golpes alterava a cada 3cm, posteriormente a variação passou a ser abrupta.

Diante dos resultados de CBR e da variação da curva, é possível diferenciar as camadas com presença de BGS (31,50cm) e as camadas componentes exclusivamente de solo (50,50cm), não sendo possível distinguir entre reforço e subleito, como mostra a figura 16.

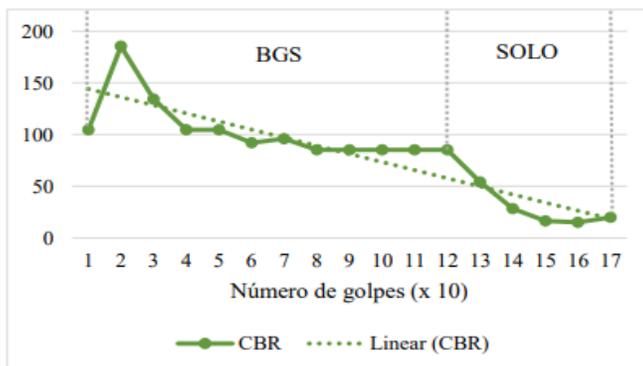


Figura 16 – Gráfico de CBR tido a partir do ensaio de DCP.

Fonte: Próprio autor.

### 3.4 Defeitos de Superfície

Partindo da análise visual ao longo da Avenida, foram constatadas diversas patologias na camada asfáltica, em ambas faixas. Considerando os danos ocasionados, tanto superficial como estrutural, há a manifestação de afundamentos e distorções, promovendo a irregularidade longitudinal. Verificou-se frequentes afundamentos de trilha de roda, trincas do tipo “couro de jacaré”, “painelas” e solapamento, resultantes da ação da água e pressão sob as trincas.



Figura 17 – Registros de patologias na camada asfáltica da Avenida Alberto Diniz.

Fonte: Próprio autor.

### 3.5 Cálculo da Espessura por Camada

Para o cálculo da espessura mínima por camada foram considerados os CBRs ideais para cada uma delas, sendo adotado 20 % para sub-base ( $H_{20}$ ), 10% para reforço ( $H_n$ ) e 5% para subleito ( $H_m$ ), sendo o último o CBR do solo estudado, em teor de umidade ótima.

Para os coeficientes de equivalência estrutural (K) foram adotados 1,00 (material granular) para base, sub-base e subleito, e 1,40 para o revestimento.

Assim, considerando que o revestimento, de acordo com a classificação da via e o N, deverá ter espessura mínima de 10cm, e ainda, com a utilização do ábaco de determinação de espessura do pavimento, disponibilizado pelo DNIT, através das inequações e determinando dimensões mínima de 15cm e máxima de 20cm (ideal para compactação), foram obtidas as seguintes espessuras ideais para o projeto: Base = 20cm; Sub-base = 20cm e Subleito = 16cm.

## 4 | CONCLUSÃO

Sabendo que para mistura asfáltica usinada pronta a frio a estabilidade mínima exigida é de 250 Kgf para compactação de 75 golpes, e a fluência deve ser de 2 a 4,5 mm, conforme norma DNIT 153/2010, conclui-se através de Marshall que aproximadamente 67% dos corpos de prova produzidos sob esta energia de compactação obtiveram resultado satisfatório para estabilidade, e todos possuem boa fluência. Já em relação aos resultados obtidos aos 50 golpes, 100% dos corpos de prova atingiram estabilidade e fluência mínima. Desta forma, a utilização da mistura asfáltica usinada pronta se torna viável, tendo atingido os resultados esperados.

Considerando as camadas subjacentes ao revestimento, a média dos CBRs obtidos pelo DCP na pavimentação existente, indica que as camadas possuem resistência adequada, conforme estabelecido pelo DNIT. Assim, como o solo que compõe o subleito,

atingiu CBR de 5,41%, também suficiente.

No entanto, as espessuras das camadas do pavimento existente não condizem com o mínimo necessário para suportar o fluxo local. A espessura total da base e da sub-base existentes é de 31,50cm, ou seja, inferior à espessura ideal para este tipo de pavimento, a qual, de acordo com os cálculos, deveria ser de 40,00cm, além disso, a espessura do revestimento existente de 3cm, também é menor que o mínimo exigido para fluxo, que deveria ser de 10cm.

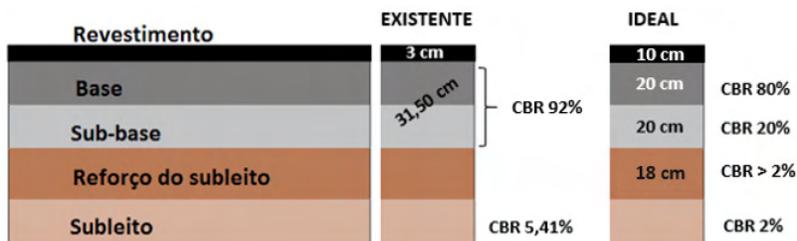


Figura 18 – Comparativo de camadas existentes (ensaios) versus ideais (DNIT).

Fonte: Próprio autor.

## REFERÊNCIAS

BERNUCCI, Liedi Bariani; et al. **Pavimentação Asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás: Abeda, 2006. 504 p.

BRAGANÇA PAULISTA. Lei (1998). **Lei Ordinária 3145 de 23 de dezembro de 1998**. Altera o anexo I da Lei 3011/97, disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/b/braganca-paulista/lei-ordinaria/1998/315/3145/lei-ordinaria-n-3145-1998-altera-o-anexo-i-da-lei-n-3011-de-1-de-julho-de-1997-que-aprovou-o-plano-plurianual-para-o-quadrinio-1998-2001?q=3145>, acesso em 12/11/2019.

DIAS, Diego Alves; et al. **Classificação das Vias**. 2019. 45f. Trabalho Acadêmico – Engenharia Civil, Universidade de Marília, Marília, 2019, disponível em: [www.projeta.com.br/imagens.../files/.../2016%20PAVII%20-%20IP2%20-%20B.pptx](http://www.projeta.com.br/imagens.../files/.../2016%20PAVII%20-%20IP2%20-%20B.pptx), acesso em 7/5/2019.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 107/94**: Mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica - ensaio Marshall. IPR, 1994. 9 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 005/2003**: Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos - Terminologia. Rio de Janeiro, 2003. 12 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 153/2010**: Pavimentação asfáltica – Pré misturado a frio – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010. 11 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 172/2016-ME**: Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia. Brasília, 2016. 17 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 310 p.

KNAPPETT, J. A. e CRAIG, R. F. Craig. **Mecânica dos Solos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2018.

MARQUES, Gabriele Born. **Análise de Pavimento Flexível**: Estudo de um Trecho Crítico na Rodovia ERS-421. 2014, 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367 p.

SENÇO, Wlastermiler. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2.ed. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2008. 671 p.

UFRGS- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Avaliação do Tráfego**. 21 p, disponível em: [http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420\\_08-avaliacao\\_de\\_trafego\\_e\\_calculo\\_do\\_n.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/420_08-avaliacao_de_trafego_e_calculo_do_n.pdf), acesso em 4/5/2019.



# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# **Engenharia Moderna:** Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)