

Aplicação do Método MeDiNa em projeto rodoviário

Eng. Diegles Simões de Toledo Pereira

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA

FEVEREIRO 2021



Escopo

- Apresentação do Programa PRSV (conceitos iRAP)
- Soluções de engenharia consideradas no projeto
- Avaliação da estrutura do pavimento
- Serviços de pavimentação de Terceira Faixa
- Aplicação prática do software MeDiNa

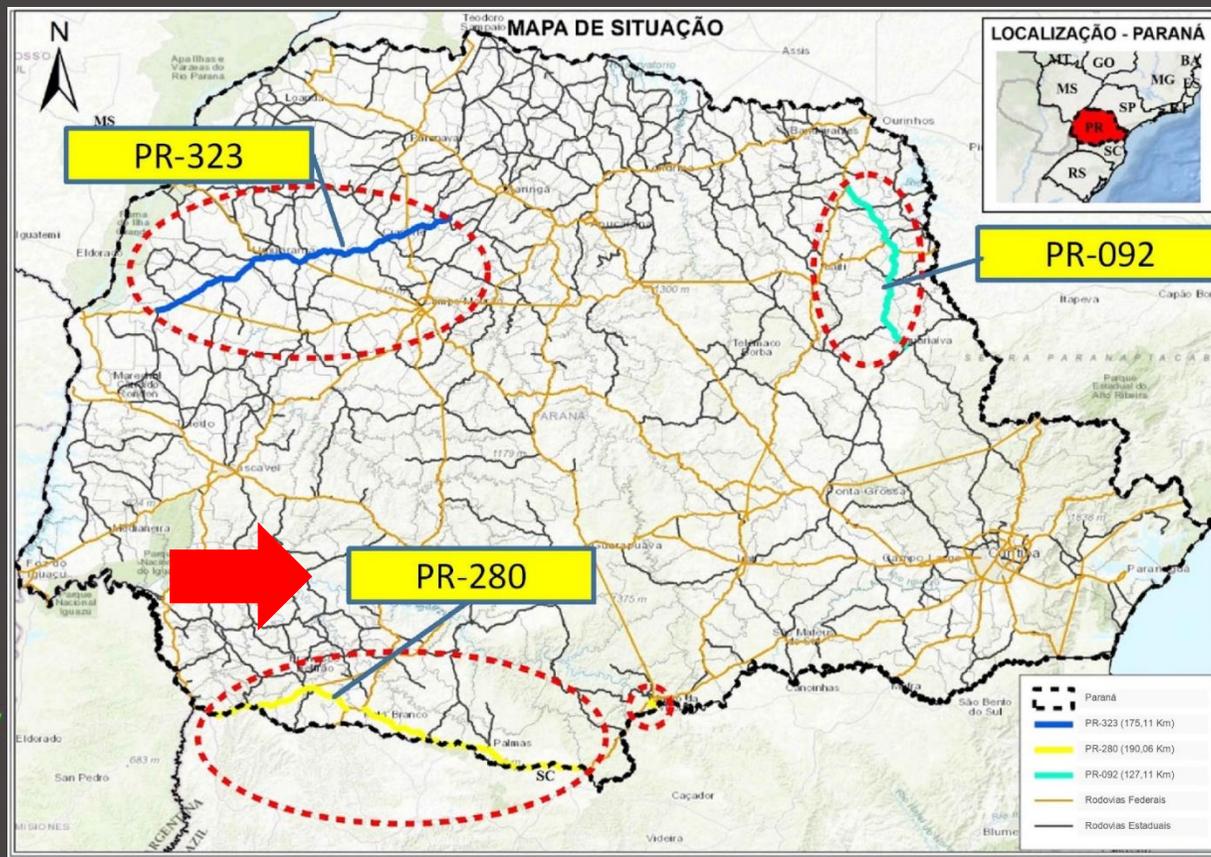
INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Programa de Revitalização da Segurança Viária – PRSV 1ª. Fase – Rodovias Atendidas



Extensão Total da
492,28 km

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



**Trecho de projeto: Acesso Leste a
Palmas a ENTR. BR-158 (Pato Branco)**

Identificação das Condições de Risco

Ausência de Placas



Ausência de Sinalização Horizontal



Placas Danificadas



Degradação do Pavimento



Defensas Metálicas sem Refletivos



Placas Encobertas pela Vegetação



Padronização dos Procedimentos de Segurança



Sinalização Vertical,
Horizontal e
Dispositivos de
Segurança

Padronização dos Procedimentos de Segurança



Dispositivos Atenuadores de Impacto



Linhas de Estímulo a Redução de Velocidade



Pintura em Alto Relevo



Balizadores em Interseções

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



Tratamento de Segmentos Críticos com Adequação da Estrutura Existente

Implantação de faixa de ultrapassagem

Maior
Trafegabilidade
e Segurança

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Principais soluções de engenharia (contramedidas analisadas)

Soluções de engenharia do Projeto de Ampliação da Capacidade e Segurança Viária

- ✓ **Faixa de ultrapassagem**
 - Implantação de terceira faixa no sentido ascendente da rampa.
- ✓ **Alargamento de faixa (para implantação de terceira faixa)**
 - Implantação de estrutura do pavimento com largura mínima de 3,25 m.
- ✓ **Reabilitação do pavimento**
 - Implantação de soluções de reciclagem e pavimentação asfáltica.
- ✓ **Pavimentar acostamento**
 - Implantação de pavimentação asfáltica em segmentos com acostamento não pavimentado (somente onde a plataforma útil permitir).
- ✓ **Delineamento**
 - Implantação e adequação da sinalização vertical, horizontal e dispositivos auxiliares de segurança.
- ✓ **Sonorizadores ao longo do acostamento**
 - Implantação de pinturas de faixa em alto relevo.
- ✓ **Defensas/barreiras na borda da pista**
 - Implantação de defensas e atenuadores de impacto.
- ✓ **Remoção de perigos à margem da via**
 - Remoção de objetos na rota de colisão dos veículos.
- ✓ **Melhorar sinalização de delimitação de curva**
 - Implantação de delineadores, sinalização horizontal e vertical.

Metodologia iRAP

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA





Avaliação da estrutura do pavimento existente

- i. Causas de deterioração do pavimento na rodovia PR-280
- ✓ Implantação das rodovias a cerca de 40 anos com apenas uma intervenção de restauração no período de 10 anos de vida do pavimento (processo de oxidação das camadas de asfalto da época da implantação com degradação e trincamento e reflexão de trincas precoce com redução de vida útil de camadas de reforço, perda da capacidade de suporte da camada de base de brita – efeito abrasivo)
 - ✓ Soluções de conservação/manutenção pontuais com pouca ou nenhuma intervenção nas camadas de base e sub-base (COP/CREMEP)
 - ✓ Implantação de terceira faixa sobre o pavimento de acostamento (observação de afundamentos de trilha de roda e defeitos generalizados – solução ineficiente)



INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Serviços de pavimentação de Terceira Faixa

i. Solução de pavimentação adotada

- ✓ Além dos aspectos relativos a estrutura existente a solução de pavimentação levou em consideração a largura efetiva das faixas de tráfego (inferior a 3,25 m), sendo definido:
 - **Reciclagem com espuma asfáltica e incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de cimento e brita** (nova camada de base com alto módulo de resiliência)
 - **Reforço com Geogrelha flexível de poliéster de alta tenacidade com manta não tecida em forma de grelha (40x40) mm, bidirecional com resistência de 50 kN/m** (reforço da camada do pavimento e redução de eventos de afundamentos de trilha de roda)
 - **Revestimento em CBUQ com asfalto modificado por polímero (SBS 60/85) – espessura mínima de 10 cm para período de vida útil de 5 anos** (elevado módulo de resiliência e resistência a fluência – redução de eventos de afundamentos de trilha de roda)

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Serviços de pavimentação de Terceira Faixa

ii. Vantagens da solução de pavimentação adotada

- ✓ Aumento da resistência a derrapagem;
- ✓ Reabilitação do pavimento;
- ✓ Adequação da geometria permitindo a implantação de faixas com largura não inferior a 3,25 m
- ✓ Implantação de faixas de segurança/acostamentos pavimentados com desnível não superior a 5 cm
- ✓ Redução do descarte de material pela indicação da reciclagem com reaproveitamento de material asfáltico e base granular de brita.

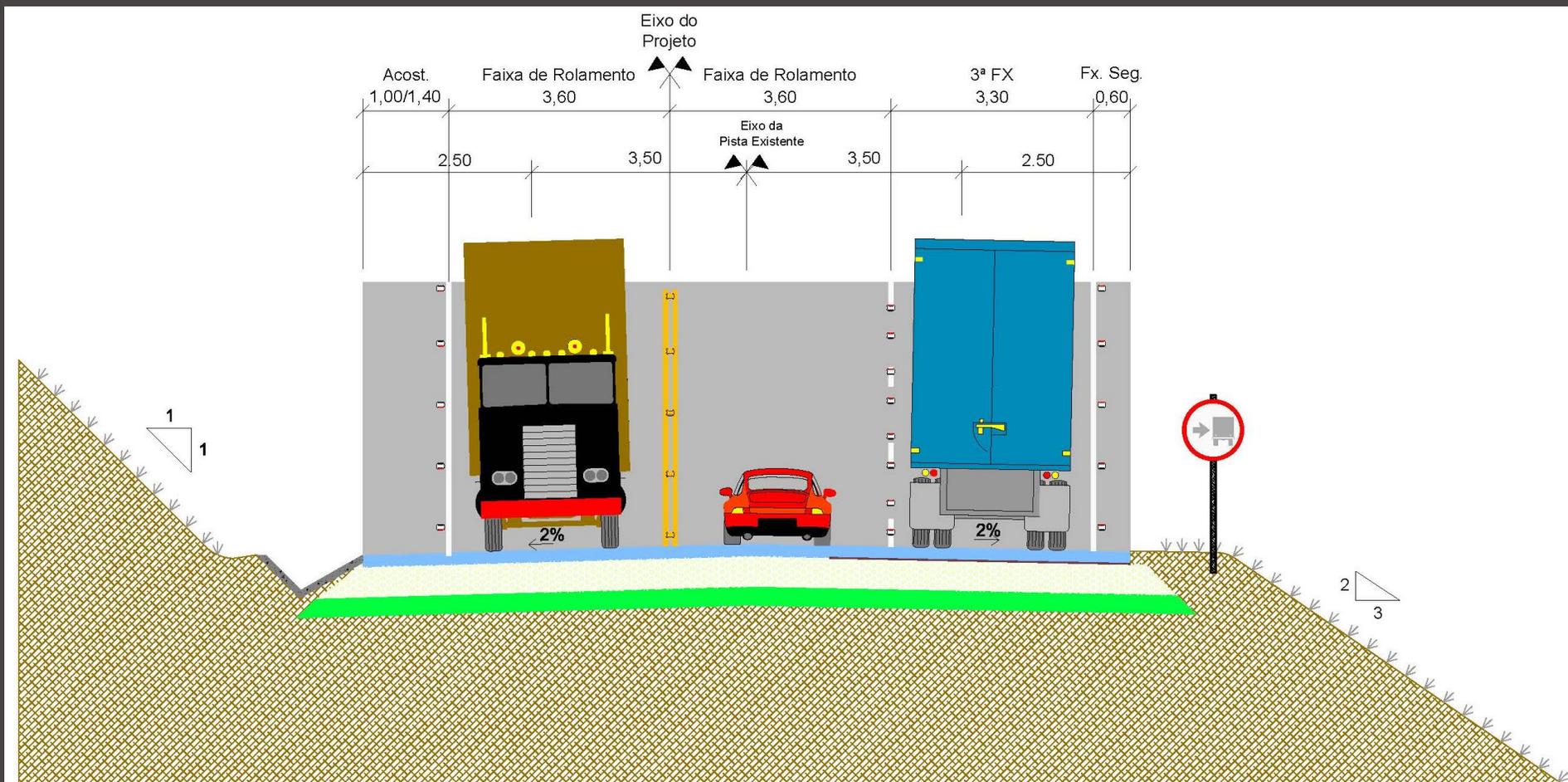
INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Seção transversal da solução de pavimentação



-  C.B.U.Q. C/ASFALTO MODIFICADO POR POLÍMERO - (10,0 cm)
-  RECICLAGEM COM ESPUMA ASFÁLTICA E INCORPORAÇÃO DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO À BASE COM ADIÇÃO DE CIMENTO E BRITA - (25 cm)
-  SUB-BASE DE BRITA MAL GRADUADA EXISTENTE - (≥15 cm)

-  GEOGRELHA FLEX. DE POLIÉSTER DE ALTA TENACIDADE COM MANTA, BIDIRECIONAL 50 KN/M
-  SUBLEITO COMPACTADO A 100% PN

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



Aplicação prática do software MeDiNa

i. Passos para aplicação do método

- ✓ Dados do tráfego
 - Seleção do tipo de via
 - VMD (1º ano)
 - FV (fator de veículo)
 - Número N (1ª ano)
 - % de Veículos na faixa de projeto
 - Taxa de crescimento (%)
 - Período de projeto
 - Número N Total (ano fim da vida útil prevista)

+ EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO	
- DADOS DO TRÁFEGO	
Tipo de Via:	Sistema Arterial Principal
VMD (1º ano):	666
FV:	9,901
N anual (1º ano):	2,41e+06
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	2,41e+06
Taxa de crescimento (%):	3,4
Período de projeto (anos):	5
N Total:	1,29e+07

Tipo de Via:
O Tipo de Via define o nível de confiabilidade e os critérios de dimensionamento relativos à fadiga e ao Afundamento de Trilha de Roda

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



Aplicação prática do software MeDiNa

PROJEÇÃO DE TRÁFEGO DA CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA PARA AMBOS SENTIDOS																											
Rodovia:	PR-280					Posto:	4018					SNV:	280BPR0230					Ano:	2018 a 2025								
VMDa (Ano)	CLASSIFICAÇÃO DO VEÍCULO																										TOTAL
	Moto	Auto	Ônibus			Caminhões				Semi-Reboque						Reboque											
			2C	3CB	4CB	2C	3C	4C	4CD	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	3T4	3V5	3T6	2C2	2C3	3C2	3C3	3D4	3Q4	3Q6		
2018	62	2941	89	46	6	457	319	19	109	5	25	20	2	5	64	24	7	2	2	0	2	0	0	0	3	4.209	
2019	64	3040	92	48	6	472	330	20	113	5	26	21	2	5	66	25	7	2	2	0	2	0	0	0	3	4.350	
2020	66	3142	95	49	6	488	341	20	116	5	27	21	2	5	68	26	7	2	2	0	2	0	0	0	3	4.496	
2021	68	3247	98	51	7	505	352	21	120	6	28	22	2	6	71	27	8	2	2	0	2	0	0	0	3	4.647	
2022	71	3357	102	53	7	522	364	22	124	6	29	23	2	6	73	27	8	2	2	0	2	0	0	0	3	4.804	
2023	73	3469	105	54	7	539	376	22	129	6	29	24	2	6	75	28	8	2	2	0	2	0	0	0	4	4.965	
2024	75	3586	109	56	7	557	389	23	133	6	30	24	2	6	78	29	9	2	2	0	2	0	0	0	4	5.132	
2025	78	3706	112	58	8	576	402	24	137	6	32	25	3	6	81	30	9	3	3	0	3	0	0	0	4	5.304	

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



- ✓ Contagem volumétrica e classificatória
 - Posto de contagem PNCT ano 2018
- ✓ Determinação de taxa de crescimento
 - Ponderação das estimativas de crescimento do PIB, produção da Safra e de veículos em rodovia concessionada – taxa adotada de 3,36%
- ✓ Fator de veículo
 - Avaliação de carregamento 70% da frota com 100% da carga máxima e 30% da frota com 80% da carga máxima admitida a tolerância da Lei nº 10.103/2018

Aplicação prática do software MeDiNa

Composição Frota Comercial 2018			VMDac	%VMDac	AASHTO (Distribuição 70%/30%)			USACE (Distribuição 70%/30%)			
Tipo Veículo	Classe	Nº eixos			Fvi 100% carreg.	Fvi 80% carreg.	FV ponderado	Fvi 100% carreg.	Fvi 80% carreg.	FV ponderado	
Onibus	2C	2	89	7,38	3,897	1,486	0,234	6,213	1,578	0,356	
Onibus	3CB	3	46	3,81	1,191	0,469	0,037	4,291	1,287	0,129	
Onibus	4CB	4	6	0,50	6,189	2,375	0,025	14,286	3,724	0,055	
Caminhão	2C	2	457	37,89	3,897	1,486	1,203	6,213	1,578	1,827	
Caminhão	3C	3	319	26,45	2,662	1,053	0,576	14,614	4,321	3,049	
Caminhão	4C	4	19	1,58	2,485	0,968	0,032	15,964	4,614	0,198	
Caminhão	4CD	4	109	9,04	7,332	2,834	0,541	23,680	6,535	1,675	
Semi-Reboque	2S1	3	5	0,41	6,574	2,507	0,022	9,991	2,522	0,032	
Semi-Reboque	2S2	4	25	2,07	5,147	2,001	0,087	17,976	5,165	0,293	
Semi-Reboque	2S3	5	20	1,66	4,957	1,910	0,067	19,317	5,454	0,251	
Semi-Reboque	3S1	4	2	0,17	6,194	2,400	0,008	20,517	5,772	0,027	
Semi-Reboque	3S2	5	5	0,41	4,978	1,975	0,017	28,931	8,521	0,095	
Semi-Reboque	3S3	6	64	5,31	4,275	1,676	0,185	24,632	7,177	1,029	
Semi-Reboque	3T4	7	24	1,99	6,505	2,577	0,106	34,768	10,262	0,546	
Semi-Reboque	3V5	8	7	0,58	6,256	2,462	0,030	35,388	10,507	0,162	
Semi-Reboque	3T6	9	2	0,17	8,563	3,393	0,012	46,272	13,649	0,061	
Reboque	2C2	4	2	0,17	9,906	3,778	0,013	15,473	3,871	0,020	
Reboque	2C3	5	0	0,00	8,662	3,341	0,000	23,867	6,611	0,000	
Reboque	3C2	5	2	0,17	7,956	3,072	0,011	22,059	6,181	0,029	
Reboque	3C3	6	0	0,00	7,309	2,853	0,000	28,242	8,158	0,000	
Reboque	3D4	7	0	0,00	6,505	2,577	0,000	34,768	10,262	0,000	
Reboque	3Q4	7	0	0,00	14,063	5,401	0,000	31,577	8,535	0,000	
Reboque	3Q6	9	3	0,25	6,181	2,419	0,013	36,548	6,053	0,068	
Total			1206	100,00	$\Sigma FV_{frota(AASHTO)}$			3,218	$\Sigma FV_{frota(USACE)}$		9,901

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Aplicação prática do software MeDiNa

ii. Passos para aplicação do método

- ✓ Dados da estrutura (concepção inicial)
 - Definição do número de camadas
 - Definição dos tipos de materiais e propriedades geotécnicas
 - Definição da espessura preliminar

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
1	CONCRETO ASFÁLTICO MODIFICADO	CAPFLEX SBS 60/85	10,0	5000	0,30
2	BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC)	Reciclagem com esp. asf e incorp. revest.	25,0	Sigmoidal	0,20
>> 3 <<	MATERIAL GRANULAR	Brita mal graduada	15,0	250	0,35
SL	SUBLEITO	Solo argiloso	0,0	150	0,45

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



Aplicação prática do software MeDiNa

Concepção das camadas – características técnicas.

CAMADA	TIPO	COEFICIENTE ESTRUTURAL	MÓDULO DE RESILIÊNCIA (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
Revestimento em CAPFLEX SBS 60/85	Concreto betuminoso	2,00	5.000	0,30
Base com reciclagem e incorporação de asfalto	Cimentícia	1,40	7.000 (<u>sigmoidal</u>)	0,20
Sub-base de brita mal graduada	Granular	1,00	250	0,35
Subleito argiloso	Solos finos	-	150	0,45



Propriedades geotécnicas

- Realização de ensaios de caracterização e ensaios especiais
- Estimativas a partir da norma IP-DE-P00/001 do DER/SP e na base de dados do software MeDiNa

Espessura mínima de revestimento betuminoso.

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

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Aplicação prática do software MeDiNa

iii. Passos para aplicação do método

✓ Seleção do método de análise

- Dimensionar
- Avaliar a estrutura

✓ Resultados da análise

- Danos mensais
- ATR
- Bacias de campo
- Completo

```
--- DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO ---  
Seção do pavimento dimensionada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.  
  
Nível de confiabilidade da análise: 95%  
Área Trincada Estimada do pavimento no fim do período: 6,7%  
Análise encerrou por haver atingido a espessura mínima da camada.  
>>Atenção: o programa não calcula a Área Trincada proveniente da reflexão de trincas da base estabilizada.  
Afundamento de Trilha de Roda: 0,9mm  
  
Os resultados obtidos pelo programa devem ser avaliados criteriosamente antes de serem aprovados para a execução de campo.
```

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Aplicação prática do software MeDiNa

Dimensionamento do pavimento

Empresa: LABTRANS

Nome do Projeto: TERCEIRA FAIXA - SEGMENTO 9 a 19 - ZONA 2

Responsável pelo projeto: DIEGLES

Seção do pavimento dimensionada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Tipo de via: Sistema Arterial Principal

Nível de confiabilidade: 95%

Período de projeto: 5 anos. - O autor do projeto declara estar ciente do tempo de projeto lançado no programa.

Análise realizada em 29/01/2021 às 10:03:25 no modo: Pavimento Novo (Nível A)

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: 6,7%

>>Atenção: o programa não calcula a Área Trincada proveniente da reflexão de trincas da base estabilizada.

Análise encerrou por haver atingido a espessura mínima da camada.

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: 0,9mm

ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista no dimensionamento ou na avaliação de pavimentos, conforme descrito no Guia do Método Mecânico Empírico. O conhecimento das propriedades dos materiais a serem aplicados na estrutura do pavimento, por meio de ensaios de laboratório, assim como o conhecimento detalhado do tráfego são imprescindíveis para a elaboração do projeto. O sucesso do projeto somente será alcançado se as propriedades dos materiais consideradas no dimensionamento sejam aplicadas no campo e verificadas a partir de ensaios geotécnicos com um controle de qualidade rigoroso.

Portanto, a responsabilidade pelo projeto é exclusivamente do engenheiro projetista, que deve entender e avaliar criteriosamente os resultados gerados pelo programa, antes de aprovar o projeto para a execução no campo.

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO MODIFICADO CAPFLEX SBS 60/85	10,0	Resiliente Linear MR = 5000 MPa	0,30
2	BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) Reciclagem com esp. asf e incorp. revest.	25,0	Sigmoidal Ei (MPa) = 7000 (1º mês) Ef (MPa) = 6712 (fim período)	0,20
3	MATERIAL GRANULAR Brita mal graduada	15,0	Resiliente Linear MR = 250 MPa	0,35
4	SUBLEITO Solo argiloso	SL	Resiliente Linear MR = 150 MPa	0,45

Aplicação prática do software MeDiNa

Materiais

1 - CONCRETO ASFÁLTICO MODIFICADO: CAPFLEX SBS 60/85

Propriedades

Tipo de CAP = Asf. Modificado por polímero
Aditivo Modificador = SBS
Massa específica (g/cm³) = 2,4
Resistência à tração (MPa) = 1,3
Teor de asfalto (%) = 5,9
Volume de vazios (%) = 4
Faixa Granulométrica = C
Abrasão Los Angeles (%) = 40
Norma ou Especificação = DER/PR ES-P 15/17

Modelos

Ensaio de Fadiga
- Modelo: $k1 \cdot (et \wedge k2)$
- Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 1,11e-13$
- Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,979$
- Classe de Fadiga: ≥ 1
- FFM (100 μ a 250 μ): $\geq 0,86$
Flow Number Mínimo
- Condição de Tráfego Normal: ≥ 316 ciclos
- Condição de Tráfego Severa: ≥ 849 ciclos

2 - BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC): Reciclagem com esp. asf e incorp. revest.

Propriedades

Descrição do Material = Reciclagem com incorp. asfalto, cimento e brita
Teor ótimo de cimento = 46
Resistência à tração (MPa) = 1
Massa específica (g/cm³) = 2,300
Umidade Ótima (%) = 6
Energia Compactação = Modificado
Norma ou Especificação = DER/PR ES-P 32/05

Modelos

3 - MATERIAL GRANULAR: Brita mal graduada

Propriedades

Descrição do Material = Brita mal graduada (sub-base existente)
Massa específica (g/cm³) = 2,177
Umidade Ótima (%) = 8,87
Energia Compactação = Modificado
Abrasão Los Angeles (%) = 40
Faixa Granulométrica = FF
Norma ou Especificação = DER/PR ES-P 05/18

Modelos

Ensaio de Deformação Permanente
Modelo: $ep = psi1 \cdot (s3 \wedge psi2) \cdot (sd \wedge psi3) \cdot (N \wedge psi4)$
Coeficiente de Regressão (k1 ou psi1): **0,1010**
Coeficiente de Regressão (k2 ou psi2): **-0,1825**
Coeficiente de Regressão (k3 ou psi3): **0,9091**
Coeficiente de Regressão (k4 ou psi4): **0,0753**

Aplicação prática do software MeDiNa

Definição do tráfego

Volume Médio Diário no ano de abertura do tráfego: VMD (1º ano) = 666

Fator de veículo no ano de abertura do tráfego: FV = 9,90

Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano): 2,41e+06

% Veículos na faixa de projeto: 100%

Número de passagens anual do eixo padrão na faixa de projeto: 2,41e+06

Taxa de crescimento do tráfego: 3,4%

Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto: N Eq = 1,29e+07

Eixo	Tipo	FE	Carga (ton)	FC	FVi
1	Eixo Simples	63%	6,00	0,278	0,176
2	Eixo simples de roda dupla	55%	10,00	3,289	1,815
3	Dois eixos duplos em tandem	75%	17,00	8,549	6,370
4	Três eixos duplos em tandem	17%	25,50	9,300	1,540

Evolução dos danos no pavimento

Mês	N Equiv	Área Trincada	ATR (mm)
1	1,975e+05	1,27%	0,7
6	1,193e+06	2,36%	0,7
12	2,407e+06	3,09%	0,8
18	3,640e+06	3,64%	0,8
24	4,895e+06	4,13%	0,8
30	6,170e+06	4,58%	0,9
36	7,466e+06	5,01%	0,9
42	8,784e+06	5,43%	0,9
48	1,012e+07	5,85%	0,9
54	1,149e+07	6,28%	0,9
60	1,287e+07	6,71%	0,9

Aplicação prática do software MeDiNa

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Cam	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ASFÁLTICO MODIFICADO	0,00
2	BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC)	0,00
3	MATERIAL GRANULAR	0,41
4	SUBLEITO	0,49
Afundamento de Trilha de Roda (mm)		0,9

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Aplicação prática do software MeDiNa

Controle por Deflexões

As bacias foram calculadas considerando as camadas aderidas e um fator de segurança, após avaliados dados de campo comparativos entre FWD e Viga Benkelman. Os resultados apresentados estão a favor do dimensionamento.

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO MODIFICADO - CAPFLEX SBS 60/85

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	25	24	23	21	20	17	14	12	11
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	12	11	10	9	8	7	6	5	4

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC) - Reciclagem com esp. asf e incorp. revest.

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	30	28	27	24	22	18	14	12	10
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	16	14	13	11	10	7	6	4	4

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - Brita mal graduada

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	77	49	37	27	22	16	13	11	10
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	70	33	22	14	10	7	5	4	3

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: SUBLEITO - Solo argiloso

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	76	46	35	26	21	16	13	11	10
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	79	32	20	13	10	7	5	4	3



<http://www.fapeu.com.br/>
<http://www.der.pr.gov.br/>

Curitiba-PR, Fevereiro de 2021.

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA

