RELATÓRIO TÉCNICO
CÓD. RT-10025

DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO ESTRUTURAL
VIGA BENKELMAN

RUA 02 DE MARÇO
RUA RAMIRO GONÇALVES

GUAPIRAMA - PR

REV.	DISCRIMINAÇÃO	DATA	EMITENTE	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
R0	Emissão inicial	10/2025	ATP		

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Assessoria Técnica em Pavimentação Ltda - CNPJ N° 04385896/0001-25
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina – PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 3
2. MAPA DE SITUAÇÃO 4
3. EQUIPE TÉCNICA 5
4. OBJETIVO 5
5. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 5
6. METODOLOGIA 6
6.1. ESTUDO DE TRÁFEGO 7
6.2. ESTUDO DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN) 9
6.3. DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO ESTRUTURAL 12
7. ORIENTAÇÕES TÉCNICAS 15
8. TERMO DE ENCERRAMENTO 17

ANEXO I – ESTUDOS DE TRÁFEGO 18
ANEXO II – ENSAIO DE DEFLEXÃO 21
ANEXO III – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO 26

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

RELATÓRIO TÉCNICO
DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO ESTRUTURAL

1. INTRODUÇÃO

Este relatório técnico tem como objetivo apresentar ao departamento de Engenharia da Pref. de Guapirama - PR, o dimensionamento de reforço estrutural do pavimento da **Rua 02 De Março e Rua Ramiro Gonçalves**, conforme preceitos da metodologia DNER / DNIT, mediante avaliação estrutural não-destrutiva realizada a partir de Estudos Deflectométricos (Viga Benkelman) e Estudos de Tráfego (Número N),

O Estudo de Tráfego é realizado a partir da estimativa de veículos (leves, médios e pesados), e posterior cálculo do Número N (número de solicitações equivalentes ao eixo padrão rodoviário) para um período de projeto. O Estudo de Deflexão foi realizado com a Viga Benkelman, conforme DNIT 133/2010-ME.

Todos os estudos foram realizados de acordo com as especificações DNIT / DNER, visando garantir os parâmetros de desempenho, através de soluções que atendam técnica e economicamente as necessidades e expectativas do contratante.

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

2. MAPA DE SITUAÇÃO

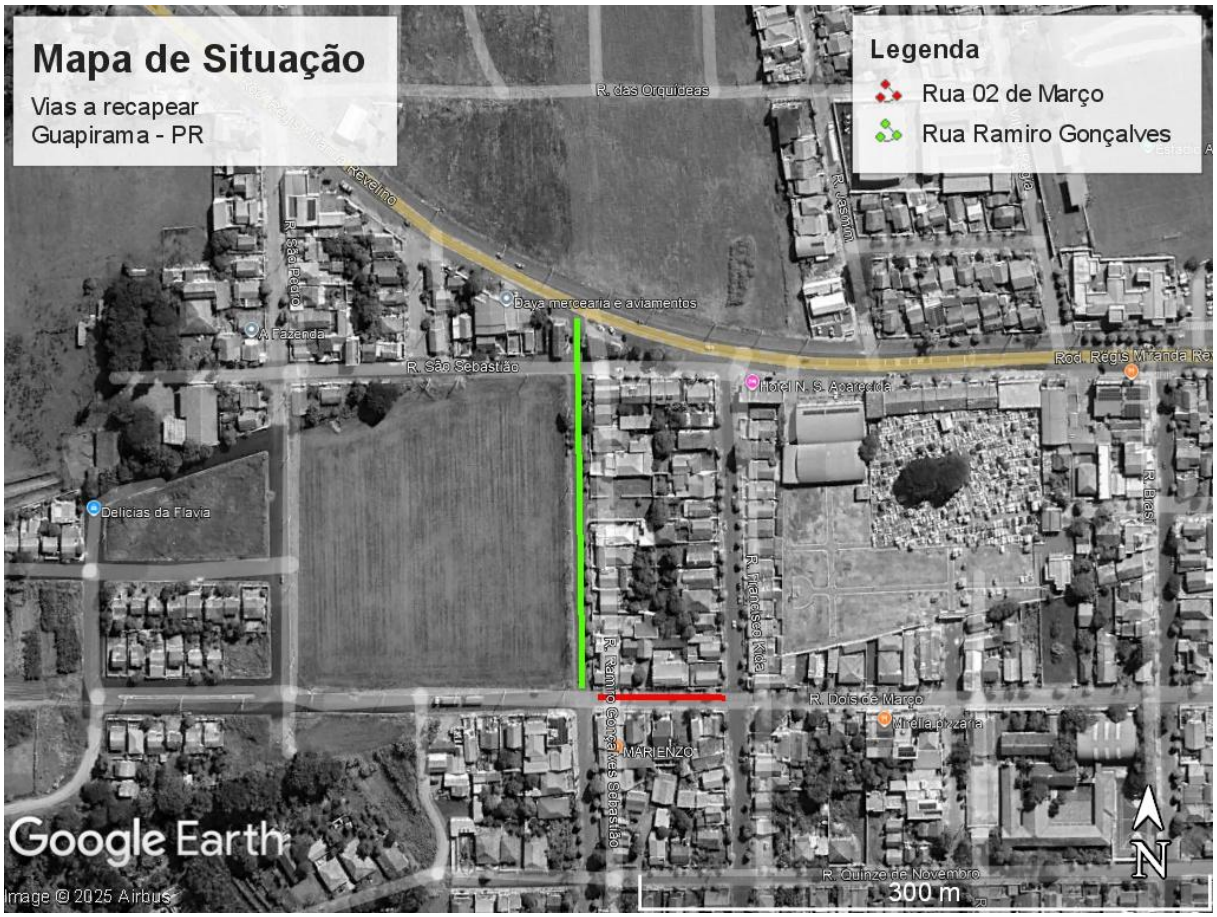


Figura 1: Mapa de Situação

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

3. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica para a realização deste relatório é composta por:

- ✓ Responsabilidade técnica: Felipe Westphal, Eng. Civil, CREA PR-186228/D.
- ✓ Laboratorista: Equipe
- ✓ Relatório: Felipe Westphal

4. OBJETIVO

Verificar a condição do pavimento existente em seu aspecto estrutural (estudos deflectométricos com a Viga Benkelman), e propor uma solução de restauração / reforço adequada e compatível para uma nova vida de serviço.

5. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Manual de Pavimentação - DNIT
- Manual de Estudo de Tráfego - DNIT
- Manual de restauração de pavimentos - DNIT
- Avaliação estrutural do pavimento: DNIT 133/2010-ME - Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da Viga Benkelman - Método de ensaio;
- Dimensionamento de reforço estrutural: DNER-PRO 11/79 - Proc. B, baseado no critério de deformabilidade (Viga Benkelman).
- Especificações de Serviços Rodoviários do DER-PR: http://www.der.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=65

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

6. METODOLOGIA

Um pavimento em serviço é avaliado com a finalidade de fornecer subsídios necessários para que se possa programar ou prever sua manutenção e conservação e fornecer dados ao projeto de reforço. Este se desenvolve em duas etapas: identificação das patologias das rodovias e as deficiências da estrutura, e a solução de restauração, de tal forma que as deficiências da estrutura possam ser restabelecidas, no mínimo durante o período de projeto.

Para tanto, é realizada uma avaliação do estado em que se encontra a estrutura analisada frente à ação do tráfego, dos fatores climáticos e do meio ambiente. Esta avaliação consiste na análise de suas condições quanto ao aspecto estrutural. A condição estrutural está relacionada à capacidade de suporte do pavimento, abrangendo as características de resistência e deformabilidade das camadas do pavimento e do subleito sob a ação das cargas atuantes.

Para fins de análise acerca da solução a ser adotada, o procedimento de avaliação consiste, em essência, no confronto das deflexões medidas no pavimento existente (avaliação estrutural), com valores máximos admissíveis obtidos a partir do tráfego previsto, e na determinação da espessura do reforço a ser aplicado, se necessário, para reduzir as deflexões aos níveis máximos admissíveis, conforme preconizado pelas normas.

Por outro lado, situações em que o pavimento apresenta elevado grau de severidade de suas patologias, a execução do reforço estrutural (recape asfáltico), por si só, não é eficiente. Neste caso, a reconstrução completa do pavimento pode ser a melhor solução técnica-econômica.

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

6.1. ESTUDO DE TRÁFEGO

6.1.1. Metodologia

Um dos elementos necessários para o projeto de pavimentação é o Número “N”, representativo da solicitação que o tráfego imporá ao pavimento durante o horizonte de projeto. Os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) e do USACE (United States Army Corps of Engineers), os mais usuais no Brasil, baseiam-se no número de repetições de passagem dos veículos ao longo do tempo. Para efeito de padronização, calcula-se essa solicitação em termos de número de passagens de um eixo padrão de 8,2 toneladas.

O valor do número “N” é obtido pela seguinte equação:

$$N = 365 \times VMDA \times FP \times P \times FV \times FR$$

Onde:
N = Número equivalente de operações de eixo padrão
VMDA = Volume médio diário anual
P = Período de projeto (P = 10 anos)
FV = Fator de veículos
FR = Fator climático regional (FR = 1,0)
FP = Fator pista (FP = 0,5 p/ duas faixas simples)

6.1.2. Resultados

A estimativa volumétrica e classificatória do tráfego foi realizada conforme demonstrado no ANEXO I - ESTUDO DE TRÁFEGO. O Número N considerado neste projeto foi aquele obtido a partir dos fatores de equivalência de carga determinados pela USACE. O fator de veículo (FV) foi calculado a partir da ponderação das possíveis ocorrências de porcentagens de veículos comerciais, considerando a seguinte hipótese: parte dos veículos com carga máxima legal (100%), vazios (0%), e com tolerância legal (0%). A taxa de crescimento para o período de projeto foi de 3,0% ao ano em progressão aritmética, conforme expressão abaixo:

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

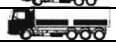
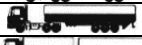
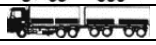
$$I = [2+((p-1)tx/100)] / 2$$

Onde:

I = índice multiplicativo da taxa

p = período em anos

tx = taxa de crescimento (3,0% ao ano)

COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO - NÚMERO "N"							
Classe (DNIT)	**Tipo**	Rua 02 de Março Rua Ramiro					
		TMDA	**(%)**				
Autos		< 100	-				
2CB		2	7,4%				
2CC		10	37,0%				
2C		13	48,1%				
3C		2	7,4%				
4C		0	0,0%				
2S1		0	0,0%				
2S2		0	0,0%				
2S3		0	0,0%				
3S2		0	0,0%				
3S3		0	0,0%				
3D4		0	0,0%				
Total =		**27**	**100%**				
N-USACE		**1,49E+05**					
N-AASHTO		**9,91E+04**					

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

6.2. ESTUDO DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)

6.2.1. Metodologia

O método não-destrutivo para avaliação estrutural do pavimento é realizado através do levantamento deflectométrico da estrutura com base na norma DNIT 133/2010-ME – Pavimentação asfáltica – Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga benkelman. A Viga Benkelman é um dispositivo mecânico que mede, por meios não destrutivos, os deslocamentos verticais de um ponto de contato no pavimento, entre as rodas duplas de um caminhão, sob um eixo de carga, com uma determinada pressão de pneus e uma carga pré-estabelecida para esse eixo. Em outras palavras a Viga Benkelman mede a flecha máxima da linha de deformação elástica do pavimento sob a ação de uma carga.

O cálculo da deflexão inicial no ponto de aplicação da carga é realizado pela expressão:

$$D_0 = (L_0 - L_f) \times k$$

Onde:
D_0 = Deflexão inicial no ponto de aplicação da carga, em 10^{-2} mm;
L_0 = Leitura inicial na estação;
L_f = Leitura final na estação;
k = Constante da viga.

O cálculo da deflexão intermediária (distante 25 cm do ponto de aplicação da carga) é dado pela expressão:

$$D_{25} = (L_{25} - L_f) \times k$$

Onde:
D_{25} = Deflexão a 25 cm do ponto de aplicação da carga, em 10^{-2} mm;
L_0 = Leitura inicial na estação;
L_f = Leitura final na estação;
k = Constante da viga.

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

Conforme recomendação do DNER, a bacia de deformação tem a forma aproximada a uma parábola do 2º grau até uma distância de 25 cm do ponto de aplicação da carga. Portanto, de acordo com o critério de aproximação parabólica, o valor do raio pode ser definido através da seguinte expressão:

$$R = \frac{10 \times (25)^2}{2 \times (D_0 - D_{25})} = \frac{6250}{2 \times (D_0 - D_{25})}$$

Onde:

R = raio de curvatura da bacia de deformação, em m;

D_0 = deflexão recuperável no ponto de aplicação da carga, em 10^{-2} mm;

D_{25} = deflexão recuperável a 25cm do ponto de aplicação da carga em 10^{-2} mm;

10 Coeficiente por troca de unidade.

A deflexão característica "Dc" de um conjunto de medidas de deflexão individuais é dada pela seguinte fórmula:

$$D_C = D + \sigma$$

Onde:

D_C = Deflexão média das "n" determinações individuais, em centésimos de mm ($mm.10^{-2}$)

σ = Desvio padrão

A sazonalidade também é questão a ser observada, pois as deflexões variam com a época do ano de acordo com a variação do clima quando este tem marcadas diferenças pluviométricas que interferem diretamente na elevação do nível freático e na umidade dos materiais. Medidas de deflexão tomadas fora de períodos considerados como críticos (chuvosos) deverão ser corrigidos de acordo com fatores regionais. A correção pode ser feita apenas na deflexão característica resultante, mantendo os valores individuais de deflexão sem correção. A deflexão de projeto é determinada após a correção da deflexão característica devido a fatores sazonais é feita através da seguinte fórmula:

$$D_P = D_C \times Fs$$

Onde:

D_P = deflexão de projeto, em 0,01 mm;

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

D_C = deflexão característica obtida na época do levantamento deflectométrico, em 0,01 mm;

Fs = fator de correção sazonal.

Fs - Fator de Correção Sazonal (valores sugeridos)		
Natureza do subleito	**Estação Seca**	**Estação Chuvosa**
Arenoso e permeável	1,10 – 1,30	1,00
Argiloso e sensível à umidade	1,20 – 1,40	1,00

Adotou-se Fs = 1,2.

O quadro a seguir apresenta os critérios para a avaliação estrutural segundo a normativa DNER-PRO 11/79 PROC. B

DNER-PRO 11/79 PROC. B					
Hipótese	**Dados obtidos**	**Qualidade Estrutural**	**Necessidade de estudos complementares**	**Critério para cálculo de reforço**	**Medidas corretivas**
I	Dp ≤ Dadm R ≥ 100	BOA	NÃO	-	Apenas correções de superfície
II	Dp > Dadm R ≥ 100	Se Dp ≤ 3 Dadm REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Reforço
		Se Dp > 3 Dadm MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou reconstrução
III	Dp ≤ Dadm R < 100	REGULAR PARA MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou reconstrução
IV	Dp > Dadm R < 100	MÁ	SIM	Resistência	Reforço ou reconstrução
V	-	MÁ O pavimento apresenta deformação permanente generalizada	SIM	Resistência	Reconstrução

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

6.2.2. Resultados

Verificar ANEXO II.

6.3. DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO ESTRUTURAL

6.3.1. Metodologia

O método adotado para o dimensionamento do reforço estrutural é o especificado pela DNER-PRO 11/79 - PROC. B.

A espessura do reforço do pavimento, em termos de concreto asfáltico, é determinada a partir da seguinte equação:

$$H_{CBUQ} = 40 \times \log (D_p \div D_{adm})$$

Onde:

H_{CBUQ}: espessura de recape em CBUQ, em cm;

D_p = deflexão de projeto, em 10^{-2} mm;

D_{adm} = deflexão admissível, em 10^{-2} mm.

A deflexão de projeto foi obtida a partir da análise estatística das deflexões levantadas em campo com a viga benkelman.

A deflexão admissível é a aquela que um pavimento pode apresentar para suportar uma carga de tráfego conhecida ou projetada antes de entrar na fase de fadiga. Para pavimentos flexíveis constituídos de concreto betuminoso executado sobre base granular, o valor admissível é dado pela seguinte expressão:

Norma Rodoviária	Equação de Fadiga
DNER-PRO 11/79 - PROC. B	log D = 3,01 - 0,176 x log N

Para pavimentos semi-rígidos, com base de solo-cimento ou base de brita graduada tratada com cimento, a deflexão admissível a ser adotada é a metade do valor obtido na expressão anterior, independente do tipo de revestimento.

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

6.3.2. Resultados

O reforço do pavimento é o aporte estrutural, constituído de uma ou mais camada betuminosas, a ser(em) sobreposta(s) a um pavimento existente, após devidamente executadas as correções superficiais necessárias, com a finalidade de torná-lo apto a cumprir um novo ciclo de vida. Pode, ainda, ter a função de rejuvenescimento da superfície de rolamento, aumentando a vida útil do pavimento, e garantindo maior conforto e segurança aos usuários das vias.

Nesse estudo, o reforço adotado é de natureza estrutural. Considerou-se a execução de um reperfilamento em CBUQ na Faixa F do DER-PR, espessura de 2,0 cm (variável), sobre o poliédrico e capa asfáltica existente, para fins de correção do greide, e recape em CBUQ na Faixa D do DER-PR, na espessura de 4,0 cm (via com revestimento em pedra irregular) e 3,0 cm (via com revestimento em CBUQ), conforme espessura indicada abaixo.

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO ESTRUTURAL - VIGA BENKELMAN (DNER PRO 11/79-B)

Trecho		Parâmetros do pavimento existente					Reforço Calculado (PRO 11/79-B)			Reforço Adotado	
Rua	Posição	Dc (0,01mm)	Período de análise (anos)	Np (USACE)	Dadm (0,01mm)	Qualidade estrututal	Critério p/ cálculo do reforço	Medidas corretivas PRO 11/79-B	h_{CBUQ} PRO 11/79-B (cm)	H_{CBUQ} Faixa F DER-PR (cm) reperfilagem	H_{CBUQ} Faixa D DER-PR (cm)
Rua 2 de Março	TRE-LD	129	10	1,49E+05	126	Regular	Deflectométrico	Reforço	0,4	**2,0**	**3,0**
Rua Ramiro Gonçalves	TRE-LD	140	10	1,49E+05	126	Regular	Deflectométrico	Reforço	1,9	**2,0**	**4,0**

hCBUQ = Espessura de reforço calculada (concreto asfáltico) (cm)
HCBUQ = Espessura de reforço adotada (concreto asfáltico) (cm)

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

7. ORIENTAÇÕES TÉCNICAS

7.1. Segmentos Reforço Estrutural (recape)

DER/PR ES-P 12/23 – REPARO SUPERFICIAL
DER/PR ES-P 21/23 – CONCRETO ASFÁLTICO
DER/PR ES-P 17/23 – PINTURAS ASFÁLTICAS

Os documentos acima podem ser acessados através do site:
http://www.der.pr.gov.br

- **Limpeza do pavimento e preparo da superfície**

Antes dos serviços de restauração, a superfície do pavimento a ser restaurada deverá apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais. A varredura deverá ser procedida através de vassoura mecânica ou equipamento similar, enquanto que a lavagem deverá ser efetuada por meio de caminhão pipa equipada de mangueira d'água de alta pressão.

Verificar pontualmente a necessidade de correções prévias antes da execução do reperfilamento (por exemplo: reacomodação e compactação da pedra irregular nos bordos, verificação das condições de drenagem nas laterais, tapa buracos, etc). Deverá, portanto, ser observado um preparo prévio e eventual correção da superfície existente antes da execução do reperfilamento.

- **Pintura de Ligação**
  Material: Emulsão Asfáltica de Ruptura Rápida

Tal serviço consiste na aplicação de material betuminoso sobre a superfície existente para promover aderência entre um revestimento betuminoso e a camada subjacente. O material utilizado será a emulsão asfáltica tipo RR-1C (ruptura rápida), e a sua taxa deverá ser obtida experimentalmente variando-se de 0,5 a 0,8 litros/m², acrescentando-se proporcionalmente água variando de 0,5 l/m² a 0,2 l/m², de forma que a taxa total de emulsão e água seja sempre igual a

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

1,0 l/m². Deve ser observado, após o tempo de cura requerido, normalmente de 4 a 6 horas, qual o teor total de emulsão e água que não provocou escorrimento do ligante para os bordos e formou uma película superficial consistente, sem excessos ou deficiências. O equipamento utilizado é o caminhão espargidor, salvo em locais de difícil acesso ou em pontos falhos que deverá ser utilizado o espargidor manual. Na execução do serviço deverá ser obedecida a especificação DER/PR ES-P 17/23.

- **CBUQ**
  Material: CAUQ Faixa "F" DER-PR (reperfilagem)
  Material: CAUQ Faixa "D" DER-PR (capa)

O revestimento deve ser de Concreto Asfáltico Usinado a Quente - CAUQ (DER-PR ES-P 21-23), Faixa F para reperfilagem, e Faixa D para capa asfáltica, conforme especificação do DER-PR.

Peneira de malha quadrada		Percentagem passando, em peso					
ABNT	Abertura, mm	Faixa A	Faixa B	Faixa C	Faixa D	Faixa E	Faixa F
1 ½"	38,1	100	100	–	–	–	–
1"	25,4	95 – 100	90 –100	100	–	–	–
¾"	19,1	80 –100	–	90 – 100	100	100	–
½"	12,7	–	56 – 80	–	80 – 100	90 – 100	–
⅜"	9,5	45 – 80	–	56 – 80	70 – 90	75 – 90	100
n.º 4	4,8	28 – 60	29 – 59	35 – 65	50 – 70	45 – 65	75 – 100
n.º 10	2,00	20 – 45	18 – 42	22 – 46	33 – 48	25 – 35	50 – 90
n.º 40	0,42	10 – 32	8 – 22	8 – 24	15 – 25	8 – 17	20 – 50
n.º 80	0,18	8 – 20	–	–	8 – 17	5 – 13	7 – 28
n.º 200	0,075	3 – 8	1 – 7	2 – 8	4 – 10	2 – 10	3 – 10
Utilização como		Ligação		Rolamento			Reperfilagem
Variação do teor de ligante		4,0 – 5,5		4,5 – 6,0			5,0 – 6,5
Espessura máx., cm		6,0		5,0			3,0

A mistura a ser aplicada deverá estar de acordo com o projeto de dosagem apresentado pela executante. Os equipamentos a serem utilizados para execução dos serviços são: vibro acabadora, que proporcione o espalhamento homogêneo e de maneira que se obtenha a espessura indicada, e os rolos de pneus e tandem liso, que proporcionem a compactação

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

desejada e uma superfície lisa e desempenada. Deverá ser observado o completo resfriamento do revestimento para abertura ao tráfego.

NOTA IMPORTANTE:

Controle Tecnológico

Deverá haver um controle tecnológico sistemático dos materiais e dos serviços de forma a garantir a qualidade da obra, de modo que todos os serviços deverão obedecer rigorosamente às especificações do DER-PR e/ou DNIT, que poderão ser obtidas, se necessárias, diretamente em seus respectivos sites.

8. TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente relatório que tem como objetivo apresentar ao departamento de Engenharia da Pref. de Guapirama - PR, o dimensionamento de reforço estrutural do pavimento da Rua 02 De Março e Rua Ramiro Gonçalves, apresenta 27 páginas, incluso os anexos a seguir.

Felipe H. Westphal
Eng. Civil
CREA PR-186228/D

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

ANEXO I – ESTUDOS DE TRÁFEGO

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

Cidade:	Guapirama - PR
Cliente:	Pref. Guapirama - PR
Trechos:	**Rua 02 de Março; Rua Ramiro Gonçalves**
Tráfego:	Leve

1. FEC - Fator de Equivalência de Carga

Foram consideradas três cargas para cada tipo de eixo: sem carga (vazio), carregado (carga legal) e carga com tolerância (excesso).

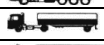
Eixos	Cargas (tf)			FC - USACE		
	Vazio	Carregado	Excesso	Vazio	Carregado	Excesso
Eixo simples (rodas simples)	3,0	6,0	6,60	0,017	0,278	0,408
Eixo simples (rodas duplas)	5,0	10,0	11,00	0,134	3,289	5,970
Eixo tandem duplo (rodas duplas)	6,0	17,0	18,70	0,080	8,549	14,418
Eixo tandem triplo (rodas duplas)	9,0	25,5	28,05	0,128	9,300	15,827

Eixos	Cargas (tf)			FC - AASHTO		
	Vazio	Carregado	Excesso	Vazio	Carregado	Excesso
Eixo simples (rodas simples)	3,0	6,0	6,60	0,016	0,327	0,494
Eixo simples (rodas duplas)	5,0	10,0	11,00	0,120	2,394	3,614
Eixo tandem suplo (rodas duplas)	6,0	17,0	18,70	0,022	1,642	2,437
Eixo tandem triplo (rodas duplas)	9,0	25,5	28,05	0,019	1,560	2,332

Excesso (Limite máximo) = +10,0%

2. Composição do Tráfego e Fator de Veículos (FV)

O fator de veículo (FV) foi calculado a partir da ponderação das possíveis ocorrências de porcentagens de veículos comerciais, considerando a seguinte hipótese: veículos vazios (0%), veículos com carga máxima legal (100%), e veículos com tolerância legal (0%).

COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO				FATOR DE VEÍCULOS - FV							
				USACE				AASHTO			
Classe DNIT	Tipo	TMDA ano 2025	Dist. (%)	Vazio 0%	Carreg. 100%	Exc. 0%	FV por classe	Vazio 0%	Carreg. 100%	Exc. 0%	FV por classe
-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2CB		2	7,4%	0,30	0,74	3,57	0,05	0,28	0,75	2,72	0,06
2CC		10	37,0%	0,03	0,56	0,82	0,21	0,03	0,65	0,99	0,24
2C		13	48,1%	0,15	3,57	6,38	1,72	0,14	2,72	4,11	1,31
3C		2	7,4%	0,10	8,83	14,83	0,65	0,04	1,97	2,93	0,15
4C		0	0,0%	0,14	9,58	16,23	0,00	0,04	1,89	2,83	0,00
2S1		0	0,0%	0,28	6,86	12,35	0,00	0,26	5,12	7,72	0,00
2S2		0	0,0%	0,23	12,12	20,80	0,00	0,16	4,36	6,55	0,00
2S3		0	0,0%	0,28	12,87	22,21	0,00	0,16	4,28	6,44	0,00
3S2		0	0,0%	0,18	17,38	29,24	0,00	0,06	3,61	5,37	0,00
3S3		0	0,0%	0,23	18,13	30,65	0,00	0,06	3,53	5,26	0,00
2C2		0	0,0%	0,42	10,15	18,32	0,00	0,38	7,51	11,34	0,00
2C3		0	0,0%	0,36	15,41	26,77	0,00	0,28	6,76	10,16	0,00
3C2		0	0,0%	0,36	15,41	26,77	0,00	0,28	6,76	10,16	0,00
3C3		0	0,0%	0,31	20,66	35,21	0,00	0,18	6,01	8,98	0,00
3D4		0	0,0%	0,26	25,92	43,66	0,00	0,08	5,25	7,80	0,00
Veículos Comerciais =		**27**	**100,0%**			**FV - USACE**	**2,63**			**FV - AASHTO**	**1,75**

3. Determinação do Número "N"

Cálculo do número equivalente de operações de eixo simples padrão, durante o período de projeto (ESRD; 8,2tf = 18.000lbs = 80KN), considerando uma taxa de crescimento de 3,0% ao ano em progressão aritmética:

N = 365 x VMDA x FP x P x FV x FR

Onde:
N = Número equivalente de operações de eixo padrão
VMDA = Volume médio diário anual
P = Período de projeto (P = 10 anos)
FV = Fator de veículos
FR = Fator climático regional (FR = 1,0)
FP = Fator pista (FP = 0,5 p/ duas faixas simples)

Cálculo e Projeção do Número "N"

Cliente: Pref. Guapirama - PR

Trechos: Rua 02 de Março; Rua Ramiro Gonçalves

ANO	Volumes de Tráfego			FV		Valores do Número "N"			
	Diário (Taxa = 3,0%)	FP = 0,5	Anual (TMDA)	USACE	AASHTO	USACE		AASHTO	
	VMDA	VMDA x 0,5	VMDA x 365	Fv_{Total}	Fv_{Total}	N_{ano}	N_{acum}	N_{ano}	N_{acum}
2026	27	14	4.928	2,63	1,75	1,30E+04	1,30E+04	8,64E+03	8,64E+03
2027	28	14	5.075	2,63	1,75	1,34E+04	2,63E+04	8,90E+03	1,75E+04
2028	29	14	5.228	2,63	1,75	1,38E+04	4,01E+04	9,17E+03	2,67E+04
2029	30	15	5.384	2,63	1,75	1,42E+04	5,43E+04	9,45E+03	3,62E+04
2030	30	15	5.546	2,63	1,75	1,46E+04	6,89E+04	9,73E+03	4,59E+04
2031	31	16	5.712	2,63	1,75	1,50E+04	8,39E+04	1,00E+04	5,59E+04
2032	32	16	5.884	2,63	1,75	1,55E+04	9,94E+04	1,03E+04	6,62E+04
2033	33	17	6.060	2,63	1,75	1,59E+04	1,15E+05	1,06E+04	7,69E+04
2034	34	17	6.242	2,63	1,75	1,64E+04	1,32E+05	1,10E+04	8,78E+04
2035	35	18	6.429	2,63	1,75	1,69E+04	1,49E+05	1,13E+04	9,91E+04
						N_{USACE}	**1,49E+05**	**N_{AASHTO}**	**9,91E+04**

ANEXO II – ENSAIO DE DEFLEXÃO

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

DETERMINAÇÃO DAS DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS
VIGA BENKELMAN - DNIT 133/2010-ME

Cidade:	Guapirama - PR	**Viga Benkelman VB-01 (k = 2,002):** Calibração RBC Nº 17108	
Cliente:	Pref. Guapirama - PR	**Carga / Eixo Tras.:** 8,2 tf	
Trecho:	**Rua 02 de Março**	**Rodagem dos pneus:** 1000 x 20 - 12 lonas	
Sub-trecho:	-	**Pressão interna:** 550 kPa (80 psi)	**Data:** 10/10/2025

DETERMINAÇÃO DAS DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS

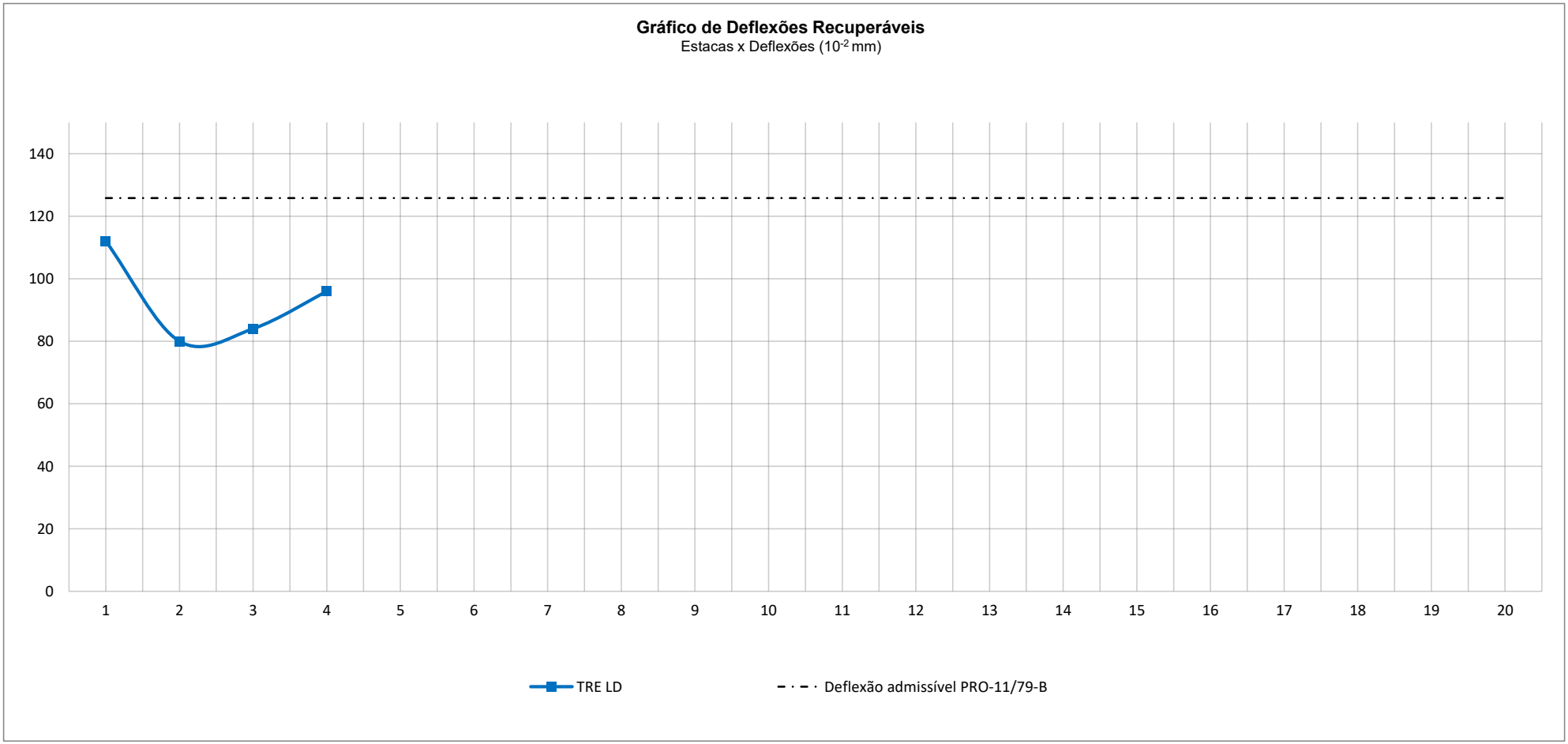
TRE LD - LADO DIREITO							**TRE LE - LADO ESQUERDO**							**Observações**
Est.	**Leituras** (10^{-2}mm)			**Deflexões** (10^{-2}mm)		**Raio** (m)	**Est.**	**Leituras** (10^{-2}mm)			**Deflexões** (10^{-2}mm)		**Raio** (m)	Análise visual e descrição expedita de defeitos e observações diversas
	Inicial	**Int.**	**Final**					**Inicial**	**Int.**	**Final**				
	L_0	**L_{25}**	**L_f**	**D_0**	**D_{25}**			**L_0**	**L_{25}**	**L_f**	**D_0**	**D_{25}**		
1	500	488	444	112	88	130,2								
2	500		460	80										
3	500		458	84										
4	500		452	96										

Rua 02 de Março
TRE LD - LADO DIREITO

1 - Raio (m) - média	130,2
2 - D_0 - média	93,0
3 - σ - desvio padrão	14,4
4 - CV - coef. de variação	15,5
5 - Limite inferior	57
6 - Limite superior	129
7 - D_c - deflexão caract.	107
8 - Fator Sazonal	1,2
9 - D_p - deflexão de projeto	**129**

DETERMINAÇÃO DAS DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS
VIGA BENKELMAN - DNIT 133/2010-ME

Cidade:	Guapirama - PR	**Viga Benkelman VB-01 (k = 2,000):** Calibração RBC Nº 17108	
Cliente:	Pref. Guapirama - PR	**Carga / Eixo Tras.:** 8,2 tf	
Trecho:	**Rua 02 de Março**	**Rodagem dos pneus:** 1000 x 20 - 12 lonas	
Sub-trecho:	-	**Pressão interna:** 550 kPa (80 psi)	**Data:** 10/10/2025



ATP - Engenharia Viária
Assessoria Técnica em Pavimentação Ltda / CNPJ - 04385896/0001-25
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

Cidade:	Guapirama - PR	**Viga Benkelman VB-01 (k = 2,002):** Calibração RBC Nº 17108	
Cliente:	Pref. Guapirama - PR	**Carga / Eixo Tras.:** 8,2 tf	
Trecho:	**Rua Ramiro Gonçalves**	**Rodagem dos pneus:** 1000 x 20 - 12 lonas	
Sub-trecho:	-	**Pressão interna:** 550 kPa (80 psi)	**Data:** 10/10/2025

DETERMINAÇÃO DAS DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS

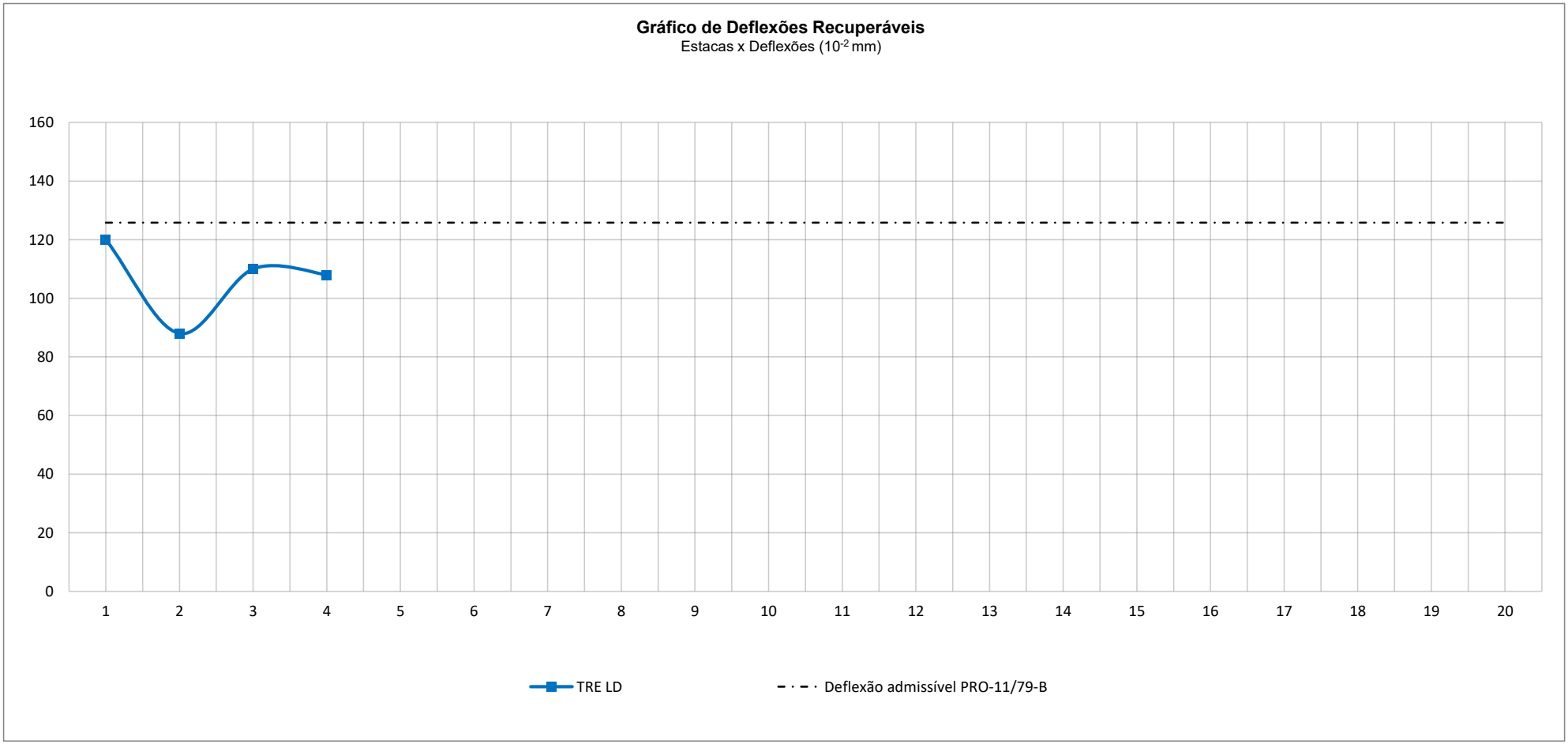
TRE LD - LADO DIREITO							TRE LE - LADO ESQUERDO							Observações
Est.	Leituras (10^{-2}mm)			Deflexões (10^{-2}mm)		Raio (m)	Est.	Leituras (10^{-2}mm)			Deflexões (10^{-2}mm)		Raio (m)	Análise visual e descrição expedita de defeitos e observações diversas
	Inicial	Int.	Final					Inicial	Int.	Final				
	L_0	L_{25}	L_f	D_0	D_{25}			L_0	L_{25}	L_f	D_0	D_{25}		
1	500		440	120										
2	500		456	88										
3	500		445	110										
4	500		446	108										
5	500		453	94										

Rua Ramiro Gonçalves
TRE LD - LADO DIREITO

1 - Raio (m) - média	
2 - D_0 - média	104,0
3 - σ - desvio padrão	12,9
4 - CV - coef. de variação	12,4
5 - Limite inferior	72
6 - Limite superior	136
7 - D_c - deflexão caract.	117
8 - Fator Sazonal	1,2
9 - D_p - deflexão de projeto	**140**

DETERMINAÇÃO DAS DEFLEXÕES RECUPERÁVEIS
VIGA BENKELMAN - DNIT 133/2010-ME

Cidade:	Guapirama - PR	**Viga Benkelman VB-01 (k = 2,000):** Calibração RBC Nº 17108		
Cliente:	Pref. Guapirama - PR	**Carga / Eixo Tras.:** 8,2 tf		
Trecho:	**Rua Ramiro Gonçalves**	**Rodagem dos pneus:** 1000 x 20 - 12 lonas		
Sub-trecho:	-	**Pressão interna:** 550 kPa (80 psi)	**Data:**	10/10/2025



ATP - Engenharia Viária
Assessoria Técnica em Pavimentação Ltda / CNPJ - 04385896/0001-25
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

ANEXO III – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com

ENSAIO DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)













ATP - ENGENHARIA VIÁRIA
Rua Monte Carlo nº 55, Jd. Igapó, CEP 86046-340, Londrina - PR
Tel: (43) 99925-8240 / E-mail: atplondrina@gmail.com