

# O QUE MUDOU COM O MÉTODO MEDINA?

RAMON MENDES KNABBEN

INFRASHOW  
DER/PR

MÉTODO MEDINA

FEVEREIRO 2021





# RESUMO DA APRESENTAÇÃO

- 1) ESTRUTURA DO PAVIMENTO;
- 2) MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO;
- 3) ENSAIOS;
- 4) APLICAÇÃO;
- 5) CONSIDERAÇÕES FINAIS.

**INFRASHOW**

**DER/PR**

**MÉTODO MEDINA**





# 1 - ESTRUTURA DO PAVIMENTO

- Estrutura de múltiplas camadas;
- Destinada a resistir e distribuir os esforços verticais e horizontais produzidos pelo tráfego;
- Dar condição de rolamento, conforto e segurança durante a vida útil projetada.

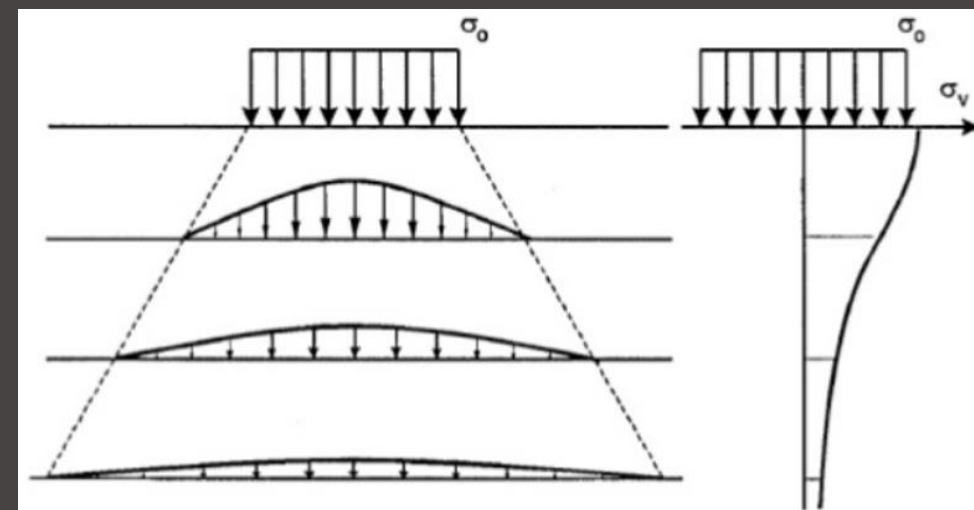
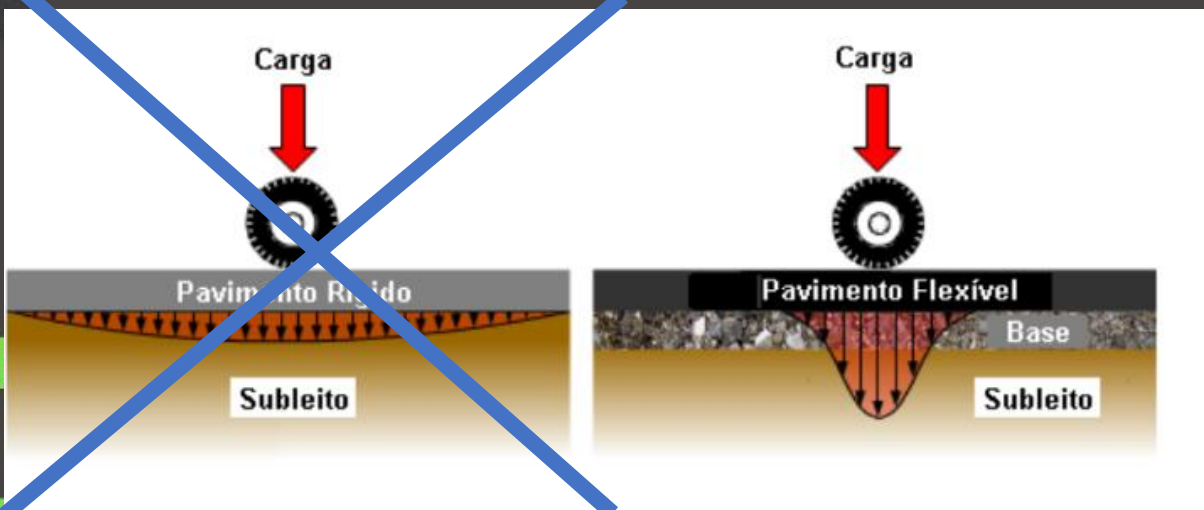
**INFRASHOW**

**DER/PR**

**MÉTODO MEDINA**



- DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS (BGTC, CCR E SOLO-CIMENTO)



MÉTODO MEDINA



## 2 - MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

Determinar as espessuras da camada de cada pavimento, levando em consideração as características de cada material em função do tráfego previsto.

**INFRASHOV**  
DER/PR

**MÉTODO MEDINA**





## a) Método do DNER

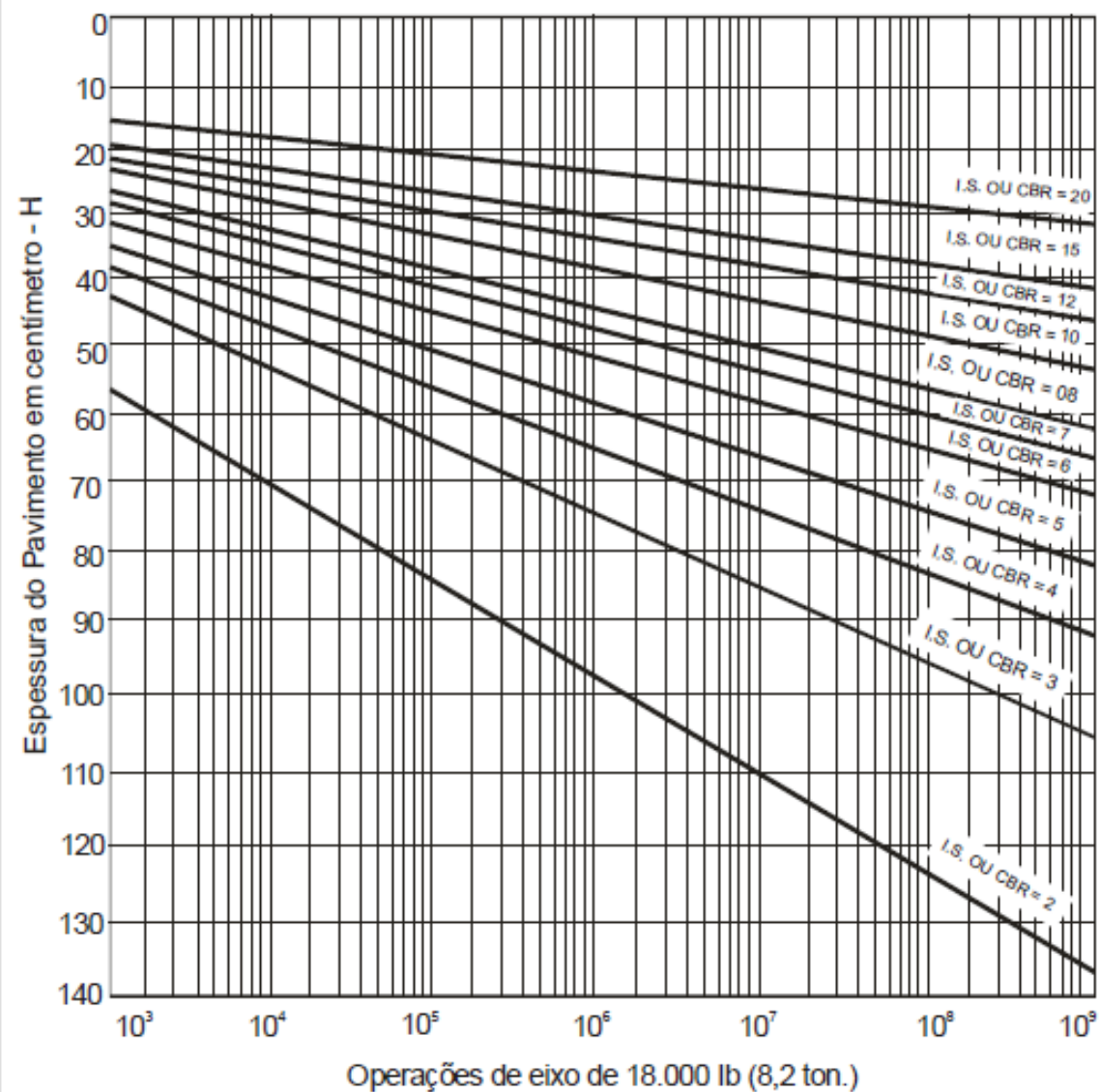
- Referente a dois métodos americanos de 1962. A versão brasileira foi fortemente adaptada pelo Eng. Murillo;
- Empírico;
- Método do CBR;
- Critério de ruptura – Afundamento da Trilha de roda;
- Correlação empírica entre o valor de CBR e a tensão máxima cisalhante
- Não inclui novas técnicas;
- Não considera a qualidade das Misturas Asfálticas.

**INFRASHOW**  
DER/PR

**MÉTODO MEDINA**



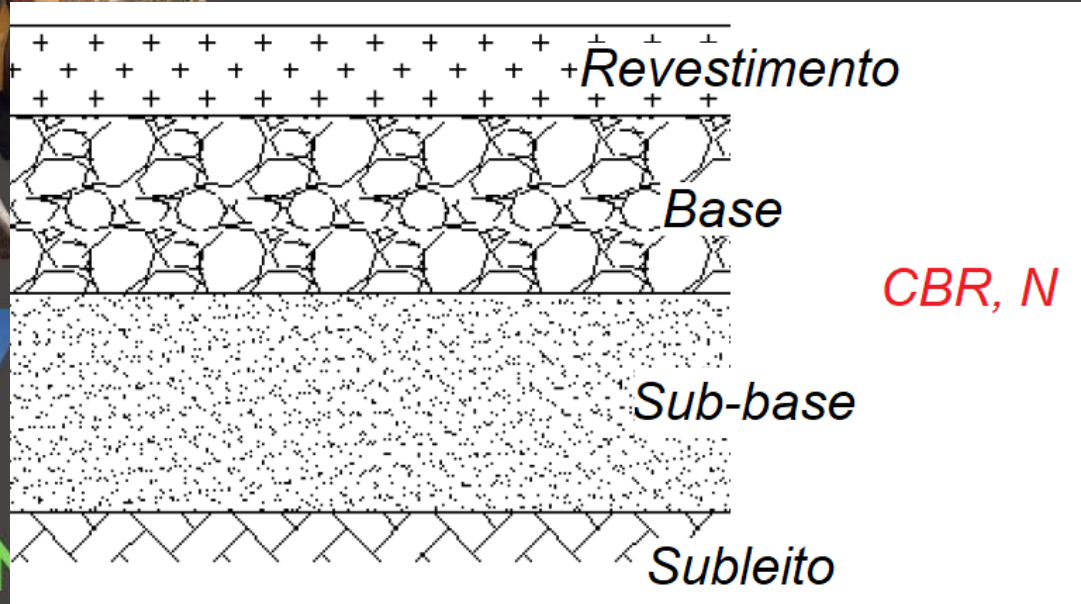
**Foi de grande sucesso.  
Eng. Murillo Lopes de Souza**



| 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      |

| Componentes do pavimento                                                | Coefficiente K |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Base ou revestimento de concreto betuminoso                             | 2,00           |
| Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa         | 1,70           |
| Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa           | 1,40           |
| Base ou revestimento betuminoso por penetração                          | 1,20           |
| <b>Camadas granulares</b>                                               | <b>1,00</b>    |
| Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm | 1,70           |
| Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm  | 1,40           |
| Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm  | 1,20           |





DER/PR

MÉTODO MEDINA

$$RK_R + BK_B \geq H_{20}$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S \geq H_n$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S + h_n K_{Ref} \geq H_m,$$







# PASSADO X PRESENTE

- Novos Veículos de carga;
- Maior capacidade de carga;
- Volume de tráfego.

**INFRASHOW**

**DER/PR**

**MÉTODO MEDINA**





**INFRASHOW**

**DER/PR**

**MÉTODO MEDINA**









# Mecânica do Pavimento

- A estrutura do pavimento é como qualquer outra estrutura de engenharia, eu preciso calcular as tensões atuantes e comparar com a resistência dos materiais.
- Pequenas deformações provocadas pela carga repetida da passagem dos veículos.
- Teoria da elasticidade aplicada a pavimentos.
- Verificação dos materiais estabelecidos por ensaios que consideram a repetição das cargas móveis.
- Dano por fadiga e deformação permanente como critérios de ruptura. São o acúmulo de pequenos defeitos ao longo dos ciclos de carregamento.
- Verifica-se o N que leva à ruptura o elemento que resiste à tração.

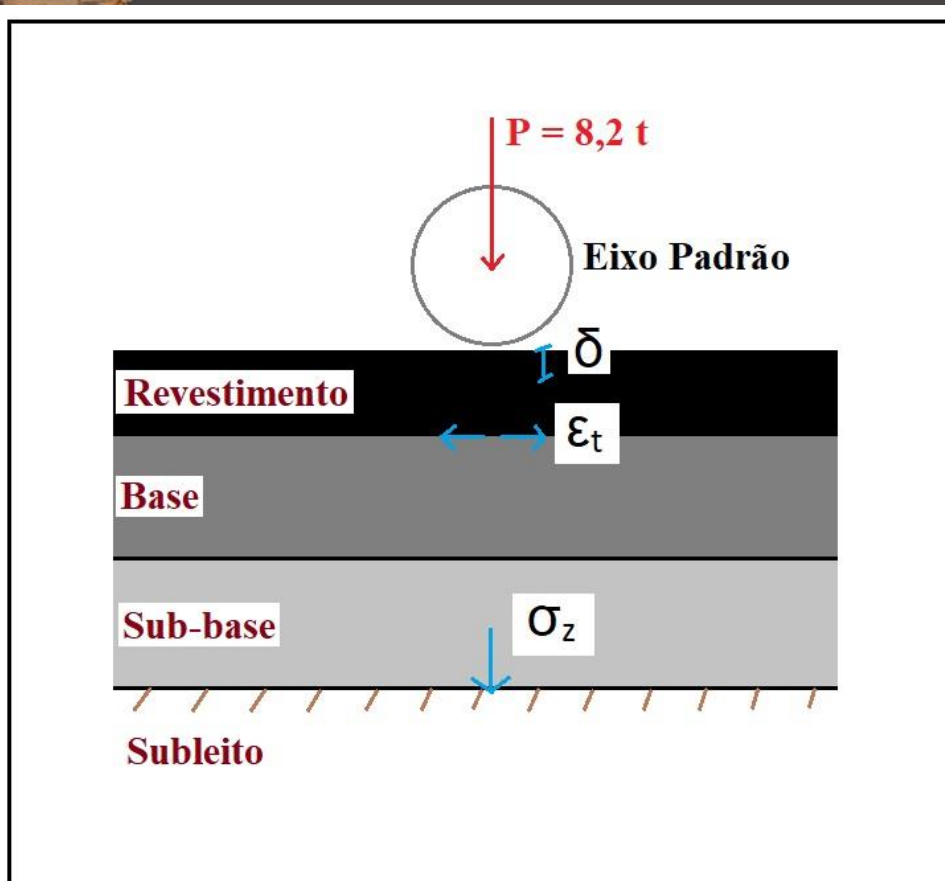
**INFRASHOW**  
DER/PR

**MÉTODO MEDINA**





- Cálculo de tensões e deformações - Parte mecânica
- Ajuste com as observações de trechos monitorados - parte empírica (FLC)



FLC - Salomão Pinto (1991) =  $10^4$

Fator multiplicado pelo N da curva de fadiga que corresponde a 20% de área trincada



# Qual o problema?

- Uso de correlações para o Módulo de Resiliência;
- Curva de Fadiga de pesquisas (Quais os ensaios? Confusão geral);
- Fator campo-laboratório;
- Deformação permanente - Tensão admissível no SL (e as demais camadas?)

**INFRASHOW**

**DER/PR**

**MÉTODO MEDINA**





# Método MeDiNa

MÉtodo de DIimensionamento NAcional



*DNIT (IPR), COPPE e CENPES (Petrobrás)  
Rede Temática de Asfalto da Petrobrás (Várias Universidades)  
Dnit (IPR) e COPPE - TED.*



**INFRASHOW**  
DER/PR

**MÉTODO MEDINA**



*Professor Jacques de Medina*



Medina e Motta

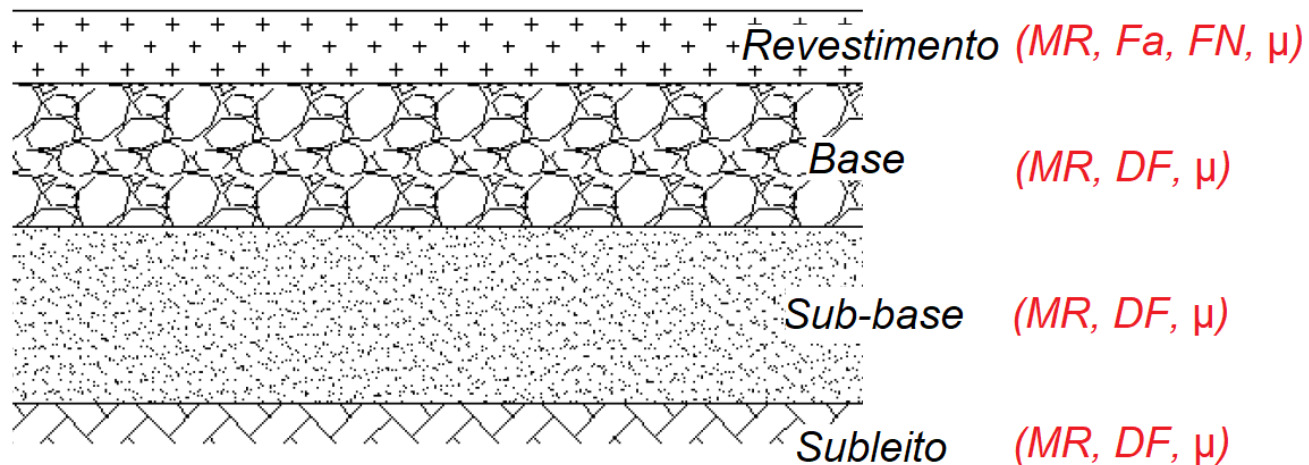


# MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL

- Mecanístico-Empírico (M-E);
- Afundamento e Fadiga;
- Resposta Estrutural.

INSERIR OS CONCEITOS (ENSAIOS):

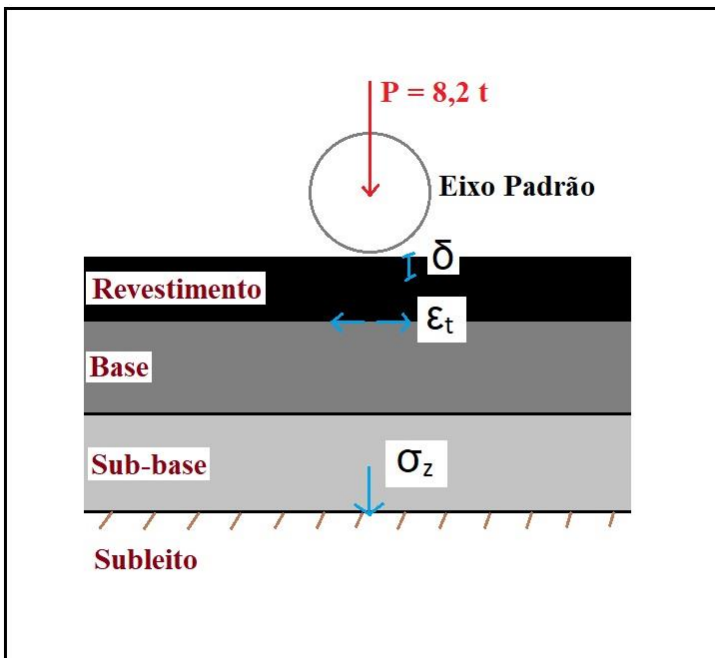
- MÓDULO DE RESILIÊNCIA
- FADIGA
- DEFORMAÇÃO PERMANENTE



Software Medina  
AEMC / BackMeDiNa

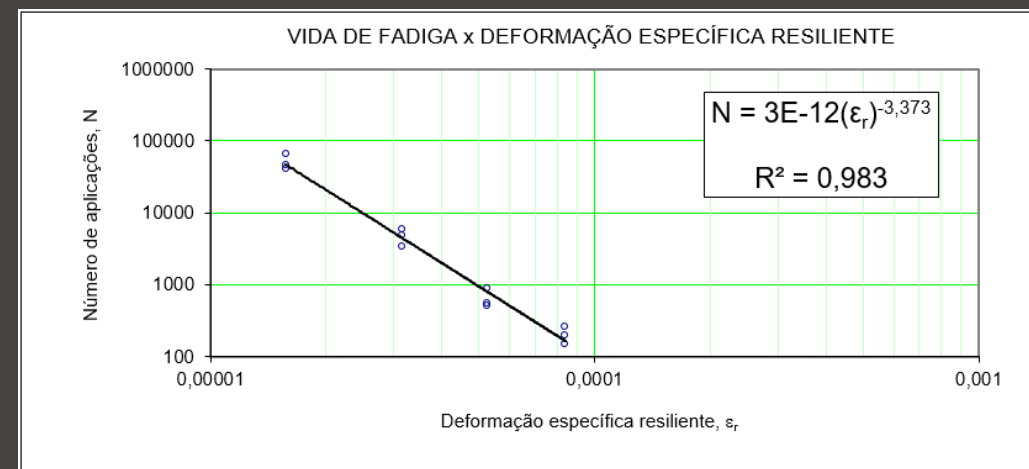
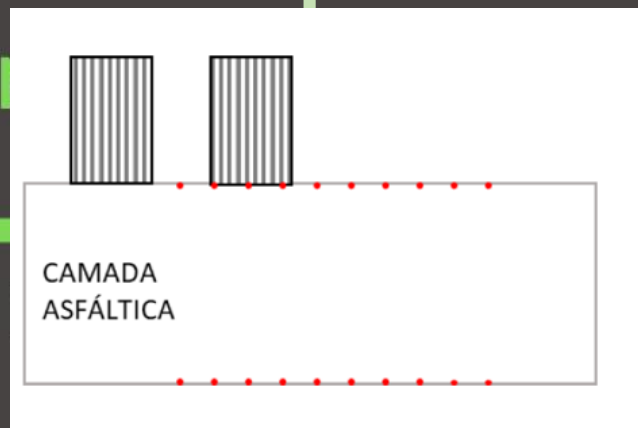
(FRANCO, 2007)

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/medina/solicitacao-de-download-do-medina>



Nadm – Ncampo (% área trincada)

FLC  
Fritzen, 2016



MediNa - v.1.1.3.0 - set/2019

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA

MODELAGEM

RESULTADOS

RESPONSÁVEL:

Ramon Knabben

EMPRESA:

Ktop

PROJETO:

Identificação da via, rodovia, trecho, km, estaca, etc

MODO:

Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

| CAMADA  | DESCRIÇÃO DO MATERIAL          | TIPO                          | ESPESSURA (cm) | MÓDULO (MPa) | COEFICIENTE DE POISSON |
|---------|--------------------------------|-------------------------------|----------------|--------------|------------------------|
| >> 1 << | CONCRETO ASFÁLTICO             | RJ CAP 30/45 #12,5mm Sepetiba | 10,0           | 9000         | 0,30                   |
| 2       | MATERIAL GRANULAR              | Brita Graduada - Gnaiss C5    | 20,0           | 381          | 0,35                   |
| 3       | SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO | Solo Argiloso LG(1)           | 20,0           | 250          | 0,45                   |
| SL      | SUBLEITO                       | Solo Siltoso NS'              | 0,0            | 189          | 0,45                   |

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:

1370

Sistema Aterial Primário

VMD (1º ano):

1.000

FV:

5,00e+05

N anual (1º ano):

100

% Veículos na faixa de projeto:

5,00e+05

N Anual da faixa:

0,0

Taxa de crescimento (%):

10

Período de projeto (anos):

5,00e+06

N Total:

---

ANÁLISE DO PAVIMENTO NOVO

---

Seção do pavimento analisada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MediNa.

Nível de confiabilidade da análise: 85%

Área Trinçada Estimada do pavimento no fim do período: 20,5%

Afundamento de Trilha de Roda: 4,0mm

AEMC v.2.4.1 (jan/2019)

Projeto Ajuda

Estrutura >>

| CAMADA | ESPESSURA (cm) | MASSA ESP (g/cm³) | COMPORTAMENTO | MÓDULO (MPa) | k1  | k2  | k3  | k4  | COEF POISSON | ADERÊNCIA |
|--------|----------------|-------------------|---------------|--------------|-----|-----|-----|-----|--------------|-----------|
| 1      | 10,00          | 2,400             | LINEAR        | 9000         | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,30         | 0         |
| 2      | 20,00          | 2,223             | LINEAR        | 381          | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,35         | 0         |
| 3      | 20,00          | 1,665             | LINEAR        | 250          | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,45         | 0         |
| 4      | 0,00           | 1,800             | LINEAR        | 189          | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,45         | 0         |

Tipo de carregamento:

Eixo padrão rodoviário

Eixo simples

Dois eixos simples (direcional)

Eixo duplo

Dois eixos duplos

Dois eixos duplos com

EIXO ESPECIAL

Número de rodas: 4

Carga de eixo (ton): 8,20

Carga de roda (ton): 2,05

Pressão de pneus (MPa): 0,56

Ty (cm): 0,00

Tx (cm): 32,40

Área (cm²): 366,07

Raio (cm): 10,79

Pontos de análise e resultados

Calcular

Ferramentas >>

| Ponto | X (cm) | Y (cm) | Z (cm) | Ux (µm)   | Uy (µm) | Uz (µm)   | Sx (MPa)  | Sy (MPa)  |
|-------|--------|--------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 1     | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,00000   | 0,00000 | 309,72310 | 0,734161  | 1,546731  |
| 2     | 3,650  | 0,000  | 0,000  | -1,28715  | 0,00000 | 309,93474 | 0,911679  | 1,598193  |
| 3     | 7,300  | 0,000  | 0,000  | -3,26732  | 0,00000 | 311,48636 | 1,315966  | 1,954525  |
| 4     | 10,950 | 0,000  | 0,000  | -6,15435  | 0,00000 | 309,11148 | 1,583346  | 2,014778  |
| 5     | 14,600 | 0,000  | 0,000  | -9,59074  | 0,00000 | 303,49125 | 1,633400  | 1,997921  |
| 6     | 18,250 | 0,000  | 0,000  | -13,08824 | 0,00000 | 294,57179 | 1,587855  | 1,931849  |
| 7     | 21,900 | 0,000  | 0,000  | -16,31174 | 0,00000 | 282,40023 | 1,442746  | 1,812935  |
| 8     | 25,550 | 0,000  | 0,000  | -18,65850 | 0,00000 | 267,00597 | 1,011096  | 1,581926  |
| 9     | 29,200 | 0,000  | 0,000  | -19,93052 | 0,00000 | 248,27578 | 0,497168  | 1,079592  |
| 10    | 32,850 | 0,000  | 0,000  | -20,08888 | 0,00000 | 231,41872 | 0,210029  | 0,861758  |
| 11    | 0,000  | 0,000  | 9,999  | 0,00000   | 0,00000 | 309,29225 | -0,748322 | -1,628635 |
| 12    | 3,650  | 0,000  | 9,999  | 1,31478   | 0,00000 | 309,15681 | -0,862840 | -1,677580 |
| 13    | 7,300  | 0,000  | 9,999  | 3,36246   | 0,00000 | 308,26881 | -1,132937 | -1,785916 |
| 14    | 10,950 | 0,000  | 9,999  | 6,40473   | 0,00000 | 305,50081 | -1,378475 | -1,869554 |
| 15    | 14,600 | 0,000  | 9,999  | 10,12599  | 0,00000 | 299,87809 | -1,486398 | -1,880347 |
| 16    | 18,250 | 0,000  | 9,999  | 14,00717  | 0,00000 | 290,97741 | -1,440222 | -1,810518 |
| 17    | 21,900 | 0,000  | 9,999  | 17,50868  | 0,00000 | 278,85902 | -1,235462 | -1,656433 |
| 18    | 25,550 | 0,000  | 9,999  | 20,08548  | 0,00000 | 264,08085 | -0,882239 | -1,419868 |

Processamento: 0,030 s

BackMeDiNa v.1.1.0 (abril/2018)

Projeto Ajuda

Modelo

| BACIA | ESTACA          | FADIA | TRILHA |
|-------|-----------------|-------|--------|
| 1     | Estaca: 76 + 0m | 0     | 0      |
| 2     | Estaca: 76 + 0m | 0     | 0      |
| 3     | Estaca: 76 + 0m | 0     | 0      |
| 4     | Estaca: 76 + 0m | 0     | 0      |
| 5     | Estaca: 76 + 0m | 0     | 0      |

Estaca: 76 + 0m

Faixa: 0

Trilha: 0

04/04/2018

CARGA (kgf): 4100

T AR: 28 °C

RAIO (cm): 15

T PAV: 55 °C

SENSORES:

| 0                | 1     | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  | 7   | 8 |
|------------------|-------|-----|-----|-----|----|----|-----|---|
| DISTÂNCIA (cm):  | 0     | 20  | 30  | 45  | 65 | 90 | 120 |   |
| DEFLEXÕES (µm):  | 210   | 160 | 140 | 110 | 80 | 60 | 40  |   |
| CALCULADAS (µm): | 230   | 169 | 135 | 102 | 78 | 61 | 48  |   |
| DIFERENÇAS (µm): | -20   | -9  | 5   | 8   | 2  | -1 | -8  |   |
| ERRO (µm):       | 9,678 |     |     |     |    |    |     |   |

ESTRUTURA >>

RETROANÁLISE

| CAMADA | MATERIAL                  | ESPESSURA (cm) | MÓDULO (MPa) | COEF POISSON | ADERÊNCIA |
|--------|---------------------------|----------------|--------------|--------------|-----------|
| < 1 >  | Camadas Asfálticas        | 8,0            | 9500         | 0,30         | ADERIDO   |
| < 2 >  | Camadas Granulares        | 42,0           | 521          | 0,40         | ADERIDO   |
| < 3 >  | Camadas em Solos Naturais | 30,0           | 319          | 0,45         | ADERIDO   |
| < 4 >  | Subleito                  | 0              | 191          | 0,45         | -         |

DEFLEXÕES NORMALIZADAS

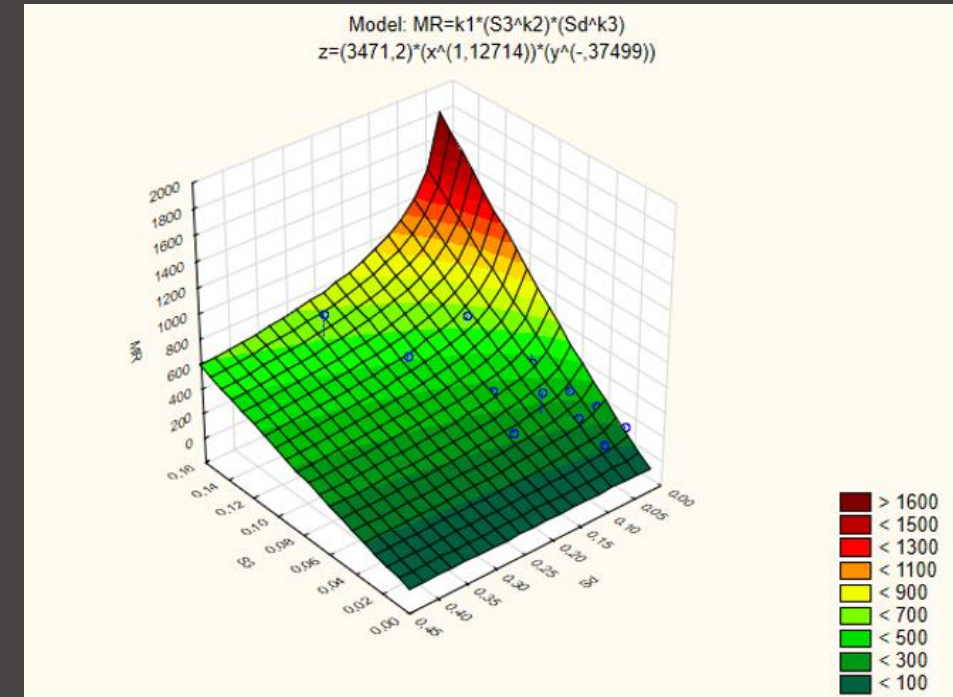
INFRASHOW  
DER/PR

MÉTODO MEDINA

- Medina;  
- AEMC;  
- BackMedina.



# 3 - ENSAIOS



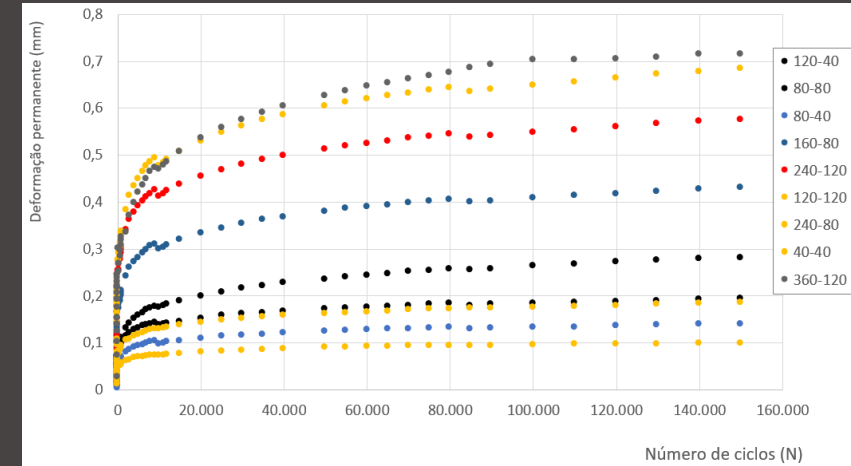
Módulo de Resiliência (Triaxial)

Módulo de Resiliência

# Deformação Permanente

## ENSAIOS DINÂMICOS

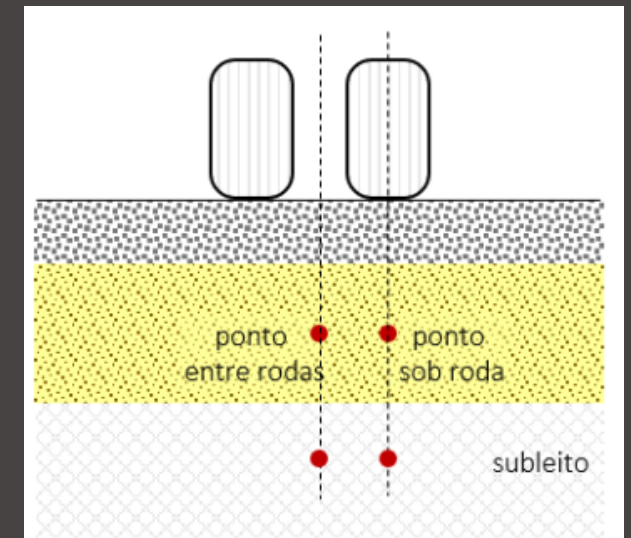
- Solos e Granulares  
(GUIMARÃES, 2009)



$$\varepsilon_p(\%) = \psi_1 \cdot \left(\frac{\sigma_3}{\rho_0}\right)^{\psi_2} \cdot \left(\frac{\sigma_d}{\rho_0}\right)^{\psi_3} \cdot N^{\psi_4}$$

Model is:  $E_p = A \cdot (S_3^B) \cdot (S_d^C) \cdot (N^D)$  (Spreadsheet2)  
Dep. Var. :  $E_p$   
Level of confidence: 95.0% (  $\alpha=0.050$  )

|   | Estimate  | Standard error | t-value<br>df = 509 | p-value  | Lo. Conf Limit | Up. Conf Limit |
|---|-----------|----------------|---------------------|----------|----------------|----------------|
| A | 0,017485  | 0,000773       | 22,61125            | 0,000000 | 0,015966       | 0,019004       |
| B | -0,203213 | 0,034110       | -5,95761            | 0,000000 | -0,270226      | -0,136199      |
| C | 1,036645  | 0,025365       | 40,86835            | 0,000000 | 0,986811       | 1,086478       |
| D | 0,157768  | 0,003663       | 43,07596            | 0,000000 | 0,150572       | 0,164963       |

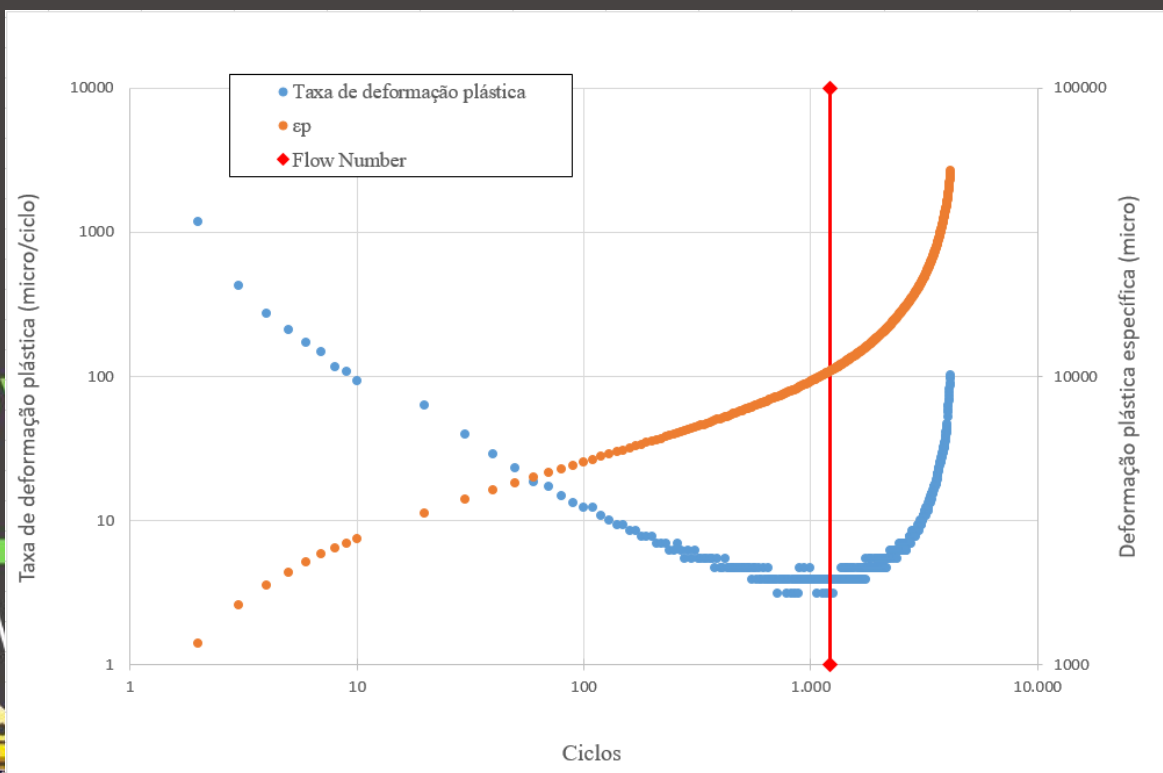




# Deformação Permanente

## ENSAIOS DINÂMICOS

- Concretos Asfálticos (Flow Number) FN



INFRASHO  
DER/PR

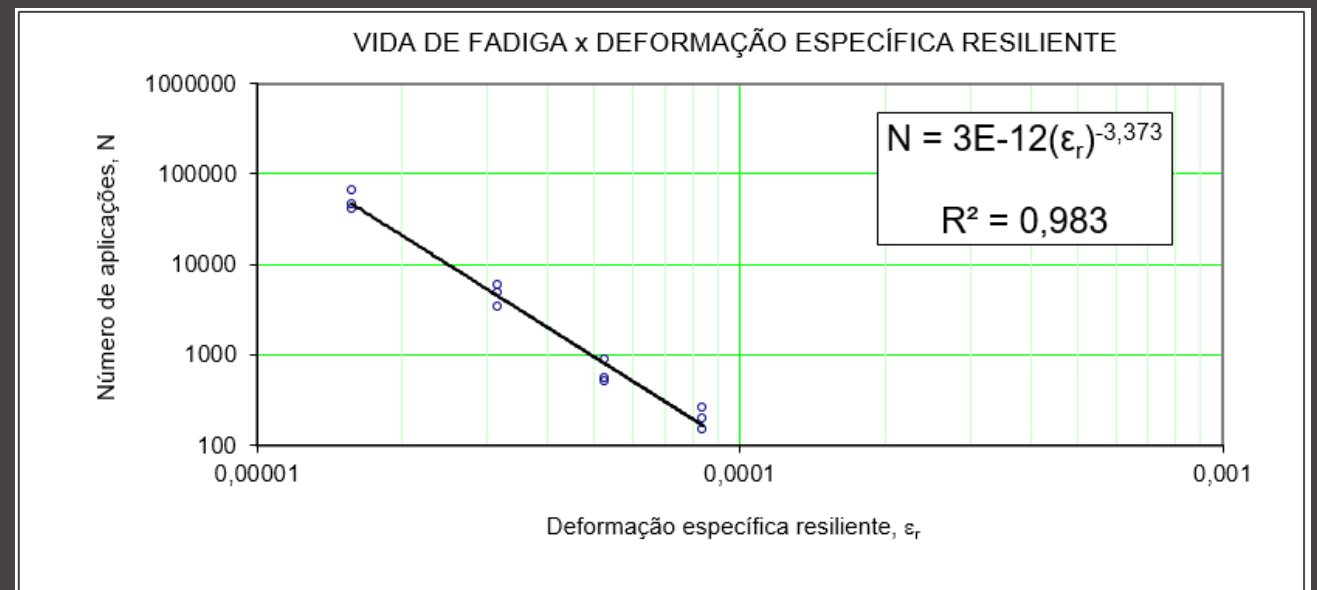
MÉTODO MEDIM





# Fadiga

$$N_f = k_1 \left( \frac{1}{\varepsilon_t} \right)^{k_2}$$



INFRA

DE

MÉTOD



## 4 - APLICAÇÃO

Contorno de Concórdia ( $N = 2,37 \times 10^7$ ) Acesso BRF

### Método Medina (Adotado)

- Estrutura

Capa 10,0 cm

SAMI 2,0 cm

BGTC 18 cm

Sub-base 20 cm

- R\$ 1,719 mi / km

- R\$ 0,0725 / km / eixo

### Método Medina (sem BGTC)

- Estrutura

Capa 19,0 cm

Base Granular 15 cm

Sub-base 20 cm

- R\$ 2,357 mi / km

- R\$ 0,0995 / km / eixo

### Método DNER

- Estrutura

Capa 10,0 cm

Base Granular 15 cm

Sub-base 17 cm

- R\$ 1,484 mi / km

- R\$ 0,0627 / km / eixo



## Contorno de Concórdia ( $N = 2,37 \times 10^7$ ) Acesso BRF

| <b>METODO UTILIZADO</b>                 | <b>VALOR(R\$)</b> | <b>%</b> |
|-----------------------------------------|-------------------|----------|
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - MEDINA C/ BGTC | R\$ 1.719.154,63  | 100%     |
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - MEDINA C/ BG   | R\$ 2.357.530,37  | 137%     |
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - DNIT C/ BG     | R\$ 1.484.890,79  | 86,37%   |





## Contorno de Concórdia ( $N = 5,99 \times 10^7$ )

### Método Medina (Adotado)

- Estrutura

Capa 14,5 cm

SAMI 2,0 cm

BGTC 18 cm

Sub-base 23 cm

- R\$ 2,612 mi / km

- R\$ 0,044 / km / eixo

### Método Medina (sem BGTC)

- Estrutura

Capa 22,5 cm

Base Granular 15 cm

Sub-base 17 cm

- R\$ 3,346 mi / km

- R\$ 0,056 / km / eixo

### Método DNER

- Estrutura

Capa 12,5 cm

Base Granular 15 cm

Sub-base 17 cm

- R\$ 2,269 mi / km

- R\$ 0,038 / km / eixo

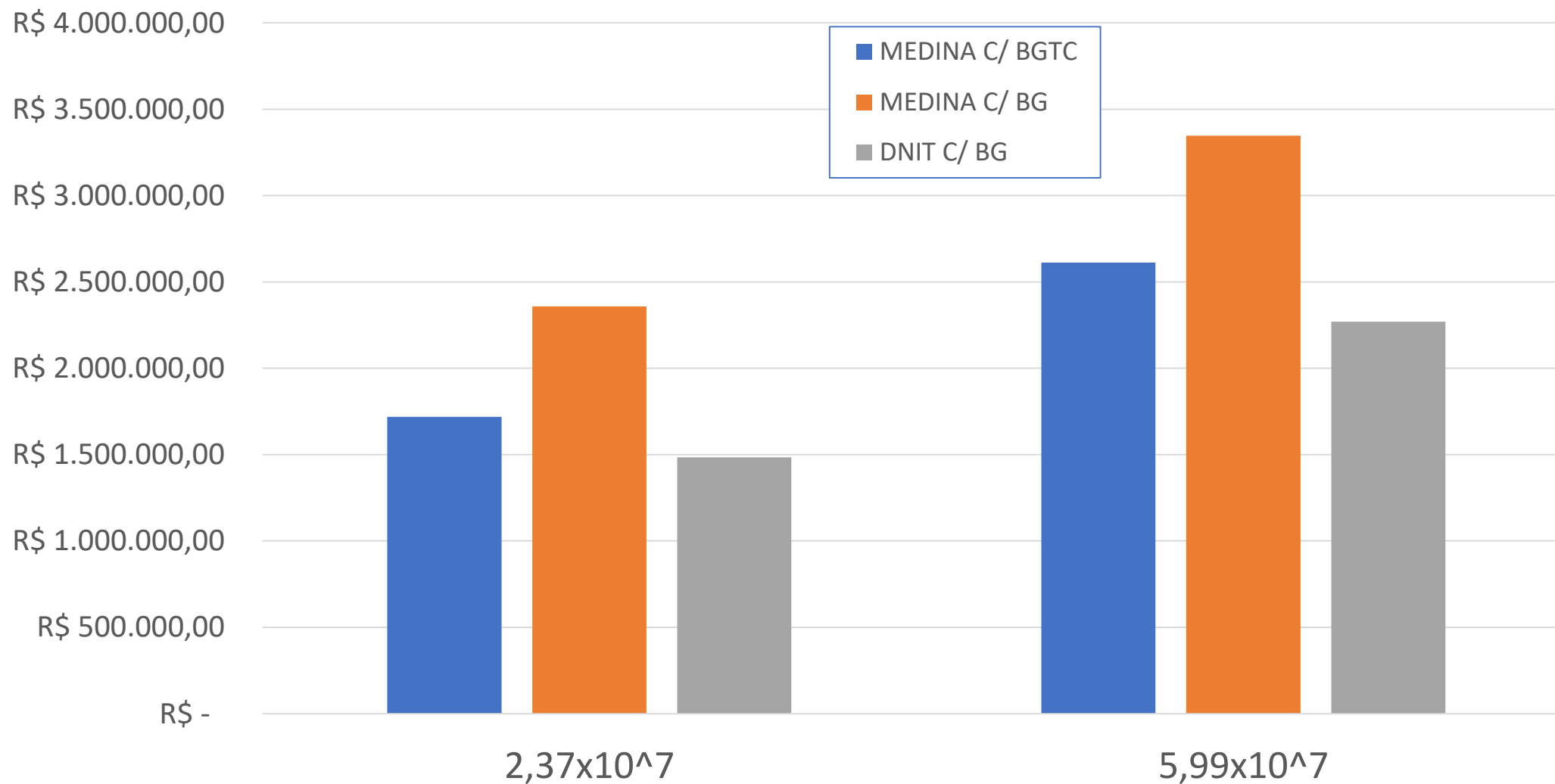


## Contorno de Concórdia ( $N = 5,99 \times 10^7$ )

| <b>METODO UTILIZADO</b>                 | <b>VALOR(R\$)</b> | <b>%</b> |
|-----------------------------------------|-------------------|----------|
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - MEDINA C/ BGTC | R\$ 2.612.030,66  | 100%     |
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - MEDINA C/ BG   | R\$ 3.346.939,37  | 128%     |
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - DNIT C/ BG     | R\$ 2.269.426,17  | 87%      |



# RESUMO







## Contorno de Concórdia ( $N = 2,37 \times 10^7$ ) Acesso BRF

### Método Medina (Adotado)

- Estrutura

Capa 10,0 cm

SAMI 2,0 cm

BGTC 18 cm

Sub-base 20 cm

- R\$ 1,719 mi / km

- R\$ 0,0725 / km / eixo

### Método Medina (Cap Convencional)

- Estrutura

Capa 15,0 cm

BGTC 18 cm

Sub-base 20 cm

- R\$ 2,043 mi / km

- R\$ 0,08620 / km / eixo



## Contorno de Concórdia ( $N = 2,37 \times 10^7$ ) Acesso BRF

| <b>METODO UTILIZADO</b>                                  | <b>VALOR(R\$)</b> | <b>%</b> |
|----------------------------------------------------------|-------------------|----------|
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - MEDINA C/ BGTC                  | R\$ 1.719.154,63  | 100%     |
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - MEDINA C/ BGTC CAP CONVENCIONAL | R\$ 2.043.291,35  | 119%     |



## Contorno de Concórdia ( $N = 5,99 \times 10^7$ )

### Método Medina (Adotado)

#### - Estrutura

Capa 14,5 cm

SAMI 2,0 cm

BGTC 18 cm

Sub-base 23 cm

- R\$ 2,612 mi / km

- R\$ 0,044 / km / eixo

### Método Medina (CAP convencional)

#### - Estrutura

Capa 24,0 cm

BGTC 18 cm

Sub-base 23 cm

- R\$ 3,293 mi / km

- R\$ 0,055 / km / eixo



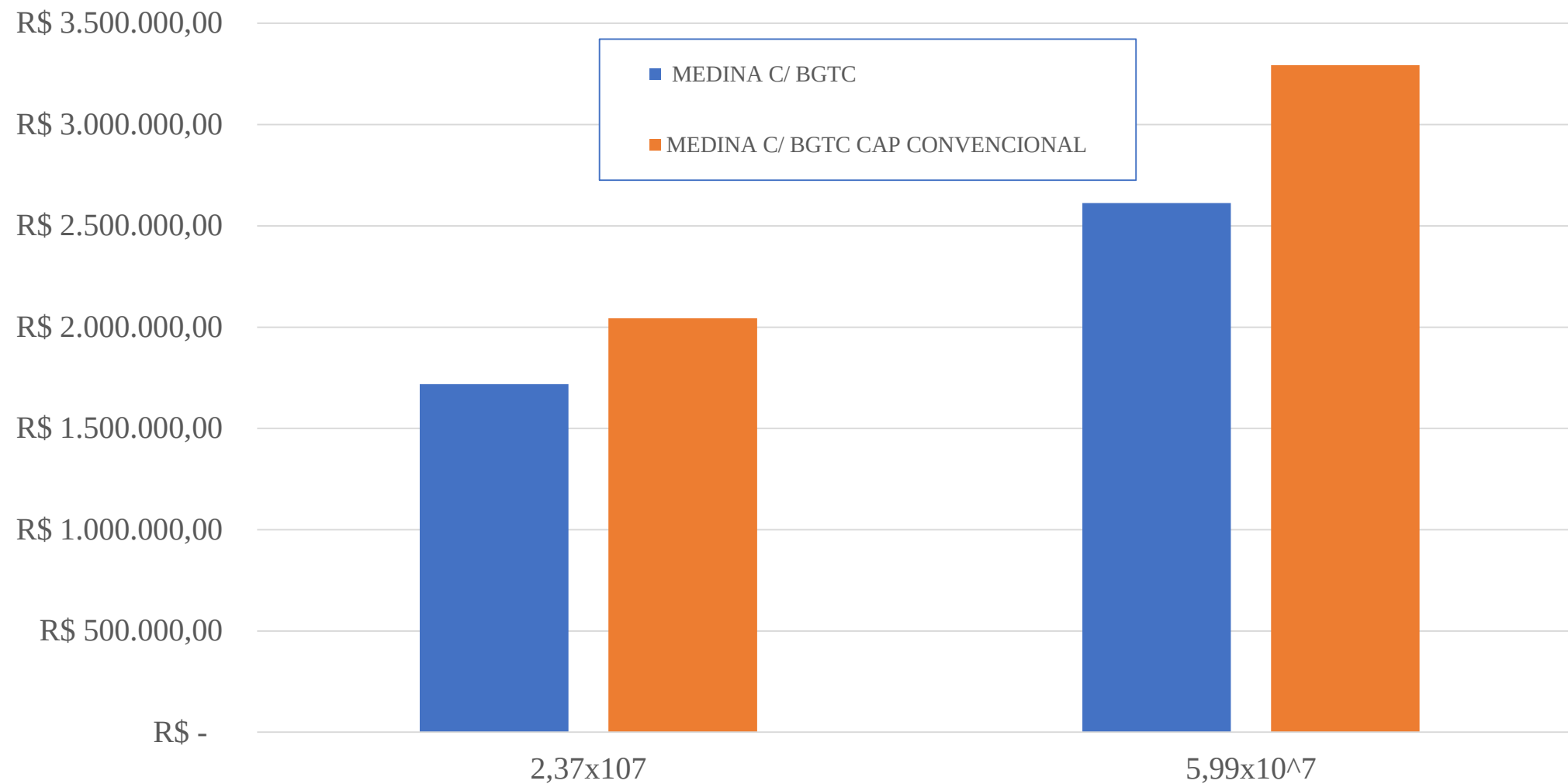


## Contorno de Concórdia ( $N = 5,99 \times 10^7$ )

| METODO UTILIZADO                                         | VALOR(R\$)       | %    |
|----------------------------------------------------------|------------------|------|
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - MEDINA C/ BGTC                  | R\$ 2.612.030,66 | 100% |
| PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - MEDINA C/ BGTC CAP CONVENCIONAL | R\$ 3.293.295,31 | 126% |



# RESUMO



# 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Método Empírico  
Marshall  
CBR

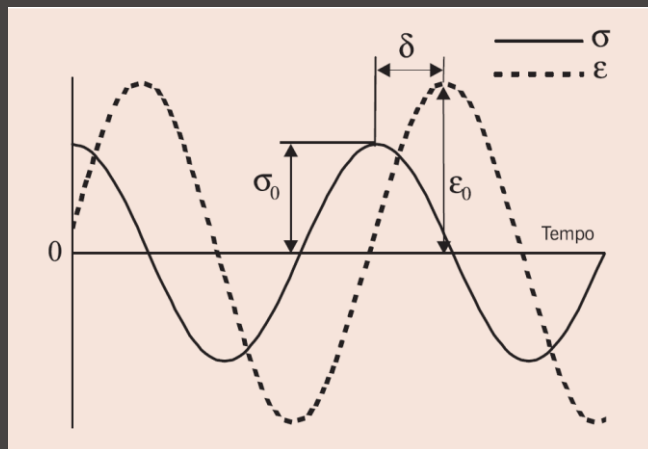


Método Mecanístico-empírico  
PCG  
Módulo de Resiliência  
Fadiga  
Deformação Permanente

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



$$Mr = f(T, V)$$



# MUITO OBRIGADO!!

*MeDiNa*

Site: <https://metodomedina.com.br>

Instagram

Pesquisar



engenheiro\_knabben

Editar perfil



184 publicações

7.375 seguidores

142 seguindo

**Ramon Knabben**

- Doutor em Eng. Civil pela UFSC;
- Criador do curso online Pavimento MeDiNa;
- Proprietário da Ktop Consultoria e Engenharia.

[metodomedina.com.br](https://metodomedina.com.br)



**Ramon Knabben**

1,84 mil inscritos

INÍCIO

VÍDEOS

PLAYLISTS

GOVERNO  
DO ESTADO

GOV.  
DO PARANÁ

GOV.  
DO ACRE