PREFEITURA DE CANOAS

Prefeitura Municipal de Canoas

Secretaria Municipal de Obras

ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO, SUPERVISÃO E GERENCIAMENTO DE OBRAS, PARA O PLANO DE MOBILIDADE URBANA DO MUNICÍPIO DE CANOAS/RS

Julho/2020

VOLUME 1 – RELATÓRIO DE PROJETO

Local:
Canoas/RS

Rua:
Av. Rio grande do Sul

Trecho:
Entre a Rua Pelotas e BR-116

Extensão:
1,246 km

ste SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO 004

2. MAPA DE SITUAÇÃO 006

PARTE I – ESTUDO

A – ESTUDO DE TRÁFEGO 009

B – ESTUDO TOPOGRÁFICO 017

C – ESTUDOS GEOTÉCNICOS 030

D – ESTUDOS HIDROLÓGICOS 052

PARTE II – PROJETOS

A – PROJETO GEOMÉTRICO 059

B – PROJETO DE TERRAPLENAGEM 064

C – PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO E RESTAURAÇÃO 069

D – PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL 130

E – PROJETO DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA 148

F – PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES 161

G – PROJETO DE PAISAGISMO 212

PARTE III – ORÇAMENTO

A – METODOLOGIA 216

B – ORÇAMENTO E CRONOGRAMA 220

C – COMPOSIÇÕES NOVAS 231

D – COTAÇÕES 241

E – PLANO DE EXECUÇÃO 258

1. APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento, denominado **Volume 1 – Relatório de Projeto**, é parte integrante da Elaboração de Projetos Executivos, Supervisão e Gerenciamentos de Obras, para o Plano de Mobilidade Urbana do município de Canoas/RS.

O Volume apresenta a descrição dos serviços realizados, metodologias adotadas e os resultados obtidos para Av. Rio Grande do Sul no trecho entre a Rua Pelotas e a BR-116, em uma extensão de 1.245,74 metros.

1.1. Dados do contrato

Elaboração de Projetos Executivos, Supervisão e Gerenciamentos de Obras, para o Plano de Mobilidade Urbana, contrato celebrado com a Prefeitura Municipal de Canoas/RS.

Os dados básicos relativos ao contrato são:

- Número do Contrato: 536/2019;
- Data da assinatura do contrato: 20/12/2019;
- Objeto do contrato: Elaboração de projetos executivos, supervisão e gerenciamento de obras, para o Plano de Mobilidade Urbana.

1.2. Identificação dos trecho projetados

De acordo com o Termo de Referência, o estudo será composto por 03 (três) grandes avenidas, de forma a otimizar o transporte coletivo de uma fatia significativa da população.

As avenidas possuem uma extensão total de 12,4 km distribuídos da seguinte forma:

- Av. 17 de Abril: 2,4 km;
- Av. Boqueirão: 5,0 km;
- Av. Rio grande do Sul: 5,0 km.

2. MAPA DE SITUAÇÃO

PARANÁ

PARAGUAI

SANTA CATARINA

ARGENTINA

URUGUAI

OCEANO ATLÂNTICO

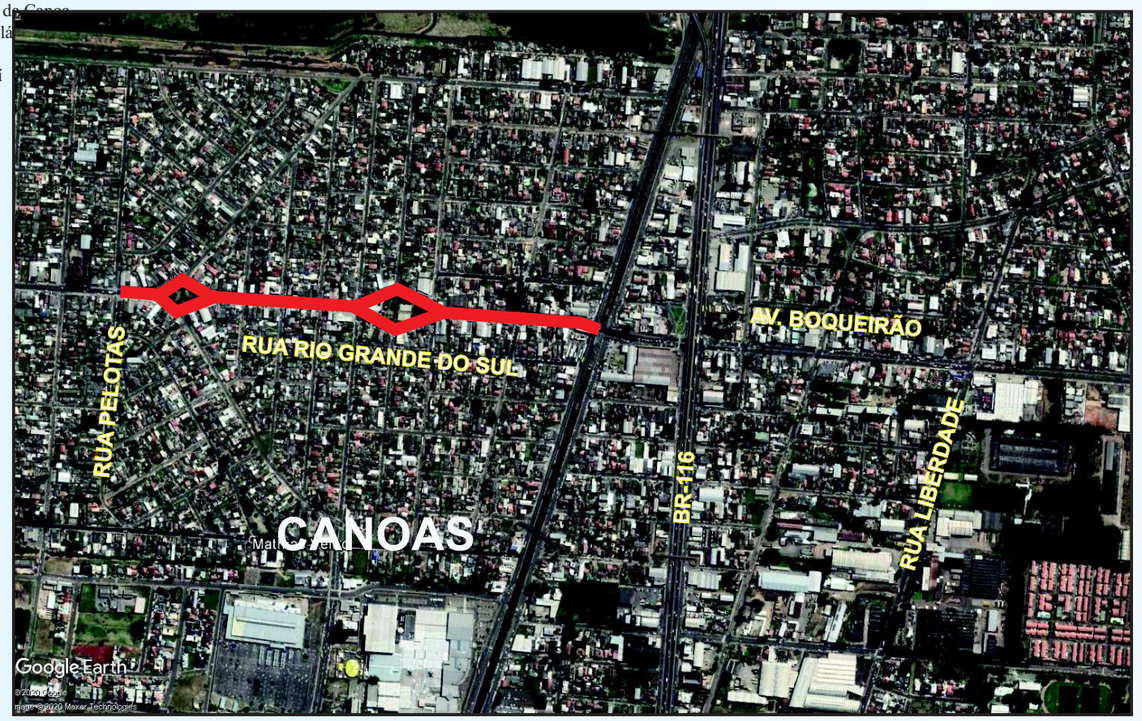
N

Rio Uruguai
Rio Pelotas
Rio Ijuí
Rio Piratini
Rio Jacuí
Rio das Antas
Rio Caí
Rio Ibicuí
Rio Jaguari
Rio Vacacaí
Rio Quaraí
Rio Santa Maria
Rio Camaquã
Rio Jaguarão
Rio Gravataí

BR - 386
BR - 153
BR - 285
BR - 392
BR - 158
BR - 287
BR - 472
BR - 290
BR - 116
BR - 471
BR - 302
BR - 101

RS-324
RS-441

Erechim
Santo Expedito do Sul
Lagoa Vermelha
Passo Fundo
Santo Angelo
São Borja
Nova Prata
Guaporé
Caxias do Sul
Tainhas
Lajeado
Garibaldi
Estrela
Linha Brasil
Venâncio Aires
Taquara
Canoas
Cachoeira do Sul
PORTO ALEGRE
Guaíba
Pantano Grande
Santa Maria
Uruguaiana
Santana do Livramento
Camaquã
Cristal
Bagé
Pelotas
Rio Grande
Jaguarão
Chuí
Itati
Torres
Terra de Areia
Arroio do Sal
Capão da Canoa
Xangri-lá
Imbé
Tramandaí



LEGENDA:

- Rodovias do Projeto Piloto
- Rodovias
- Rios
- Lote
- Cidades
- Aeroportos
- Portos

FONTE: IBGE, Diretoria de Geociências, Departamento de Cartografia, Mapa da Série Brasil - Geográfico, escala 1:5.000.000, versão 1997

TRECHO PROJETADO

PROJETADO POR: ste SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS

ESCALA: S./Esc.

LOCAL : AV. RIO GRANDE DO SUL
SEGMENTO :RUA PELOTAS - BR-116

DATA: JUL./2020

MAPA DE SITUAÇÃO

FOLHA: DV-01

PARTE I - ESTUDOS

A – ESTUDO DE TRÁFEGO

A. ESTUDOS DE TRÁFEGO

Os Estudos de Tráfego têm por objetivos a obtenção de uma estimativa do volume de tráfego no trecho da Avenida Rio Grande do Sul, localizada na cidade de Canoas, RS, através de um ponto de contagem de Tráfego, bem como de determinar a solicitação do pavimento (Número N).

1. Metodologia de estudo

Para tal estudo, utilizou-se como base o Plano de Mobilidade Urbana do Município de Canoas – Execução das Pesquisas de Campo, conforme previsto no Termo de Referência do Edital 352/2018, Concorrência Pública nº 23/2018, processo MVP nº 44.353 de 2018.

Segundo o Plano de Mobilidade descrito acima, foram localizados 30 pontos de Pesquisa da Contagem Classificada de Veículos. Para o estudo em questão, usou-se o Ponto 30, localizado no cruzamento da Avenida Rio Grande do Sul com a Rua Amazonas, no bairro Mathias Velho, em Canoas. Tal ponto é demonstrado na Figura a seguir, retirada do Google Maps:

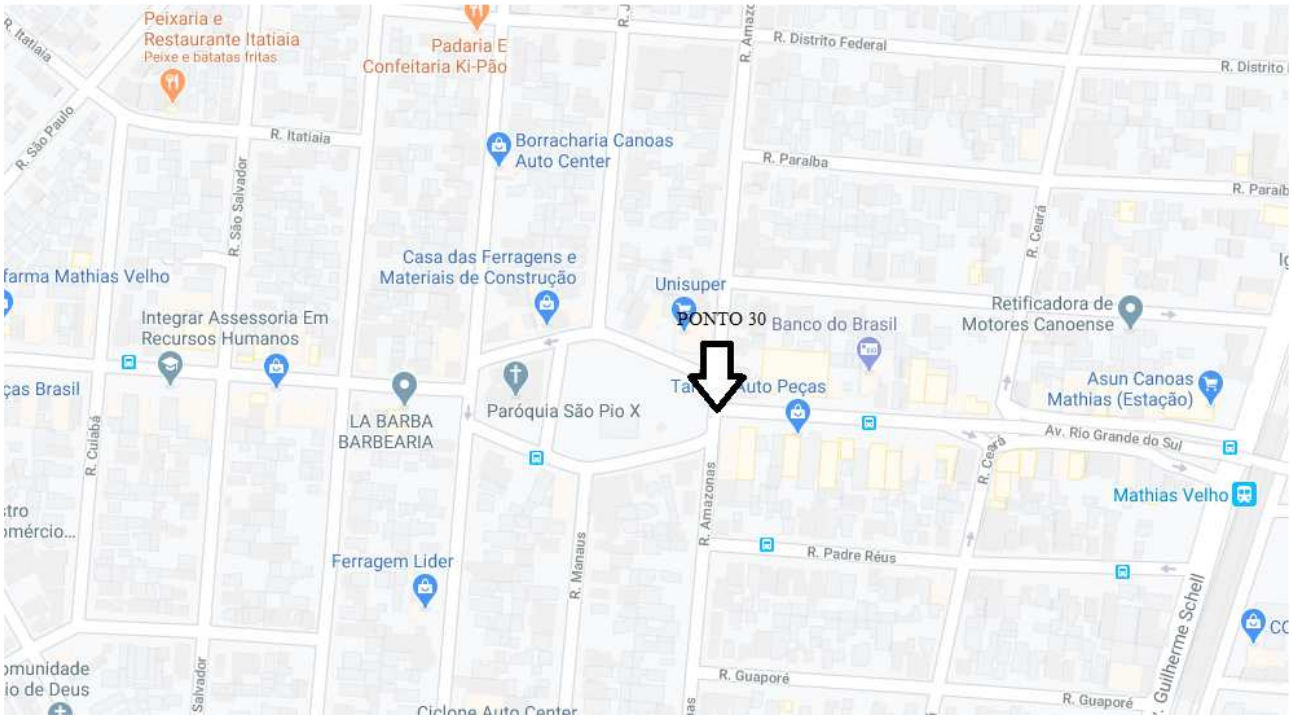


Figura 1- Mapa de Localização do Ponto de Pesquisa 30

Para o sentido Leste – Oeste considerou-se os movimentos H e J, enquanto para o sentido Oeste – Leste os movimentos A e B. Conforme apresentado nas Figura 2 e 3 a seguir.

Figura 2- Movimentos Registrados no Ponto de Pesquisa 30, Sentido Leste - Oeste

Figura 3- Movimentos Registrados no Ponto de Pesquisa 30, Sentido Oeste - Leste

2. Volume de Tráfego

Tendo como base as informações coletadas no Ponto de Pesquisa 30 com sua devida projeção de tráfego para o ano vigente, necessitou-se realizar uma nova contagem, na mesma localização, em um dia útil, para verificação da classificação segundo suas seis principais classes de veículos, conforme o Quadro 3.

Classe	Descrição
Passeio	2 eixos: automóveis, caminhonete e furgão; 3 eixos: automóveis, caminhonete e furgão com semi-reboque; e 4 eixos: automóveis, caminhonete e furgão com semi-reboque.
Coletivo	2 eixos: ônibus e micro-ônibus; e 3 eixos: ônibus.
Carga Leve	2 eixos: caminhão com capacidade de carga **inferior** a aproximadamente 5t.
Carga Média	2 a 3 eixos: caminhão com capacidade de carga **igual ou superior** a aproximadamente 5t.
Carga Pesada	3 eixos: caminhão, caminhão trator ou caminhão trator com semi-reboque.
Carga Ultrapesado	4 ou mais eixos: caminhão com reboque ou caminhão–trator com semi-reboque.
Outros	motocicletas, tração mecânica, tração animal e bicicleta.

Quadro 3: Descrição dos veículos que compõe as classes veiculares

Tal contagem de verificação foi realizada no dia 19/03/2020, quinta-feira, das 11 horas às 14 horas, sendo os resultados, em porcentagem, apresentados a seguir.

Leves	Medios	Pesados	Ultra-pesados	Total
91%	7%	1%	1%	100%

Quadro 4: Porcentagem de caminhões devido às classes veiculares

Desta forma, produziu-se o VDMa utilizando a equação a seguir:

$$VMDa = \frac{Vhp}{K50}$$

Considerando:

VMDa: Volume Diário Médio Anual

Vhp: Volume da Hora Pico

K50: Coeficiente da Quinquagésima hora (Tabela 1)

Região	Fator K		Nº de postos
	K30	K50	
Norte	8,2%	8,0%	3
Nordeste	9,0%	8,5%	42
Centro	9,0%	8,6%	29
Sudeste	9,3%	8,8%	73
Sul	9,6%	9,1%	55
Media Ponderada	**9,3%**	**8,8%**	**202**

Tabela 1: Fatores K nas Rodovias Rurais

Conforme observa-se na Tabela 1, extraída do manual de estudo de tráfego do DNIT (2006), para a região Sul o Coeficiente da Quinquagésima hora (K50) adotado é de 9,1%. Visto que os critérios utilizados para Rodovias Rurais se aplicam também para Vias Urbanas, segundo o manual.

Contagem									
Categoria	Passeio	Coletivo	Carga						Total
	Leves	2C	2C	3C	2S1	2S2	3S1	3D4	
VDMa	19973	989	1620	125	9	9	9	9	22742
%	87.8%	4.3%	7.1%	0.5%	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%	100.0%
Meia Pista	9986	495	810	62	4	4	4	4	11371

Quadro 5: VDM para Avenida Rio Grande do Sul

3. Cálculo dos Fatores de Veículos

Utilizando os resultados do VDM foram calculados os fatores de veículos, conforme mostra as Tabelas 2 e 3 na sequência, calculadas de acordo com as metodologias da USACE e da AASHTO.

VEÍCULOS		Ônibus	Caminhões					
		2C	2C	3C	2S1	2S2	3S1	3D4
EIXO		Composição dos veículos						
ES-RS		1	1	1	1	1	1	1
ES-RD		1	1		2	1		
ETD-RD				1		1	2	3
ETT								
EIXO	TARA (tf)	Veículos vazios AASHTO						
ES-RS	2.9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ES-RD	3	0.01	0.01		0.03	0.01		
ETD-RD	5.3			0.01		0.01	0.03	0.04
ETT	6.7							
EIXO	PBT_{LB} (tf)	Veículos carregados AASHTO						
ES-RS	6.60	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
ES-RD	11.00	3.61	3.61		7.23	3.61		
ETD-RD	18.70			2.44		2.44	4.87	7.31
ETT	28.05							
Carregamento		FV AASHTO						
%	90.0%	**3.72**	**3.72**	**2.67**	**6.99**	**5.93**	**4.87**	**7.08**
VMDa comercial 2019	Total	FV - FROTA						
	2.769	989	1620	125	9	9	9	9
FVUSACE* VMDa	10.272	3.684	6.034	332	62	53	43	63
FV AASHTO	**3.71**							

Tabela 2: Cálculo do Fator de Veículo AASHTO

VEÍCULOS		Ônibus	Caminhões					
		2C	2C	3C	2S1	2S2	3S1	3D4
EIXO		Composição dos veículos						
ES-RS		1	1	1	1	1	1	1
ES-RD		1	1		2	1		
ETD-RD				1		1	2	3
ETT								
EIXO	TARA (tf)	Veículos vazios USACE						
ES-RS	2,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ES-RD	3	0,02	0,02		0,03	0,02		
ETD-RD	5,3			0,05		0,05	0,10	0,16
ETT	6,7							
EIXO	PBT_{LB} (tf)	Veículos carregados USACE						
ES-RS	6,60	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
ES-RD	11,00	5,97	5,97		11,94	5,97		
ETD-RD	18,70			14,42		14,42	28,84	43,25
ETT	28,05							
Carregamento		FV USACE						
%	90,0%	**5,77**	**5,77**	**13,41**	**11,16**	**18,80**	**26,44**	**39,47**
VMDa comercial 2019	Total	FV - FROTA						
	2.769	989	1620	125	9	9	9	9
FVUSACE* VMDa	17.584	5.709	9.351	1.671	99	167	235	351
FV USACE	**6,35**							

Tabela 3: Cálculo do Fator de Veículo USACE

4. Estabelecimento do Número N para projeto

De posse dos fatores de veículos individuais foi possível determinar o número N de solicitações para fins de dimensionamento da estrutura dos pavimentos novos.

A quantidade de passagens do eixo padrão, ou número “N”, foi calculado como na equação a seguir.

$$N = \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{10} (365.VMD_{k-i}).FV_k.FF.FR$$

onde:

k = categoria de veículos pesados;

i = anos de vida útil;

VDMk-i = volume médio diário de tráfego da categoria k, no ano i;

FVk = fator de veículos para a categoria k;

FF = fator de faixa;

FR = fator climático regional.

O valor do fator climático regional (FR) foi tomado igual à unidade, conforme recomenda o Método de Projeto do DNER.

A partir das considerações adotadas, dos fatores de veículos calculados e dos volumes de tráfego determinados para o trecho, obteve-se o número N para cada metodologia (USACE e AASHTO). Os cálculos efetuados estão na planilha das Tabelas 4 e 5.

Aplicações do Eixo Padrão - N						
ANO	VDMa			AASHTO		Observação
	Coletivos	Carga	Total	Ano	Acum.	
2019	989	1780	2.769	2,11E+06		Contagem
2020	1009	1834	2.842	2,16E+06		
2021	1029	1889	2.918	2,22E+06	2,22E+06	Abertura ao tráfego
2022	1050	1945	2.995	2,28E+06	4,50E+06	
2023	1071	2004	3.074	2,34E+06	6,84E+06	
2024	1092	2064	3.156	2,40E+06	9,24E+06	
2025	1114	2126	3.239	2,47E+06	1,17E+07	
2026	1136	2189	3.326	2,53E+06	1,42E+07	
2027	1159	2255	3.414	2,60E+06	1,68E+07	
2028	1182	2323	3.505	2,67E+06	1,95E+07	
2029	1206	2392	3.598	2,74E+06	2,22E+07	
2030	1230	2464	3.694	2,81E+06	2,51E+07	

Tabela 4: Cálculo do Número N AASHTO

Aplicações do Eixo Padrão - N						
ANO	VDMa			USACE		Observação
	Coletivos	Carga	Total	Ano	Acum.	
2019	989	1780	2.769	3,61E+06		Contagem
2020	1009	1834	2.842	3,70E+06		
2021	1029	1889	2.918	3,80E+06	3,80E+06	Abertura ao tráfego
2022	1050	1945	2.995	3,90E+06	7,70E+06	
2023	1071	2004	3.074	4,01E+06	1,17E+07	
2024	1092	2064	3.156	4,11E+06	1,58E+07	
2025	1114	2126	3.239	4,22E+06	2,00E+07	
2026	1136	2189	3.326	4,33E+06	2,44E+07	
2027	1159	2255	3.414	4,45E+06	2,88E+07	
2028	1182	2323	3.505	4,57E+06	3,34E+07	
2029	1206	2392	3.598	4,69E+06	3,81E+07	
2030	1230	2464	3.694	4,81E+06	4,29E+07	

Tabela 5: Cálculo do Número N USACE

De maneira resumida, a quantidade de passagens do eixo padrão de 8,2 toneladas é:

- $N_{USACE} = 4,29 \times 10^7$ e
- $N_{AASHTO} = 2,51 \times 10^7$.

B – ESTUDO TOPOGRÁFICO

B. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

O levantamento topográfico seguiu as recomendações das instruções de serviço vigente no DNIT. O objetivo foi a obtenção das coordenadas dos elementos existentes ao longo do segmento, onde será elaborado os projetos. O levantamento previu a implantação dos marcos de apoio e o levantamento planialtimétrico cadastral, permitindo a elaboração de um Modelo Digital do Terreno (MDT).

Para a execução dos projetos foram necessários levantamentos topográficos tradicionais e complementares, devido à grande ocupação predial. A metodologia adotada para os levantamentos, são apresentadas a seguir.

1. Período de Execução

Os trabalhos de campo foram realizados no período de 21/01/2020 a 02/03/2020.

2. Localização

O início do trecho é na interseção da Av. Rio Grande com a Rua Pelotas e o final na Av. Boqueirão com a rua Liberdade, conforme apresentado na Fig. 1.

Figura 1- Mapa de Localização

3. Sistema Geodésico de Referência

Um Sistema Geodésico de Referência (SGR) é um sistema de coordenadas associado a algumas características terrestres. Segundo literaturas atuais os SGRs podem ser classificados em moderno ou clássico.

Os SGRs clássicos necessitam normalmente de um datum horizontal (referência planimétrica) e outro vertical (referência altimétrica).

Para este trabalho foi utilizado o seguinte sistema de referência:

- Sistema de Coordenadas: UTM Sirgas 2000
- Modelo Geoidal: IBGE – Marégrafo de Imbituba (SC)
- Elipsoide: SIRGAS 2000
- Meridiano Central: 51 Wgr
- Fuso: 22S
- Hemisfério: Sul

Para a determinação de posição precisa sobre a superfície terrestre foram implantados 2 marcos de apoio geodésico topográficos, com chapa de identificação. A base cartográfica dos levantamentos, foram feitas baseadas nos marcos implantados e processados pelo IBGE através do Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) e são apresentados nos Quadros 1 e 2.

MONOGRAFIA DE MARCOS GEODÉSICOS

Marco Nº	Local	Datum		Equipamento Utilizado	
1RGS	Praça Thiago Wurth	SIRGAS 2000		Marca:	Carlson
				Modelo:	Brx6 GNSS
Estação	**Município/UF**	**MC**	**Fuso**	**Altura da Antena**	
1RGS	Canoas/RS	-51	22S	1,46 m	
Data	**Início do Ratreio**	**Fim do Ratreio**		**Tempo de Ratreio**	
21-jan-20	14:14:55	20:15:50		06:00:55	

COORDENADAS DOS VÉRTICES

Coordenadas Geodésicas		Coordenadas UTM		Plano Topográfico Local	
Latitude (ϕ):	29° 54' 10,44"	**Norte (Y):**	6.691.959,105	**Norte (Y):**	1.690.651,906
Longitude (λ):	-51° 11' 19,84"	**Este (X):**	481.768,540	**Este (X):**	181.761,336
Altura Geométrica:	7,390	**MC:**	-51		
Altitude Ortométrica:	2,540				
Ondulação Geoidal:	4,85				

IMAGEM

FOTO DO MARCO

CROQUI

Descrição do Itinerário e da Estação:

Marco de Concreto no formato retangular, com dimensões de 10x25x50, enterrados a 45 cm, contendo chapa de alumínio no topo

Origem do Plano Topográfico:		Teve Como Base a Coordenada UTM do Marco:			1RGS
N =	6.691.959,105	**E =**	481.768,540	**Cota =**	2,540

Operador	Processamento	Revisão
Darcy Antônio Ruraro	Relatório do IBGE (PPP)	

Legenda: CM = Convergência Meridiana, MC = Meridiano Central, PPP = Posicionamento por Ponto Preciso

Quadro 1- Monografia 1RGS

MONOGRAFIA DE MARCOS GEODÉSICOS

Marco Nº	Local	Datum		Equipamento Utilizado	
4B	Av. Boqueirão com Rua Liberdade	SIRGAS 2000		Marca:	Carlson
				Modelo:	Brx6 GNSS
Estação	**Município/UF**	**MC**	**Fuso**	**Altura da Antena**	
4B	Canoas/RS	-51	22S	1,622 m	
Data	**Início do Ratreio**	**Fim do Ratreio**		**Tempo de Ratreio**	
21-jan-20	14:37:00	20:41:57		06:04:57	

COORDENADAS DOS VÉRTICES

Coordenadas Geodésicas		Coordenadas UTM		Plano Topográfico Local	
Latitude (ϕ):	29° 54' 15,47"	**Norte (Y):**	6.691.807,180	**Norte (Y):**	1.690.499,921
Longitude (λ):	-51° 10' 13,15"	**Este (X):**	483.557,252	**Este (X):**	183.550,755
Altura Geométrica:	29,150	**MC:**	-51		
Altitude Ortométrica:	24,320				
Ondulação Geoidal:	4,83				

IMAGEM

FOTO DO MARCO	CROQUI

Descrição do Itinerário e da Estação:

Marco de Concreto no formato retangular, com dimensões de 10x25x50, enterrados a 45 cm, contendo chapa de alumínio no topo

Origem do Plano Topográfico:		Teve Como Base a Coordenada UTM do Marco:			4B
N =	6.691.807,180	**E =**	483.557,252	**Cota =**	24,320

Operador	Processamento	Revisão
Darcy Antônio Ruraro	Relatório do IBGE (PPP)	

Legenda: CM = Convergência Meridiana, MC = Meridiano Central, PPP = Posicionamento por Ponto Preciso

Quadro 2- Monografia M4B

4. Levantamento Topográfico Tradicional

Os serviços de campo para os Estudos Topográficos objetivaram a reprodução no escritório da situação existente e a obtenção de todos os elementos necessários à execução do projeto. Consistiram no desenvolvimento das seguintes tarefas:

- Amarração dos levantamentos através dos marcos de concreto (Quadros 1 e 2), convenientemente localizados, protegidos e identificados, com coordenadas dos vértices determinadas por sistema de georeferenciamento com coordenadas verdadeiras;
- Implantação de referências de nível através de marcos geodésicos, apoio e alvos;
- Ibtenção das de seções transversais em todas as estacas do eixo locado até os limites prediais existente e;
- Levantamento do mobiliário urbano: postes, árvores, lixeiras, abrigo de parada de ônibus, meio-fios, passeios, limites prediais, viadutos, passarelas, redes pluviais, etc.

A seguir, apresentamos na Tab. 1 com a relação dos vértices implantados (geodésicos e de apoio) ao longo da rodovia, conforme NBR-13.133, coordenadas topográficas UTM-51 - SIRGAS 2000.

TIPO	IDENTIFICAÇÃO	COORDENADAS UTM SIRGAS2000		
		X	Y	Z
Marco Geodésico	1RGS	481.768,5400	6.691.959,1050	2,5400
Marco Geodésico	4B	483.557,2520	6.691.807,1800	24,3200
Marco Geodésico	045,056 CORSAN	481.798,5783	6.691.974,1726	2,6036
Ponto Apoio	AUX M1 B	481.667,1282	6.691.973,3886	2,3445
Ponto Apoio	AUX M1 A	481.892,3037	6.691.957,3021	2,6879
Marco Geodésico	2RGS	482.281,6544	6.691.930,0282	3,1632
Ponto Apoio	AUX M2 A	482.233,6837	6.691.907,5942	2,7106
Ponto Apoio	AUX M2 B	482.409,2665	6.691.915,5905	3,1329
Ponto Apoio	AUX M4 B	483.645,4599	6.691.789,5306	21,7990
Ponto Apoio	AUX M4 A	483.435,1753	6.691.828,2780	21,6567
Ponto Apoio	AUX M3 A	482.967,0795	6.691.864,7870	10,8677
Marco Geodésico	3B	483.046,9558	6.691.848,2743	14,4569
Ponto Apoio	AUX M3 B	483.155,5669	6.691.828,9387	17,8515
Ponto Apoio	AUX M2 B	482.409,2665	6.691.915,5905	3,1330

Tabela 1- Marcos Geodésicos e de apoio

5. Levantamento Topográfico Complementar

Para realizar a complementação da topografia, foi realizado o levantamento aerofotogramétrico através de veículo aéreo não tripulado.

A utilização de VANTs tem se mostrado uma excelente solução na geração de produtos topográficos, já que dispõe de uma maior flexibilidade, menor custo operacional e maior número de detalhes que a topografia tradicional.

O objetivo desse relatório é apresentar informações, características dos equipamentos e metodologias utilizadas no planejamento do voo, apoio de campo e produtos desenvolvidos nos aerolevantamentos realizados.

5.1 Ferramentas e Bases de Dados

5.1.1 Equipamentos de base topográfica e levantamento aéreo

Para o levantamento, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Drone multirrotor DJI Phantom 4.
- Receptor GNSS BRx6 da Carlson.

5.1.2 Software empregados no processo

Dentre as ferramentas utilizadas neste levantamento, se destacam: Software de planejamento de missões autônomas (Dronedeploy), processamento em base (Agisoft photoScan).

5.2 Procedimentos e Análises

O processo de aerolevantamento, objeto complementar deste estudo, se iniciaram com o planejamento dos voos aerofotogramétricos que foram executados em campo. Um fator importante considerado no planejamento dos voos foi a verificação das condições atmosféricas para as datas previstas da execução dos mesmos. O trabalho de campo foi executado em quatro etapas:

Na primeira etapa foram localizados os marcos implantados (Quadros 1 e 2), com a finalidade de verificar e amarrar devidamente ao levantamento topográfico tradicional.

Na segunda etapa foi realizada a implantação dos alvos pré-sinalizados usados como pontos de apoio e de verificação e o planejamento das faixas de voo (foram planejados 3 grupos de voo). Os alvos foram pintados sobre o solo/pista, com o objetivo de serem inequivocamente e facilmente

identificáveis nas fotografias e no ortomosaico. Os alvos foram distribuídos de forma homogênea nos blocos.

A terceira etapa realizada foi a determinação das coordenadas UTM dos pontos de apoio ou verificação, a partir dos marcos geodésicos implantados, utilizando receptores de sinais GNSS. Os receptores utilizados são classificados como geodésicos de dupla frequência; os métodos de posicionamento adotados foram o RTK (Real Time Kinematic) e o estático rápido. No posicionamento utilizando o método RTK, o receptor denominado de base foi posicionado em um local de coordenadas previamente conhecidas e de maior altitude da área de estudo de modo a facilitar a comunicação entre o receptor móvel e o receptor base em todos os pontos ocupados. As coordenadas de todos os alvos foram obtidas por posicionamento geodésico pelo método de posicionamento RTK (Real Time Kinematic), usando um par de receptores de sinais GNSS. Ambos os receptores, base e móvel foram configurados com taxa de gravação de um segundo.

A quarta e última etapa do trabalho de campo realizada foi a execução dos voos. Os voos foram realizados em modo autônomo, sendo o DRONE conduzido remotamente, nas faixas previamente estipuladas, pelo programa computacional Dronedeploy, conforme Figuras 2 e 3.

Em resumo, os resultados da aquisição do trabalho de campo foram:

- Tomadas 730 fotos digitais;
- Implantados 11 pontos de apoio e;
- Foram mapeadas 0,45 km^2 de área.

Figura 2- Área de planejamento do voo (4 grupos)

No planejamento do voo, os parâmetros adotados foram:

- Altura de voo: 60 metros;
- Sobreposição lateral (sidelap): 65% e;
- Sobreposição longitudinal (frontlap): 75%.

Figura 3- Exemplo Planejamento – Grupo 1

Após o trabalho de campo, foi realizado o trabalho de escritório que é basicamente o processamento dos dados coletados durante o voo. Nesta etapa foi utilizado o software Agisoft PhotoScan.

Para realizar o pós-processamento dos dados coletados em campo é necessário que introduza no software as imagens capturadas e as coordenadas de cada imagem que são gravadas pelo receptor GPS embarcado no Drone, estes são os dados obrigatórios, sendo opcionais as informações do Sistema Inercial, responsável por gravar a posição da aeronave no instante de tomada de cada foto.

No processamento dos dados o fluxo dos processos consistiu na triangulação e medição automática dos pontos de passagem e enlace via correlação automática de imagens, ajuste do posicionamento dos centros perspectivos das fotografias com base nas coordenadas dos pontos de controle, modelagem digital do terreno, ortorretificação das imagens e produção do mosaico final. A geração do MDT no Agisoft Photoscan foi realizada através da edição, incluindo classificação semiautomática para eliminação de vegetação, edificações e ruídos da nuvem de pontos produzida através de correlação de automática de imagens. A nuvem de pontos resultante foi interpolada para uma grade regular, obtendo-se como produto o arquivo matricial do MDT.

5.3 Pontos de Apoio em Solo

Pontos de apoio são pontos foto identificáveis, ou seja, são objetos, alvos, detalhes no terreno e que irão aparecer nas imagens aéreas, são utilizados para fazer a relação entre o sistema de coordenadas da imagem com o sistema de coordenadas do terreno, basicamente são pontos de referência no solo que são utilizados no pós-processamento das imagens aumentando assim a precisão dos produtos finais gerados

Para a verificação da acurácia e precisão do ortomosaico produzido, foram implantados na área de estudo 11 alvos, distribuídos entre pontos de controle e pontos de checagem, denominados pontos de apoio. Os modelos usados foram dois quadrados unidos por uma das pontas, conforme Figura 4.

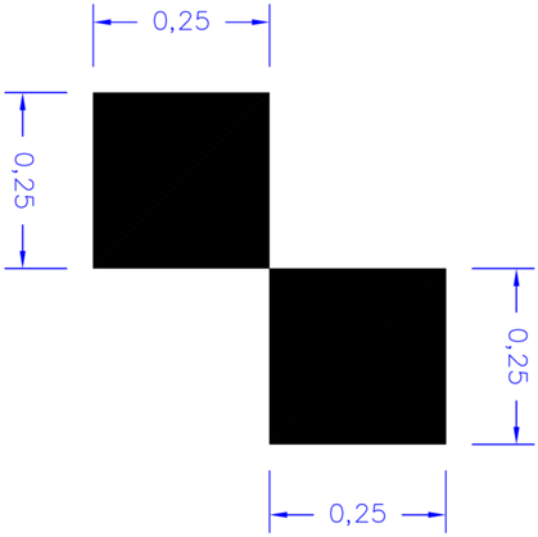


Figura 4- Modelo do alvo implantado

5.3.1 Visualização dos pontos de apoio em solo

Os pontos de apoio em solo foram implantados com o objetivo de serem inequivocamente e facilmente identificáveis nas fotografias e no ortomosaico. Como demonstrado nas Fig. 5.

Figura 5 -Identificação dos pontos de apoio em área pavimentada

5.3.2 Coordenadas dos pontos de apoio

Foram implantados 7 (sete) pontos de controle e 4 (quatro) pontos de checagem conforme apresentados na Tab. 2.

PONTO DE APOIO	COORDENADAS UTM SIRGAS2000		
	X	Y	Z
ALVO 1	481.761,20	6.691.962,08	2,4715
ALVO 2	482.041,12	6.691.935,17	2,6036
ALVO 3	482.206,86	6.691.934,51	2,78
ALVO 4A	482.564,08	6.691.907,23	3,573
ALVO 5	482.968,22	6.691.869,61	10,9992
ALVO 6	483.225,15	6.691.835,50	18,3151
ALVO 7	483.553,35	6.691.809,77	24,3128
PC -1A	481.957,61	6.691.962,39	2,3966
PC -2A	482.368,03	6.691.894,59	2,9367
PC -3A	482.895,81	6.691.880,03	9,4064
PC -4A	483.059,19	6.691.858,82	14,3545

Tabela 2 – Coordenadas dos pontos de apoio em solo

5.4 Resultados Obtidos

O relatório de processamento e análise de precisão e acurácia, foi realizado de acordo com Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), conforme Decreto-lei 89.817/1984.

No segmento das Avenidas Rio Grande do Sul e Boqueirão esta análise foi realizada utilizando 7 pontos de apoio e ajuste (pontos de controle) e 4 pontos para verificação e análise de precisão e acurácia dos produtos resultantes do aerolevantamento com o drone. A análise foi executada utilizando o aplicativo GeoPEC.

Na análise efetuada, foi possível aferir que o MDT produzido é preciso e acurado, alcançando a “Casse A” do PEC para a escala de 1:500 e curvas de nível a cada metro, com RMS altimétrico de 0,0316 m e planimétrico de 0,0917 m, conforme Figs. 6 e 7.

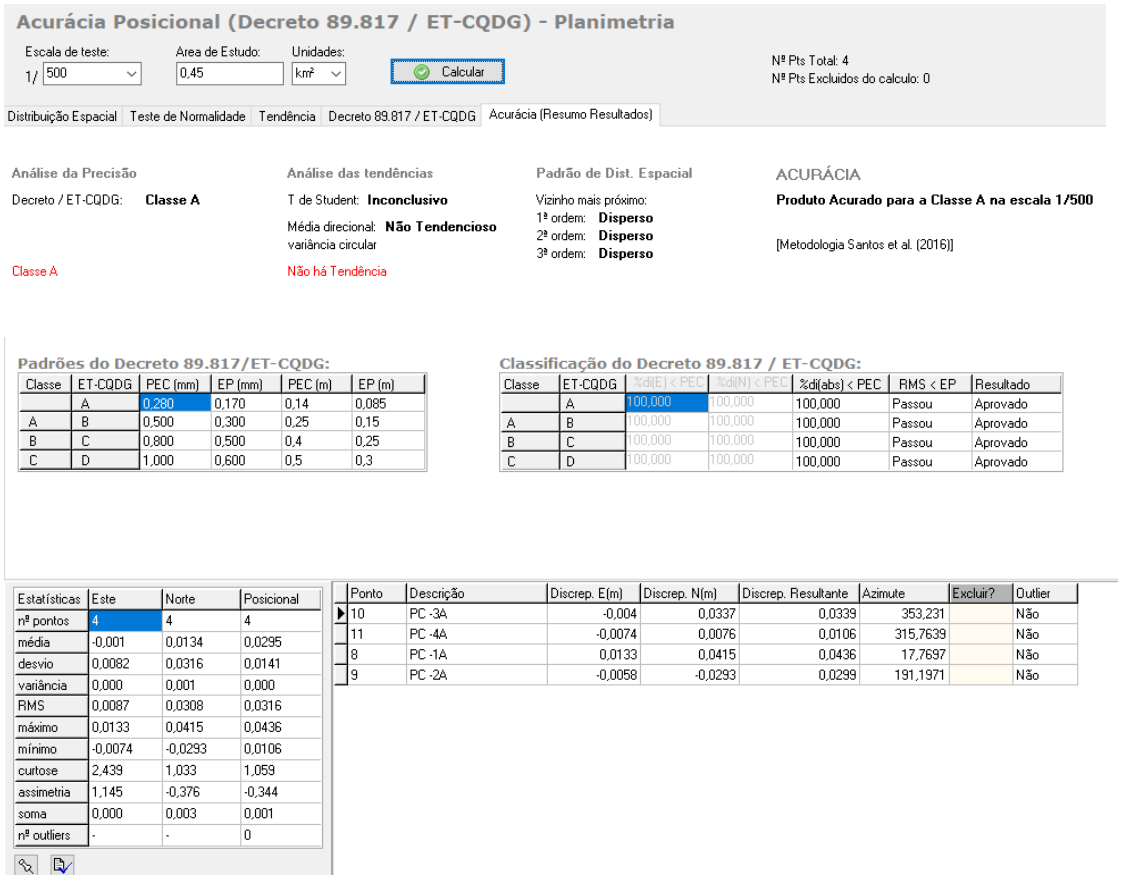


Figura 6 -Tabela processamento de acurácia planimétrica

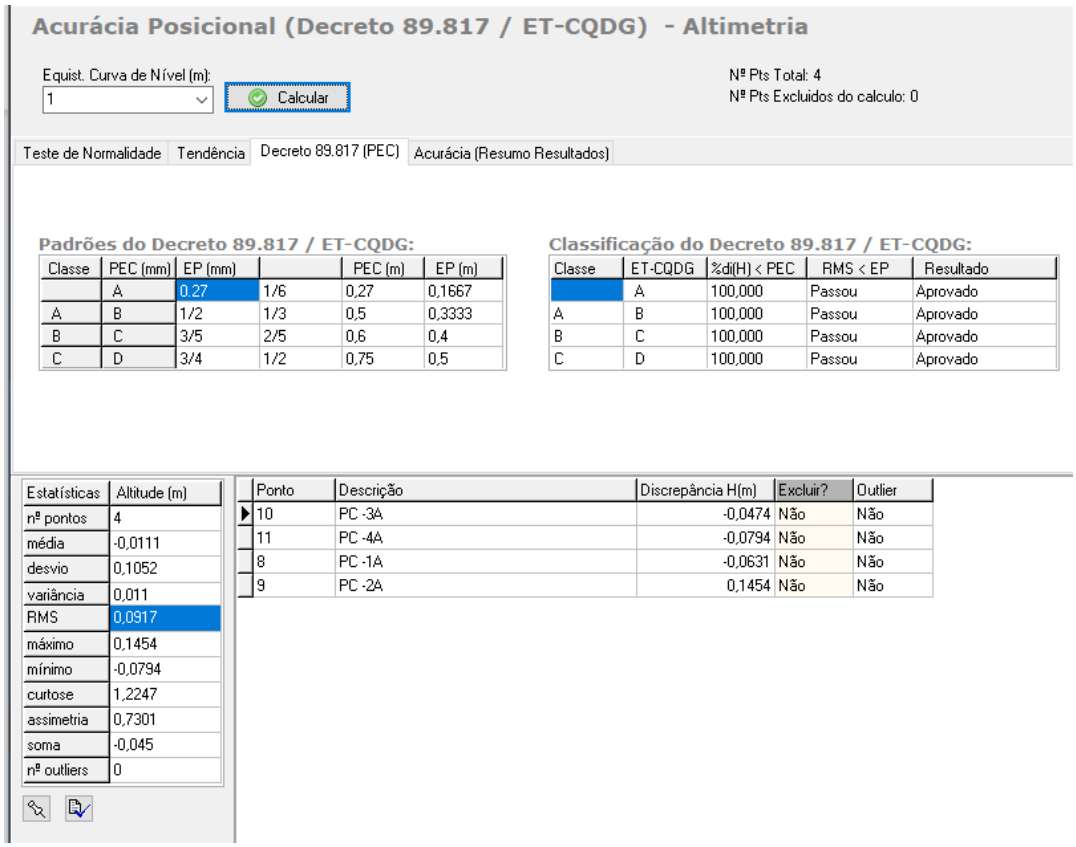


Figura 7 -Tabela processamento de acurácia altimétrica

C – ESTUDOS GEOTÉCNICOS

C. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos realizados para Avenida Rio Grande do Sul, no segmento entre a Rua Pelotas e a rodovia BR-116/RS, tiveram como objetivos principais, a caracterização do pavimento existente, por meio de levantamento visual de defeitos e por levantamento deflectométrico, bem como a verificação do subleito e da estrutura existe por meio de sondagens, buscando assim, o fornecimento de parâmetros, de forma a auxiliar no detalhamento dos projetos de terraplenagem, pavimentação, restauração e drenagem.

1. Levantamento Visual Contínuo de Superfície (LVC)

Para o trecho em estudo foi realizado o cadastramento dos defeitos dos pavimentos flexíveis a ser efetuado com base no procedimento DNIT 008/2003 – PRO que fixa as condições exigíveis na avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e pelo processo de Levantamento Visual Contínuo, determinando-se o ICPF – Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis, ao mesmo tempo em que proporciona também os elementos necessários para o cálculo do IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito e do IES – Índice do Estado de Superfície do Pavimento.

O “Levantamento Visual Contínuo de pavimentos flexíveis” permite não somente se manter um cadastro atualizado da condição de superfície de um pavimento e o acompanhamento de seu desempenho de forma sistemática a partir de seu monitoramento “contínuo”, mas também se determinar o Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) que associando-se ao Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF), é possível estabelecer o Índice de Estado da Superfície (IES) e classificar o estágio de deterioração da pista.

O Índice de Estado da Superfície buscará sintetizar todos os defeitos existentes em um segmento rodoviário em um único número ao qual pode ser atrelado um conceito que retrata o grau de deterioração do pavimento. Para tal serão determinadas as frequências de cada um dos defeitos de forma individual e, sabendo-se o peso relativo de cada uma das anomalias observada, será calculado o somatório dos produtos das frequências relativas pelos fatores de ponderação. Além disso, o técnico responsável pelo levantamento atribuirá também a nota de 0 a 5 ao trecho, com precisão de 0,5, relativa ao conforto e à segurança do usuário, denominado Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF). A seguir são apresentados os quadros referentes ao Levantamento Visual Contínuo realizado para o segmento em estudo da Avenida Rio Grande do Sul, no município de Canoas.

LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO DA CONDIÇÃO DE SUPERFÍCIE

LOCALIDADE: Avenida Rio Grande do Sul — AVALIADOR: Guilherme — TRECHO — INÍCIO: Rua Pelotas

SENTIDO: Rua Pelotas - BR-116/RS — MÊS: mar-20 — FIM: BR-116/RS

ACOSTAMENTO | PISTA (x) | FAIXA

Observações:

As FREQUÊNCIAS de ocorrência de defeitos podem ser ALTAS, MÉDIAS ou BAIXAS. Devem ser marcadas com (X) as FLECHAS maiores que 10mm. Existe acostamento PAVIMENTADO (S) Sim ou (N) Não. O DEGRAU maior que 5,0 cm é GRANDE e o menor é PEQUENO, se não existir é NULO.

SEGMENTO (KM)		Desagreg.	FC-1	FC-2		FC-3		AP	O	P	Ex	D	R	E	FLECHAS		ICPF	Tipo de Revestimento da Pista	3ª Faixa	Observações	ACOSTAMENTO					
MARCO QUILOM.				J	TB	JE	TBE								TRI	TRE					DEGRAU		PAVIMENTADO		LARG.	MAT.
INÍCIO	FIM		(1)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(5)	(5)	(6)	(7)	(8)								LE	LD	Esq.	Dir.	(m)	CAPA
1+245	1+345		B			B	B		M				A					C.B.U.Q		Início do trecho, Rua Pelotas						
1+345	1+445											B			MM	MM		C.B.U.Q								
1+445	1+545							M			M		M		MM	MM		C.B.U.Q								
1+545	1+645		B		B			M		B		B	M		MM	MM		C.B.U.Q								
1+645	1+745		B		B				M				M		BB	BB		C.B.U.Q								
1+745	1+845		B					M						B				C.B.U.Q								
1+845	1+945				M		M						B					C.B.U.Q								
1+945	2+045					M	M	B						B				C.B.U.Q								
2+045	2+145		B		M								M			AA		C.B.U.Q								
2+145	2+245		B															C.B.U.Q								
2+245	2+345		B															C.B.U.Q								
2+345	2+445																	C.B.U.Q								
2+445	2+490										B							C.B.U.Q		BR-116						

Quadro 1 – Levantamento Visual Contínuo realizado para Pista Direita da Av. Rio Grande do Sul

LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO DA CONDIÇÃO DE SUPERFÍCIE

LOCALIDADE: Avenida Rio Grande do Sul — AVALIADOR: Guilherme — TRECHO — INÍCIO: Rua Pelotas

SENTIDO: BR-116/RS - Rua Pelotas — MÊS: mar-20 — FIM: BR-116/RS

ACOSTAMENTO | PISTA (x) | FAIXA

Observações:

As FREQUÊNCIAS de ocorrência de defeitos podem ser ALTAS, MÉDIAS ou BAIXAS. Devem ser marcadas com (X) as FLECHAS maiores que 10mm.

Existe acostamento PAVIMENTADO (S) Sim ou (N) Não

O DEGRAU maior que 5,0 cm é GRANDE e o menor é PEQUENO, se não existir é NULO.

SEGMENTO (KM)		Desagreg.	FC-1	FC-2		FC-3		AP	O	P	Ex	D	R	E	FLECHAS		ICPF	Tipo de Revestimento da Pista	3ª Faixa	Observações	ACOSTAMENTO					
MARCO QUILOM.				J	TB	JE	TBE								TRI	TRE					DEGRAU		PAVIMENTADO		LARG.	MAT.
INÍCIO	FIM		(1)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(5)	(5)	(6)	(7)	(8)								LE	LD	Esq.	Dir.	(m)	CAPA
2+445	2+490		B								M							C.B.U.Q		BR-116						
2+345	2+445		B								B							C.B.U.Q								
2+245	2+345																	C.B.U.Q								
2+145	2+245		B															C.B.U.Q								
2+045	2+145		B									B	M					C.B.U.Q								
1+945	2+045		B		B		B					B	M					C.B.U.Q								
1+845	1+945				M	M	M			B								C.B.U.Q								
1+745	1+845		B								B		B					C.B.U.Q								
1+645	1+745								B		M				MM	MM		C.B.U.Q								
1+545	1+645										M		B		BB	BB		C.B.U.Q								
1+445	1+545								B		M	M		B				C.B.U.Q								
1+345	1+445		B								B	M	B					C.B.U.Q								
1+245	1+345		B							B	M	M	B					C.B.U.Q		Início do Trecho, Rua Pelotas						

Quadro 2 – Levantamento Visual Contínuo realizado para Pista Esquerda da Av. Rio Grande do Sul

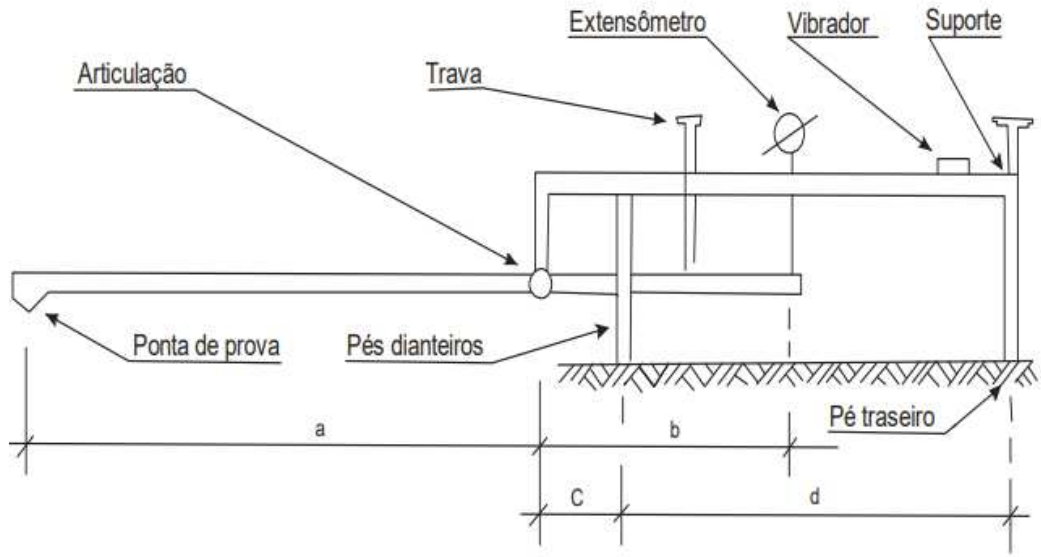
2. Levantamento Deflectométrico com Viga Benkelman

A Viga Benkelman é um dispositivo mecânico que mede, por meios não destrutivo, os deslocamentos verticais de um ponto de contato no pavimento, entre as duas rodas duplas de um caminhão, sob um eixo de carga, com uma determinada pressão de pneus e uma carga pré-estabelecida para esse eixo.

Essa metodologia de ensaio se estabelece como base a norma DNIT 133/2010, o qual trata da determinação das deflexões do pavimento através da aplicação da viga Benkelman, visando conhecer a capacidade estrutural do pavimento.

Desta forma, a Viga Benkelman mede a flecha máxima da linha de deformação elástica do pavimento sob a ação de uma carga. Salienta-se que a viga deve ser previamente aferida, conforme DNER-PRO 175/94.

A Figura 1 a seguir, esquematiza a seção de uma Viga Benkelman.



ⓐ - Distância entre a articulação e a ponta de prova
ⓑ - Distância entre o extensômetro e a articulação
ⓒ - Distância entre a articulação e os pés dianteiros
ⓓ - Distância entre os pés dianteiros e o pé traseiro

Nota: A distância "a" deve ser ≥ 244 cm.

Figura 1 – Esquema da Viga Benkelman (Fonte: DNIT 133/2010)

Para o segmento em estudo da Avenida Rio Grande do Sul, os levantamentos deflectométricos foram realizados de acordo com as normas DNIT 133/2010 – ME, com espaçamento entre estações de ensaio de no máximo 40 m em 40 m e leituras realizadas na trilha de roda externa da faixa de tráfego mais carregada de cada umas pistas desta avenida (pista direita e pista esquerda). Desta forma, as deflexões do pavimento foram calculadas através da seguinte equação:

$$D_0 = (L_0 - L_f) \cdot a / b$$

Onde:

D_0 - deflexão em centésimos de milímetros no ponto de prova inicial (flecha máxima da linha de influência longitudinal da bacia de deformação);

L_0 - leitura inicial, em centésimo de milímetros;

L_f - leitura final, em centésimo de milímetros;

a e b - dimensão da viga benkelman, sendo “a” a distância entre a articulação e a ponta de prova e “b” a distância entre o extensômetro e a articulação (a/b – Constante da Viga Benkelman).

Sendo assim, para análise da deformabilidade do pavimento da Avenida Rio Grande Sul, foram consideradas as medições das deflexões obtidas com a utilização da Viga Benkelman conforme os quadros apresentados a seguir.

		Constante da viga:	2,42
Rua:	Avenida Rio Grande do Sul	**Data:** 15/03/2020	
Trecho:	Rua Pelotas - BR-116		
Segmento:	km 1+245 ao km 2+490,740	Pista Direita	

CONTROLE TECNOLÓGICO - VIGA BENKELMAN

Ensaio	Estaca	Posição	Longitude	Latitude	Leitura (mm)	Deflexões (0,01 mm)
VB-01	1+245	LD	481671,3652	6691964,1111	37	89,5
VB-02	1+285	LD	481711,2939	6691961,7236	45	108,9
VB-03	1+325	LD	481750,8888	6691957,1363	51	123,4
VB-04	1+365	LD	481787,9225	6691942,0745	43	104,1
VB-05	1+405	LD	481826,2742	6691932,3804	29	70,2
VB-06	1+445	LD	481864,2954	6691944,1557	32	77,4
VB-07	1+485	LD	481903,1741	6691951,4878	41	99,2
VB-08	1+525	LD	481943,0875	6691948,8575	47	113,7
VB-09	1+565	LD	481982,9855	6691946,0195	20	48,4
VB-10	1+605	LD	482022,8974	6691943,3676	52	125,8
VB-11	1+645	LD	482062,8078	6691940,6925	33	79,9
VB-12	1+685	LD	482102,7187	6691938,0240	37	89,5
VB-13	1+725	LD	482142,6280	6691935,3337	40	96,8
VB-14	1+765	LD	482182,5336	6691932,5864	14	33,9
VB-15	1+805	LD	482211,2944	6691914,2965	25	60,5
VB-16	1+845	LD	482245,6150	6691895,9405	12	29,0
VB-17	1+885	LD	482283,1849	6691882,5282	38	92,0
VB-18	1+925	LD	482322,3880	6691887,8499	27	65,3
VB-19	1+965	LD	482361,4273	6691896,5609	12	29,0
VB-20	2+005	LD	482388,9550	6691920,1327	26	62,9
VB-21	2+045	LD	482428,8590	6691917,3975	49	118,6
VB-22	2+085	LD	482468,7610	6691914,6019	28	67,8
VB-23	2+125	LD	482508,6715	6691911,9313	31	75,0
VB-24	2+165	LD	482548,6321	6691910,3907	14	33,9
VB-25	2+205	LD	482588,6217	6691909,5081	3	7,3
VB-26	2+245	LD	482628,5357	6691906,9842	15	36,3
Viaduto	2+285	LD				
Viaduto	2+325	LD				
Viaduto	2+365	LD				
Viaduto	2+405	LD				
VB-27	2+445	LD	482824,3412	6691868,0102	8	19,4
VB-28	2+485	LD	482863,9918	6691862,9474	10	24,2

Quadro 3 – Deflexões medidas com Viga Benkelman para Pista Direita da Av. Rio Grande do Sul

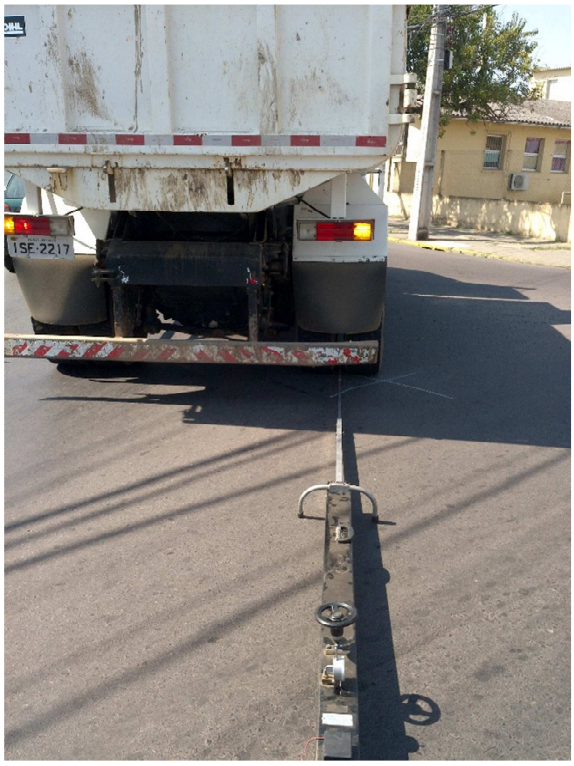
			Constante da viga: 2,42
Rua:	Avenida Rio Grande do Sul	**Data:** 15/03/2020	
Trecho:	Rua Pelotas - BR-116		
Segmento:	km 1+245 ao km 2+490,740	Pista Esquerda	

CONTROLE TECNOLÓGICO - VIGA BENKELMAN

Ensaio	Estaca	Posição	Longitude	Latitude	Leitura (mm)	Deflexões (0,01 mm)
VB-63	2+465	LE	482842,6226	6691867,6520	15	36,3
VB-64	2+425	LE	482803,4031	6691875,3959	12	29,0
Viaduto	2+385	LE				
Viaduto	2+345	LE				
Viaduto	2+305	LE				
VB-65	2+265	LE	482647,0149	6691908,3445	19	46,0
VB-66	2+225	LE	482607,1118	6691911,1282	42	101,6
VB-67	2+185	LE	482567,1713	6691913,0640	28	67,8
VB-68	2+145	LE	482527,2601	6691915,6585	53	128,3
VB-69	2+105	LE	482487,3525	6691918,3731	27	65,3
VB-70	2+065	LE	482447,4435	6691921,0694	14	33,9
VB-71	2+025	LE	482407,5318	6691923,7257	17	41,1
VB-72	1+985	LE	482375,6630	6691938,5817	34	82,3
VB-73	1+945	LE	482342,9443	6691959,0066	32	77,4
VB-74	1+905	LE	482305,9502	6691974,2191	27	65,3
VB-75	1+865	LE	482266,8339	6691971,7550	40	96,8
VB-76	1+825	LE	482228,0212	6691962,0825	26	62,9
VB-77	1+785	LE	482199,9618	6691937,7368	14	33,9
VB-78	1+745	LE	482160,0386	6691940,0431	29	70,2
VB-79	1+705	LE	482120,1325	6691942,7813	18	43,6
VB-80	1+665	LE	482080,2221	6691945,4559	17	41,1
VB-81	1+625	LE	482040,3172	6691948,2104	27	65,3
VB-82	1+585	LE	482000,4133	6691950,9811	32	77,4
VB-83	1+545	LE	481960,5043	6691953,6729	18	43,6
VB-84	1+505	LE	481920,5963	6691956,3756	14	33,9
VB-85	1+465	LE	481881,4905	6691962,8019	29	70,2
VB-86	1+425	LE	481846,4329	6691982,0429	47	113,7
VB-87	1+385	LE	481808,5879	6691987,2619	50	121,0
VB-88	1+345	LE	481770,8510	6691974,0096	43	104,1
VB-89	1+305	LE	481731,9789	6691966,5172	39	94,4
VB-90	1+265	LE	481692,0516	6691968,9278	42	101,6

Quadro 4 – Deflexões medidas com Viga Benkelman para Pista Esquerda da Av. Rio Grande do Sul

A seguir é apresentado o registro fotográfico dos serviços realizados em campo.

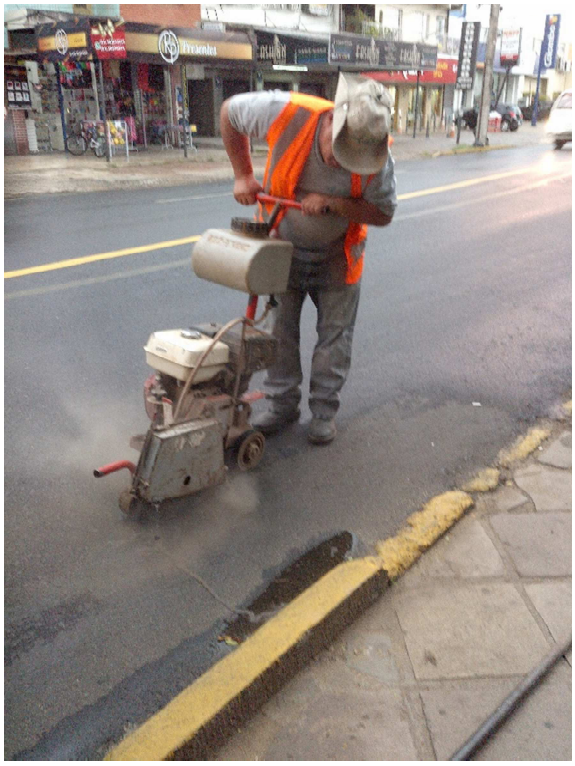


Fotos 1 e 2 – Levantamento de Deflexões com Viga Benkelman (Av. Rio Grande do Sul)

3. Sondagem do Pavimento Existente

A realização de sondagens no pavimento existente da Avenida Rio Grande do Sul teve como objetivo o reconhecimento dos materiais e da espessura das camadas constituintes da estrutura. Desta forma, em conjunto com os levantamentos anteriormente apresentados, as sondagens subsidiaram as soluções adotadas para restauração da pista existente e para implantação de pavimentos novos, bem como auxiliar os projetos de terraplenagem e drenagem.

As sondagens foram realizadas com serra disco para corte do revestimento e perfuração a pá, picareta e cavadeira manual tipo concha. Em campo, foi realizado o preenchimento do boletim de sondagem constando a localização, as espessuras e a classificação expedita das diversas camadas da estrutura do pavimento. Também foram feitos registros fotográficos durante a execução dos serviços, conforme exemplos apresentados a seguir.



Fotos 3 e 4 – Execução de Sondagens no Pavimento Existente da Avenida Rio Grande do Sul

Ao término dos serviços as trincheiras foram preenchidas e o pavimento reconstituído. A seguir é apresentado o boletim com as informações coletadas para as duas sondagens realizadas no segmento em estudo da Avenida Rio Grande do Sul, no município de Canoas.

BOLETIM DE SONDAGEM - PISTA EXISTENTE

Trecho: Av. Rio Grande do Sul
Segmento: Rua Pelotas - BR-116 **Data:** 19/03/2020

FURO	LOCALIZAÇÃO			CAMADA		PISTA	POSIÇÃO	IDENTIFICAÇÃO VISUAL	OBSERVAÇÃO
	Estaca/km	Este	Sul	DE	A				
J-01	1+645	482068	6691945	0,00	0,10	DIR.	LD	C.B.U.Q	
				0,10	0,36			BASE BRITA GRADUADA	
				0,36	-			ARGILA	
J-02	2+145	482534	6691909	0,00	0,16	ESQ.	LE	C.B.U.Q	
				0,16	0,32			BASE DE AREIA	
				0,32	-			SAIBRO ROSA	

LD = LADO DIREITO LE = LADO ESQUERDO

Quadro 5 – Boletim das Sondagens executadas para pista existente da Avenida Rio Grande do Sul

4. Estudo do Subleito

O estudo foi realizado com a finalidade de determinar as características do subleito existente através da identificação dos solos constituintes e abrangeram as seguintes etapas:

- Prospecção a trado, pá e picareta em locais distribuídos ao longo do segmento de implantação de pavimentos novos, de modo a garantir que a profundidade da sondagem atinja 1,00m abaixo do greide de terraplenagem;
- O material coletado durante a realização das sondagens foi encaminhado em forma de amostras representativas para a execução de ensaios de laboratório;
- Em laboratório, foram realizados ensaios de granulometria, LL, LP, compactação com a energia normal e ensaio de ISC;
- Com os resultados, os solos foram classificados segundo metodologia da "*Transportation Research Board*", abreviadamente TRB;
- Com os resultados, foi feita a determinação do Índice de Suporte Califórnia de Projeto (ISCp), com vista ao dimensionamento da estrutura do pavimento;

Durante a execução dos serviços em campo, foram feitos registros fotográficos conforme exemplos apresentados a seguir.

Fotos 5 e 14 – Execução de Sondagens do Subleito da Avenida Rio Grande do Sul

O quadro resumo dos resultados dos ensaios realizados no laboratório, está apresentado no quadro 6 a seguir.

ESTUDOS GEOTÉCNICOS - SONDAGENS E RESULTADOS DE ENSAIOS

RUA : Avenida Rio Grande **do Sul**
TRECHO : Rua Pelotas - BR-116
SEGMENTO : km 1+245 ao km 2+490,740 ESTUDO: **SUBLEITO**

Local de Sondagem					NA	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA										ENSAIO FÍSICO		Classificação		Compactação		I. S. C.				TIPO DE SOLO
Furo	km	Pos.	Prof. (m)			2"	1"	3/4"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 60	Nº 200	LL	IP	IG	TRB	D. Max.	h ót.	h	dens.	exp.	ISC	CLASSIFICAÇÃO ASHTOO
ST-01	1+260	LE	0,00	- 0,20																						
			0,20	- 1,50		100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	98, 78	59, 02	46, 74	37, 54	33, 76	27, 89	35,22	10,64	0	A-2-4	1,358	13,4	13,4	1,358	0,58	8,1	Areia Siltosa
ST-02	1+490	LD	0,00	- 0,20																						
			0,20	- 1,50		100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	92,25	90,99	88,45	83,76	70,21	19,76	3,08	7	A4	1,089	11,6	11,6	1,089	0,37	5,2	Silte Arenoso
ST-03	1+660	LE	0,00	- 0,20																						
			0,20	- 1,50		100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	99,82	96,01	91,42	83,85	75,05	59,13	27,57	9,43	5	A4	1,826	11,0	11,0	1,826	0,67	8,5	Silte Arenoso
ST-04	1+760	LD	0,00	- 0,20																						
			0,20	- 1,50		100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	99,44	95,65	87,95	54,26	21,09	18,15	7	A6	1,985	16,0	16,0	1,985	0,55	8,2	Argila Arenosa
ST-05	1+990	LE	0,00	- 0,20																						
			0,20	- 1,50		100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	94,83	91,03	84,79	76,14	58,10	35,84	9,13	5	A4	1,460	13,9	13,9	1,460	0,41	5,5	Silte Arenoso
ST-06	2+090	LD	0,00	- 0,20																						
			0,20	- 1,50		100, 0	100, 0	100, 0	100, 0	99,84	94,64	85,53	82,01	74,86	45,37	31,60	12,95	3	A6	1,515	12,1	12,1	1,515	0,59	10,4	Argila Arenosa

E = EIXO LE = LADO ESQUERDO LD - LADO DIREITO

Quadro 6 – Quadro Resumo dos Resultados dos Ensaios de Laboratório da Av. Rio Grande do Sul

4.1 Análise Estatística dos Resultados dos Ensaios

No quadro 6, pode ser verificado que o número de amostras estudadas é inferior a 9. Desta forma, a análise estatística dos resultados foi realizada considerando os valores individuais de ISC de todos os ensaios. Os resultantes desta análise estão apresentados a seguir no quadro 7.

PARÂMETRO	LIMITES		GRANULOMETRIA										COMPACTAÇÃO		12	GOLPES	IG
ESTATÍSTICO	LL	IP	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 20	# 40	# 60	# 200	h ótima	D máx.	Exp.	ISC	
$\bar{X}$	28,5	10,6	100,00	100,00	100,00	100,00	99,74	89,46	84,19	78,72	71,92	52,49	12,99	1,539	0,53	7,6	4
s	6,9	5,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	15,13	18,88	20,74	19,44	14,48	1,82	0,324	0,11	2,0	
$\mu_{mín}$	24,3	7,6	100,00	100,00	100,00	100,00	99,45	80,35	72,82	66,22	60,21	43,77	11,89	1,344	0,46	6,5	
$\mu_{máx}$	32,7	13,5	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	98,58	95,57	91,22	83,63	61,22	14,08	1,734	0,60	8,8	
$X_{mín}$	19,6	4,2	100,00	100,00	100,00	100,00	99,12	70,06	59,98	52,11	46,99	33,92	10,65	1,124	0,38	5,1	
$X_{máx}$	37,4	16,9	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	96,85	71,07	15,32	1,954	0,68	10,2	

Quadro 7 – Resumo da Análise Estatística dos Resultados dos Ensaios da Avenida Rio Grande do Sul

4.2 Determinação do ISC de Projeto

Em função dos resultados do estudo estatístico do subleito, foi determinado o ISC de projeto, representando o valor que deverá ser adotado para o dimensionamento dos pavimentos novos no segmento em estudo da Avenida Rio Grande do Sul em Canoas/RS. Sendo assim, o valor do ISC de projeto corresponde a **$ISC_{projeto}$ = 5,1%.**

5. Ocorrências de Materiais

5.1. Localização de ocorrências de materiais pétreos

Como fonte comercial de material pétreo para aquisição de agregados, pesquisas preliminares identificaram a localização de 04 (quatro) possíveis ocorrências.

5.1.1 Pedreira Vila Rica Ltda

A Pedreira Vila Rica Ltda está localizada no km 413 da rodovia BR-386/RS, no Distrito de Vendinha em Monte Negro/RS. É distante aproximadamente 34,82 km do km 2+490,74 da Avenida Rio Grande do Sul em Canoas (Fim do trecho em estudo). Os 34,82 km de distância do trecho são de pista pavimentada. A pedreira possui usina de asfalto em suas dependências. O Mapa de localização desta ocorrência é apresentado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 – Pedreira Vila Rica Ltda. (Distante aproximadamente 34,82 km)

5.1.2 Pedreira e Construtora Sultepa Ltda

A Pedreira e Construtora Sultepa Ltda está localizada na Rua Florianópolis nº 1000, no distrito de Rincão Gaúcho em Estância Velha/RS, afastada 1,17 km da rodovia BR-116/RS. A ocorrência é distante aproximadamente 31,39 km do km 2+490,74 da Avenida Rio Grande do Sul em Canoas (Fim do trecho em estudo). Os 31,39 km de distância do trecho são de pista pavimentada. A pedreira possui usina de asfalto em suas dependências. O Mapa de localização desta ocorrência é apresentado na Figura 3 a seguir.

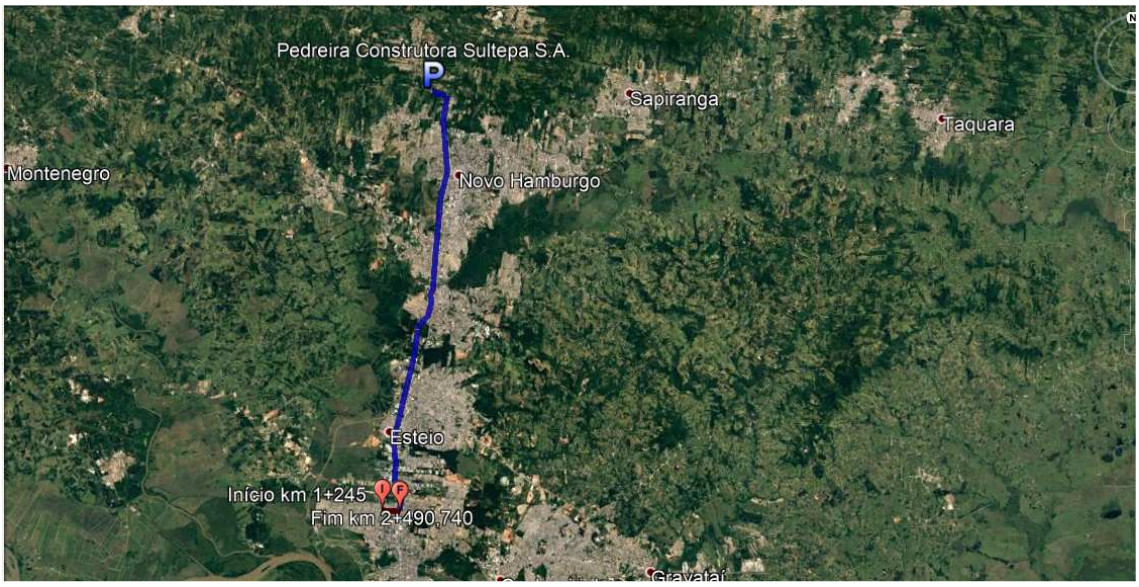


Figura 3 – Pedreira Construtora Sultepa Ltda. (Distante aproximadamente 31,39 km)

5.1.3 Pedreira Incopel Indústria e Comércio de Pedras Ltda

A Pedreira Incopel Indústria e Comércio de Pedras Ltda está localizada na altura do km 232,0 da rodovia BR-116/RS no município de Estância Velha/RS. A ocorrência é distante aproximadamente 31,25 km do km 2+490,74 da Avenida Rio Grande do Sul em Canoas (Fim do trecho em estudo). Os

31,25 km de distância do trecho são de pista pavimentada. A pedreira não possui usina de asfalto em suas instalações. O Mapa de localização desta ocorrência é apresentado na Figura 4 a seguir.

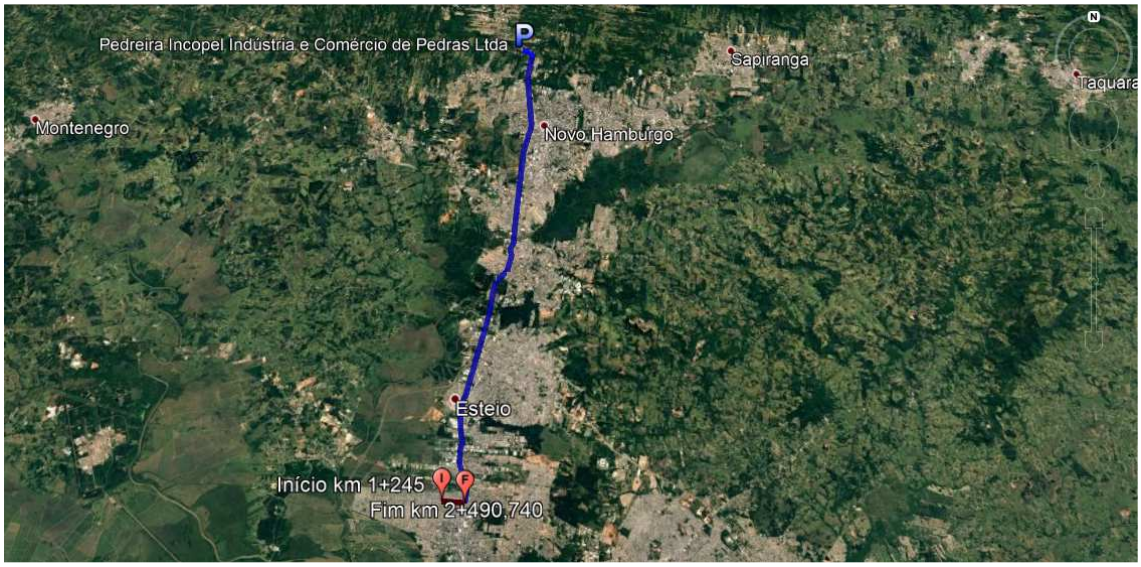


Figura 4 – Pedreira Incopel Indústria e Comércio de Pedras Ltda. (Distante aproximadamente 31,25 km)

5.1.4 Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda

A Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda está localizada na Vila Santa Tecla, no município de Gravataí/RS. A ocorrência possui acesso pela rodovia ERS-118 e é distante aproximadamente 25,21 km do km 2+490,74 da Avenida Rio Grande do Sul em Canoas (Fim do trecho em estudo). Dos 25,21 km de distância, 1,10 km são de pista não pavimentada e 24,11 km de pista pavimentada. A pedreira possui usina de asfalto em suas dependências. O Mapa de localização desta ocorrência é apresentado na Figura 5 a seguir.

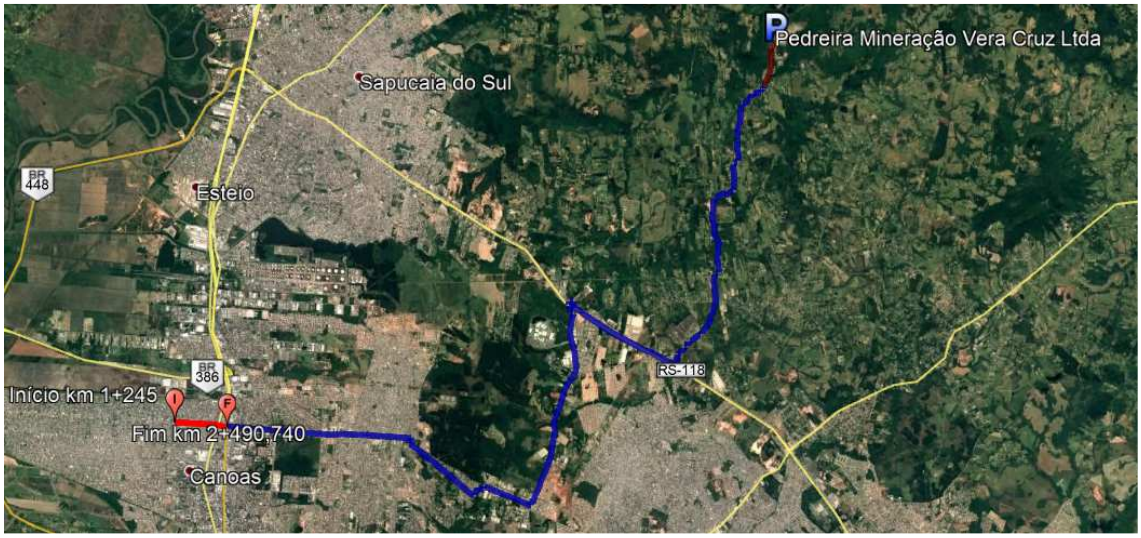


Figura 5 – Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Distante aproximadamente 25,21 km)

5.2. Localização de ocorrências de Areais

Como fonte comercial para aquisição do insumo areia, foram identificados 03 (três) possíveis ocorrências.

5.2.1 Comércio de Areia Guga Ltda

A ocorrência Comércio de Areia Guga Ltda. é localizada na Rua João Moreira Maciel nº 3670, via lateral da rodovia BR-290/RS, no Bairro Humaitá em Porto Alegre. É distante aproximadamente 10,06 km do km 2+490,74 da Avenida Rio Grande do Sul em Canoas (Fim do trecho em estudo). Os 10,06 km de afastamento da ocorrência são de pista pavimentada. O Mapa de localização do areal é apresentado na Figura 6 a seguir.

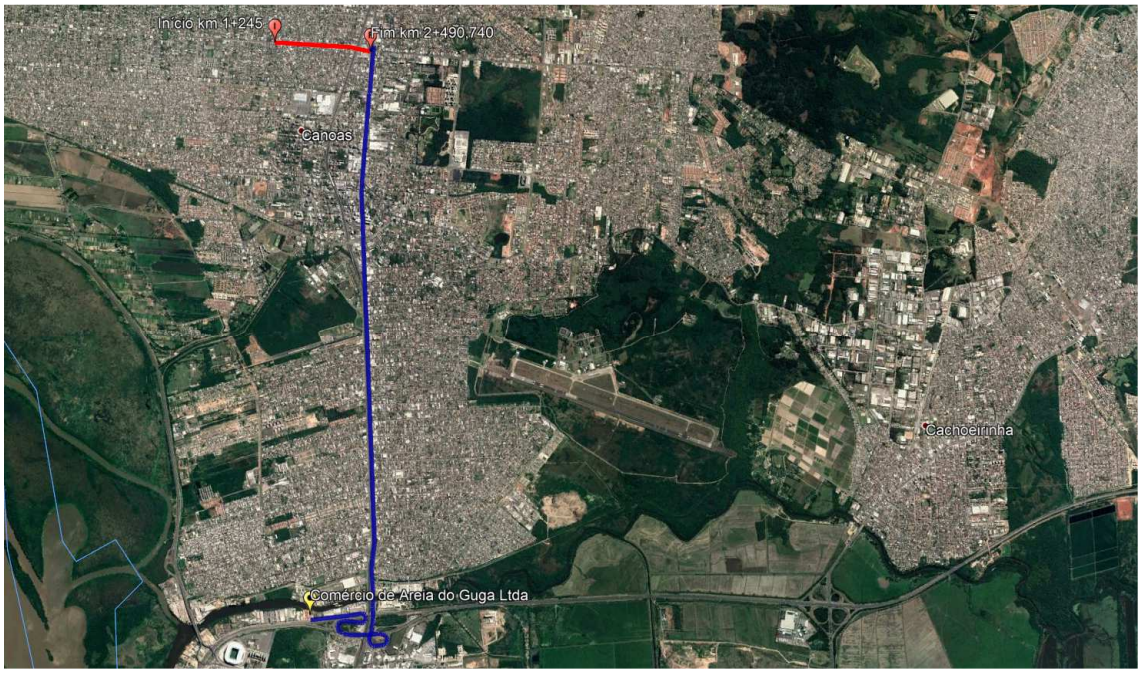


Figura 6 – Comércio de Areia Guga Ltda. (Distante aproximadamente 10,06 km)

5.2.2 Transporte Comércio e Navegação Santana Ltda

A ocorrência de Areia Transporte Comércio e Navegação Santana Ltda. é localizada na Rua Luiz Pasteur nº 49 (Margem Esquerda do Rio dos Sinos), no Bairro Três Portos em Esteio/RS. É distante aproximadamente 9,57 km do km 2+490,74 da Avenida Rio Grande do Sul em Canoas (Fim do trecho em estudo). Dos 9,57 km de afastamento da ocorrência, 9,22 km são de pista pavimentada e 0,35 km são de pista não pavimentada. O Mapa de localização do areal é apresentado na Figura 7 a seguir.

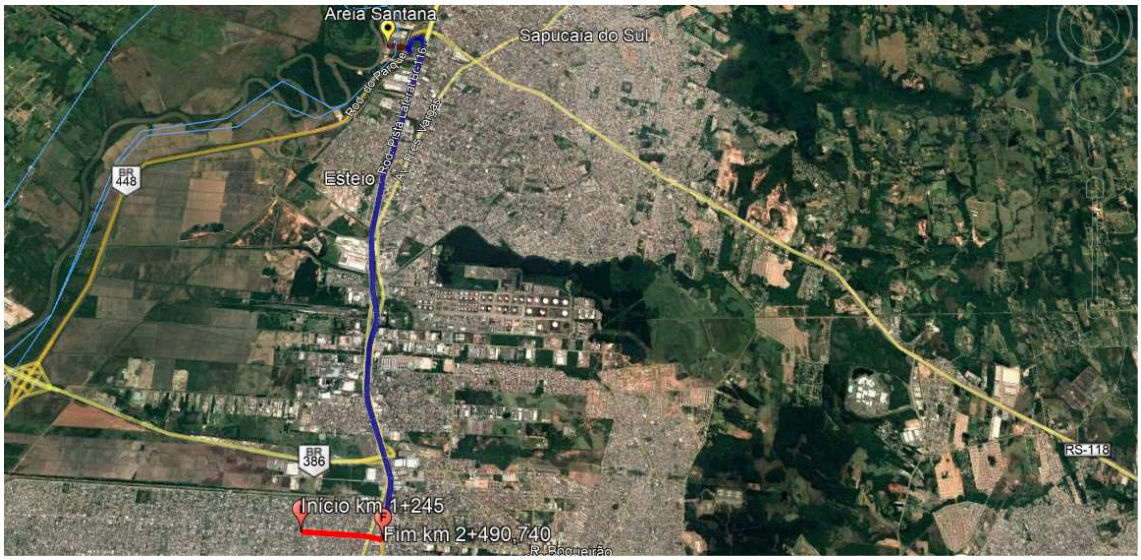


Figura 7 – Areal Transporte Comércio e Navegação Santana Ltda. (Distante aproximadamente 9,57 km)

5.2.3 Depósito de Areia 22

A ocorrência Depósito de Areia 22 é localizada na Rua Berto Círio (Margem Esquerda do Rio dos Sinos), no Bairro Parque Industrial em Canoas/RS. É distante aproximadamente 8,53 km do km 2+490,74 da Avenida Rio Grande do Sul em Canoas (Fim do trecho em estudo). Dos 8,53 km de afastamento da ocorrência, 7,87 km são de pista pavimentada e 0,66 km são de pista não pavimentada. O Mapa de localização do depósito de areia é apresentado na Figura 8 a seguir.

Figura 8 – Depósito de Areia 22. (Distante aproximadamente 8,53 km)

5.3 Esquema de Localização de Ocorrências

Na sequência é apresentado o Esquema de Localização das Ocorrências de Materiais Pétreos e dos Areais, bem como as Instalações Industriais (Britadores e Usinas). Também é apresentado na sequência o Quadro Resumo das Distâncias de Transporte.

O Esquema Linear das Ocorrências e o Quadro Resumo das Distâncias de Transporte, também são apresentados no Volume 2 – Projeto de Execução no capítulo C – Projeto de Pavimentação e Restauração. Para o cálculo das Distâncias Médias de Transporte (DMT) foi levando em consideração a utilização de ocorrências de materiais e distribuidoras próximas ao Município de Canoas.

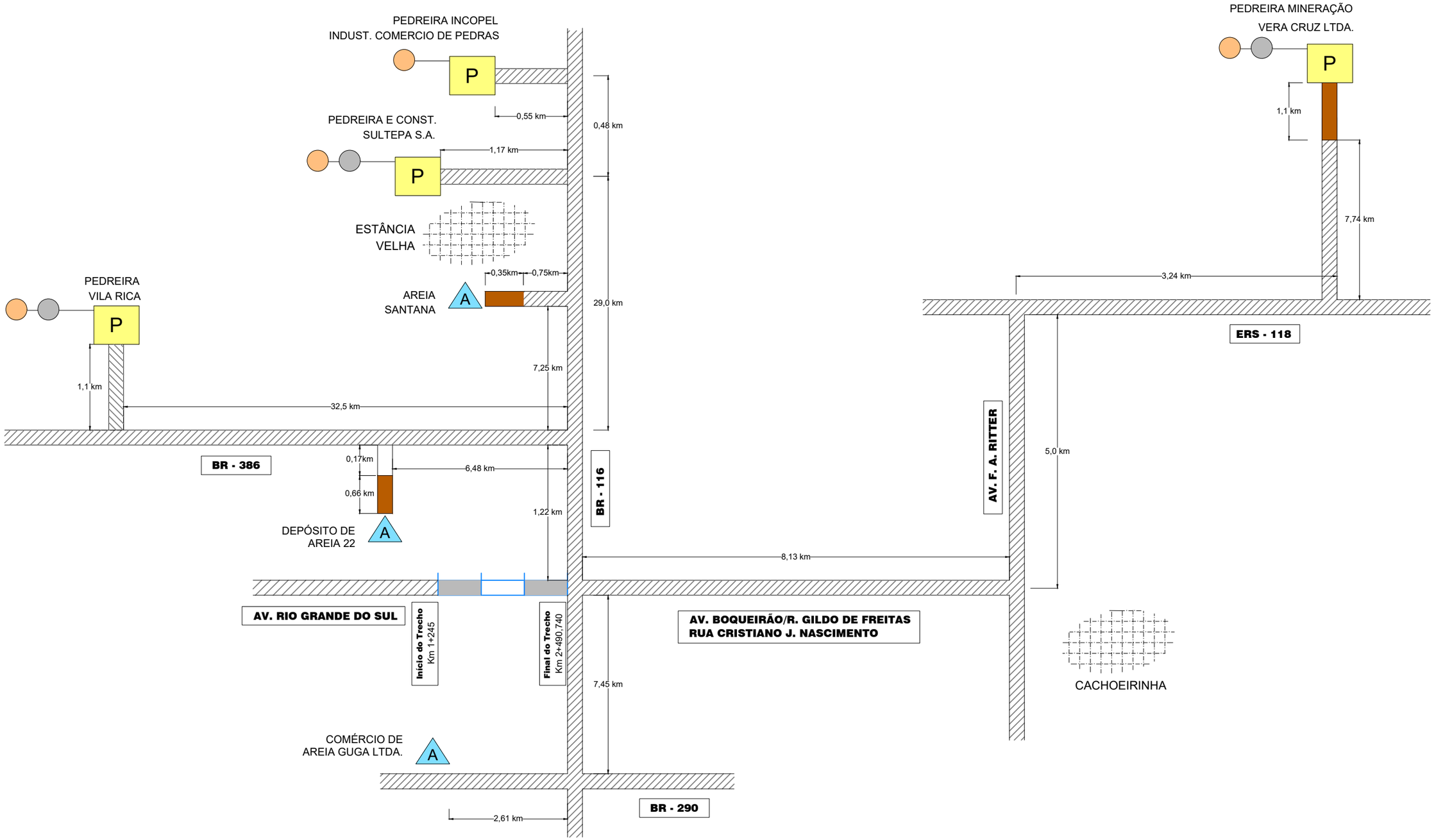
6. Local para Bota Fora de Materiais

Quanto a disponibilidade de utilização de locais para bota fora de materiais nas proximidades do trecho em estudo da Avenida Rio Grande do Sul, por orientação da Prefeitura de Canoas/RS, está sendo considerara uma distância média de transporte até o local da obra de aproximadamente 10 km. Quando da execução da obra, o executora deverá entrar em contato com a secretaria de obras do município de Canoas/RS para adequada localização e disponibilidade destes locais.

RUA LIBERDADE

BR-116

LOCALIZAÇÃO DAS FONTES DE MATERIAIS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS



Legenda:

P PEDREIRA
A AREAL
USINA DE ASFALTO
INSTALAÇÃO DE BRITAGEM
TRECHO EM ESTUDO
TRECHO EXISTENTE NÃO PAVIMENTADO
TRECHO EXISTENTE PAVIMENTADO

ste SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS

ESCALAS: S/ESC.	LOCAL : RUA RIO GRANDE DO SUL SEGMENTO: RUA PELOTAS - BR-116	
DATA: MAR./2020	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO Ocorrencia de Materiais	FOLHA: PP-06

QUADRO RESUMO DAS DISTÂNCIAS DE TRANSPORTE

RUA: Avendia Rio Grande do Sul
TRECHO: Rua Pelotas - BR-116
SEGMENTO: km 1+245 ao km 2+490,740

SERVIÇO	MATERIAL	PERCURSO		TRANSPORTE (DMT em km)		
		ORIGEM	DESTINO	Não Pav.	Pav.	Total
Diversos	Areia	Comércio de Areia Guga Ltda.	Obra	0,000	10,683	**10,683**
		Transporte Comércio e Navegação Santana Ltda.	Obra	0,350	9,843	**10,193**
		Depósito de Areia 22	Obra	0,660	8,493	**9,153**
	Brita	Pedreira Vila Rica Ltda.	Obra	0,000	35,443	**35,443**
		Pedreira e Construtora Sultepa Ltda.	Obra	0,000	32,013	**32,013**
		Pedreira Incopel Ind. e Comércio de Pedras Ltda.	Obra	0,000	31,873	**31,873**
		Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda.	Obra	1,100	24,733	**25,833**
	Cimento Portland	Canoas/RS	Obra	0,000	10,000	**10,000**
	Aço	Canoas/RS	Obra	0,000	10,000	**10,000**
	Cal Hidratada	Canoas/RS	Obra	0,000	10,000	**10,000**
	Madeira	Canoas/RS	Obra	0,000	10,000	**10,000**
	Tijolo	Canoas/RS	Obra	0,000	10,000	**10,000**
	Outros	Porto Alegre/RS	Obra	0,000	19,000	**19,000**
	Bota Fora	Obra	Local de Bota Fora	0,000	10,000	**10,000**
PAVIMENTAÇÃO	Emulsões asfalticas	Greca - Esteio/RS	Obra	0,000	5,623	**5,623**
		Stratura - Canoas/RS	Obra	0,000	4,723	**4,723**
		Betunel - Montenegro/RS	Obra	0,000	41,623	**41,623**
		REFAP - Canoas/RS	Obra	0,000	4,723	**4,723**
	CAP (Convencional)	REFAP - Canoas/RS	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Usina)	1,100	25,600	**26,700**
	CAP (Modificado)	Greca - Esteio/RS	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Usina)	1,100	21,300	**22,400**
		Stratura - Canoas/RS	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Usina)	1,100	25,600	**26,700**
		Betunel - Montenegro/RS	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Usina)	1,100	64,700	**65,800**
	Filler	Canoas/RS	Obra	0,000	10,000	**10,000**
	Areia	Comércio de Areia Guga Ltda.	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Usina)	1,100	29,900	**31,000**
		Transporte Comércio e Navegação Santana Ltda.	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Usina)	1,450	21,350	**22,800**
		Depósito de Areia 22	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Usina)	1,760	31,440	**33,200**
	Brita Local	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda.	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Usina)	0,000	0,000	**0,000**
	C.B.U.Q.	Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda. (Usina)	Obra	1,100	24,733	**25,833**
	Brita graduada Macadame Seco Rachão	Pedreira Vila Rica Ltda.	Obra	0,000	35,443	**35,443**
		Pedreira e Construtora Sultepa Ltda.	Obra	0,000	32,013	**32,013**
		Pedreira Incopel Ind. e Comércio de Pedras Ltda.	Obra	0,000	31,873	**31,873**
		Pedreira Mineração Vera Cruz Ltda.	Obra	1,100	24,733	**25,833**
	Bloquete de concreto para piso intertravado modelo holandês 20 cm x 10 cm, e = 10 cm, 50 Mpa	São Leopoldo/RS	Obra	0,000	24,123	**24,123**

Legenda:

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS

ste SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A.

ESCALAS: S/ESC.

LOCAL : RUA RIO GRANDE DO SUL
SEGMENTO: RUA PELOTAS - BR-116

DATA: JUL./2020

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO
Quadro Resumo das Distâncias de Transporte

FOLHA: PP-07

D – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

D. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

1. Introdução

Os Estudos Hidrológicos foram elaborados com o objetivo de identificar e avaliar a circulação das águas que interceptam o projeto em questão, fornecendo subsídios para a definição dos tipos de dispositivos de drenagem a serem utilizados com relação à sua localização, adaptação à rede existente e/ou redimensionamento hidráulico. Para tornar possível a seleção do tipo de dispositivo a empregar, buscou-se apoio no levantamento topográfico, além de consulta a mapas, observações in loco e consulta à Prefeitura Municipal de Canoas.

2. Características Gerais da Região

A região, onde se desenvolve o trecho em estudo, segundo a classificação climática de Wladimir Köeppen:

"Em Canoas o clima é quente e temperado, onde existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano. Mesmo o mês mais seco do ano apresenta muita pluviosidade. "

A classificação do clima é Cfa segundo a Köppen e Geiger, com uma temperatura média de 19,4 °C. A pluviosidade média anual é de 1418 mm. Novembro é o mês mais seco com 102 mm. Com uma média de 139 mm o mês de setembro é o mês de maior precipitação.

A temperatura média do mês de janeiro, o mês mais quente do ano, é de 24,7°C. A temperatura mais baixa do ano é em junho com a média de 14,5 °C. Se compararmos o mês mais seco com o mês mais chuvoso verificamos que existe uma diferença de precipitação de 37mm. As temperaturas médias têm uma variação de 10,2 °C durante o ano.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura média (°C)	24,7	23,9	21,9	18,9	16,0	14,5	14,7	16,1	17,9	20,2	22,2	22,0
Temperatura mínima (°C)	19,9	19,4	17,5	14,4	11,7	10,1	10,3	11,5	13,0	15,1	16,9	17,3
Temperatura máxima (°C)	29,5	28,5	26,4	23,4	20,3	19,0	19,2	20,7	22,8	25,3	27,5	26,7
Chuva (mm)	113	117	117	104	108	134	129	128	139	118	102	109

Quadro 1 – Resumo da dos Climatológicos (Fonte: Climate-Data.Org)

3. Temperatura, umidade relativa e evaporação

A seguir estão detalhadas as principais características climáticas da região:

- Temperatura Média Anual (ºC) 19,4
- Temperatura Máxima Média (ºC) 24,1
- Temperatura Mínima Média (ºC) 14,8
- Umidade Relativa (%) 75,0
- Precipitação Média Anual (mm) 1418
- Número Médio de Insolação por Mês (h) 185
- Evaporação Média Mensal (mm) 80

4. Precipitação Pluviométrica

O estudo sobre precipitações foi desenvolvido e está apresentado, predominantemente, no item Pluviometria. Entretanto, neste item, transcrevem-se alguns dados que caracterizam a região.

Nos gráficos a seguir, estão apresentados os valores médios mensais.

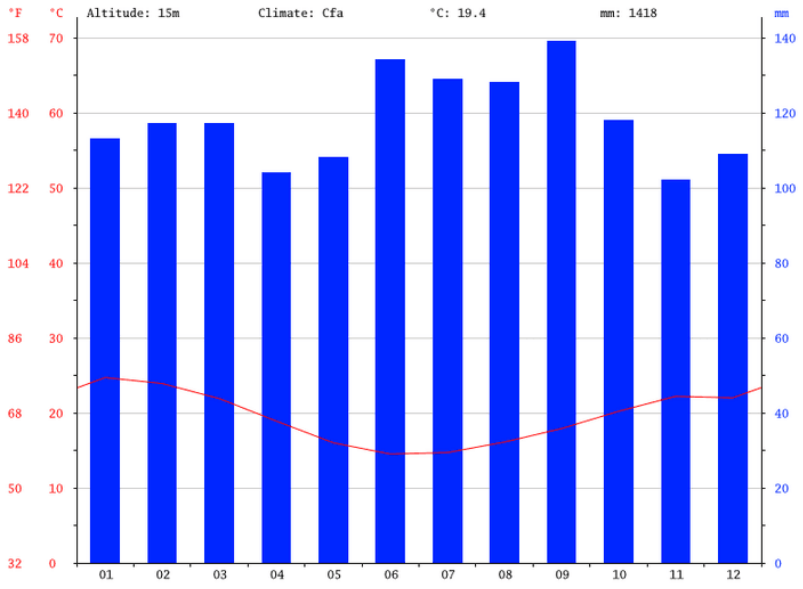


Gráfico 1 – Precipitação média das máximas mensais

4.1. Pluviometria

Fonte de dados para a elaboração dos Estudos Hidrológicos, foi realizado um levantamento das fontes de consulta disponíveis, abrangendo pesquisa bibliográfica e coleta de dados climatológicos e pluviométricos nos órgãos oficiais responsáveis pelo monitoramento climático e operação das estações meteorológicas.

- Posto Pluviométrico

Na análise e consistência dos dados pluviométricos, foram utilizados os dados calculados para o Posto Aeroporto com diretrizes fornecidas pela DOP/DEP em função da localização próxima ao Aeroporto de Porto Alegre.

Conforme definido por projetos na região, os parâmetros de projeto estão relacionados na tabela a seguir.

Parâmetro	**Coeficiente Adotado**
Posto Pluviométrico	Aeroporto
Tempo de concentração (min)	Inicial = 5 min
Coeficiente de “run-off”	0,70
Tempo de Retorno (anos)	10

Quadro 2 –Resumo dos Coeficientes Adotados

- Método de Cálculo

A metodologia de cálculo adotada utiliza a equação do método racional para determinar a relação chuva-deflúvio, com a seguinte equação:

Q=2,78.C.Imáx.A, para bacias até 30 ha.

Q=2,78.C.Imáx.A.0,95, para bacias entre 30 e 50 ha.

Q=2,78.C.Imáx.A.0,90, para bacias acima de 50 ha.

A rede pluvial é tipo separador absoluto, não recebendo diretamente despejos de esgotos domésticos ou industriais.

- Equação de Chuva

A equação da chuva para determinação dos valores de intensidade pluviométrica (I) foi baseado na expressão:

$$\mathrm{Im}ax = \frac{axTRb}{\left(td_i + c\right)^d}$$

sendo:

Imáx = intensidade máxima em mm/h;

a,b,c,d = parâmetros relativos às unidades empregadas e próprias do regime pluviométrico local;

TR = tempo de recorrência (anos);

td = tempo de concentração ou duração da chuva (min).

De acordo com orientação da prefeitura de Canoas, a expressão matemática utilizada foi a correspondente ao Posto pluviométrico AEROPORTO, localizado na zona Norte de Porto Alegre, portanto, próximo ao local objeto de projeto.

A fórmula tem a seguinte apresentação:

$$\text{Imáx} = \frac{826{,}8xTR^{0{,}143}}{\left(td + 13{,}3\right)^{0{,}79}}$$

Para o dimensionamento da rede pluvial foi utilizada a planilha de cálculo padrão para drenagem pluvial. A fórmula utilizada para o dimensionamento de coletores a plena seção é a de Manning, onde a vazão é dada por:

$$Q_0 = \frac{S * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Onde:

Q0=vazão da tubulação (l/s), a plena seção;

S = área da seção reta do tubo (m);

I = declividade do trecho a ser adotada (m/m);

n = 0,013 (para concreto).

A velocidade de escoamento a plena seção é dada pela fórmula:

$$V = K * R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

Onde K é o coeficiente de Manning-Strickler, sendo considerando a superfície em concreto liso.

Para o dimensionamento foi considerada a velocidade mínima como 0,80 m/s e a velocidade máxima como 5,00 m/s, conforme diretrizes adotadas para dimensionamento de redes pluviais.

O recobrimento mínimo no passeio considerado foi de 0,60 m e na pista de 1,00 m, a partir da geratriz superior externa. Se o recobrimento acima não pode ser observado, o trecho foi indicado como envelopado em concreto.

5. Considerações Finais

Este estudo teve por base as definições e as concepções apresentadas no “ Lay Out da Rede Pluvial”, elaborado pela Hidrosul em Fevereiro/1997 e em projetos elaborados pela SMOP-DEP/ Canoas.

O trecho da Av. Rio Grande do Sul, escopo deste estudo, está inserida no projeto de drenagem urbana de Canoas, como parte da micro drenagem com destinatário final para a vala da Rua Curitiba. Esse encaminhamento foi concebido pelo extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS, no Sistema de Macro Drenagem e Proteção contra as Cheias de Canoas.

PARTE II – PROJETOS

A – PROJETO GEOMÉTRICO

A. PROJETO GEOMÉTRICO

O Projeto Geométrico ora apresentado reflete o resumo dos estudos desenvolvidos para as soluções apresentadas no Plano Funcional, com intenção de que o projeto seja compatível com o consolidado no subtrecho da Avenida Rio Grande do Sul do km 1+245,000 ao km 2+490,740, perfazendo, assim, uma extensão total de 1.245,740 metros.

1. Características do Projeto

Para o desenvolvimento do projeto, foi estabelecido um eixo de projeto que corresponde ao eixo locado e existente na rodovia. Este eixo está localizado no canteiro central da pista. O eixo de projeto desenvolve-se no sentido Oeste – Leste e é composto de apenas uma tangente, com extensão total de 1.245,740 metros.

A seção transversal de projeto do km 1+540 possui as seguintes características:

- Pistas duplas com 6m de largura cada, compostas por duas faixas de tráfego de 3m;
- Ciclovias de sentido único com largura total de 1,5m, localizadas às margens das pistas;
- Passeios laterais variáveis com largura mínima de 1,2m até o alinhamento predial existente.

A seção transversal de projeto do km 2+000 possui as seguintes características:

- Pistas duplas com 3,5m de largura cada, compostas por uma faixa de tráfego de 3,5m;
- Ciclofaixas de sentido único com largura total de 1,5m, localizadas à direita das pistas;
- Canteiro central com largura total de 1m;
- Passeios laterais variáveis com largura mínima de 1,2m até o alinhamento predial existente.

As seções transversais tipo de projeto estão apresentadas no Volume 2, no capítulo do projeto geométrico, PG-01. As inclinações transversais da plataforma são variáveis, seguindo o caimento para os passeios laterais conforme o pavimento existente.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	UTILIZADA
Velocidade diretriz	60 km/h
Taxa máxima de superelevação	4%
Rampa máxima	6%
Valor mínimo de K para curvas verticais convexas:	
desejável	18
mínimo	5,4 (Existente)
Valor mínimo de K para curvas verticais côncavas:	
desejável	17
mínimo	5,4 (Existente)
Largura da faixa de rolamento	3,00 m
Gabarito mínimo vertical	5,50 m
Afastamento lateral mínimo da borda do acostamento:	
Obstáculos contínuos	0,50 m
Obstáculos isolados	0,50 m
Largura do Canteiro Central	5,00 m
Largura da Ciclovia	1,50 m (por sentido)
Largura mínima dos Passeios	1,50 m

Tabela 1-1 - Características geométricas utilizadas.

2. Projeto Planimétrico

O projeto planimétrico objetivou a compatibilização da geometria para a seção tipo do consolidado na via. Para isso, buscou-se evitar o alargamento da via existente, de modo a não atingir a linha de postes existente. Em certos trechos onde não foi registrada a presença de postes às margens da pista existente, optou-se pelo alargamento da via existente.

Com essa modificação as esquinas foram ajustadas para permitir o movimento de conversão dos veículos. Nas praças Thiago Wurth e Pio X, que se localizam centralizadas na avenida, foram organizados os movimentos dos veículos nas extremidades destas, de forma a possibilitar o retorno e acesso às vias transversais com um menor impacto no trânsito.

Ao longo da avenida, a fim de “acalmar” o trafego, reduzindo a velocidade dos veículos e possibilitando uma maior interação entre modais, serão implantadas passagens elevadas. Tais equipamentos, além de reduzir a velocidade, contribuem para uma maior segurança pois, são executados com pavimento de tonalidade e textura diferente levando o motorista a estar mais atento nessas regiões. Da mesma forma, os ciclistas e pedestres têm uma “brecha” maior para cruzar a avenida.

Ainda, os elementos elevados contribuirão para que os conflitos, principalmente nas extremidades da praça PIO X, sejam minimizados. Isso se dá pela redução da velocidade, criando

uma maior distância entre os veículos do fluxo principal, e dessa forma possibilitando uma fluidez maior para os fluxos de cruzamento e retorno. Tais elementos estão representados nas plantas planimétricas no Volume 2 do presente relatório.

A seguir é apresentado o relatório da planilha de coordenadas planimétrica com as informações do eixo projetado. Tais informações são úteis para a marcação dos serviços a serem executados.

PLANILHA DE COORDENADAS

PI	ESTAQUEAMENTO (Est. ou km)		PARÂMETROS DA CURVA			ALINHAMENTO			COORDENADAS	
	PC ou TE	PT ou ET	AC (°'")	R (m)	Dc (m)	Az (°'")	IntTan (m)	ΔPI (m)	X (m)	Y (m)
PP		1+245,000				93°35'46,79"	135,269	135,269	481.684,145	6.691.966,403
1	1+380,269	1+380,269	2°02'24,43" E			91°33'22,36"	56,700	56,700	481.819,148	6.691.957,918
2	1+436,969	1+436,969	2°20'01,36" D			93°53'23,72"	340,042	340,042	481.875,827	6.691.956,379
3	1+777,011	1+777,011	0°22'07,90" E			93°31'15,82"	155,135	155,135	482.215,085	6.691.933,310
4	1+932,146	1+932,146	0°19'53,01" D			93°51'08,83"	131,607	145,490	482.369,928	6.691.923,783
5	2+063,753	2+091,513	3°10'51,88" E	500	27,76	90°40'16,95"	18,285	60,536	482.515,090	6.691.914,007
6	2+109,798	2+166,517	3°14'58,98" D	1000	56,718	93°55'15,93"	39,873	97,541	482.575,621	6.691.913,298
7	2+206,390	2+264,856	9°34'15,75" D	350	58,466	103°29'31,67"	108,598	163,726	482.672,934	6.691.906,628
8	2+373,454	2+425,014	8°26'26,10" E	350	51,561	95°03'05,58"	8,732	43,646	482.832,141	6.691.868,429
9	2+433,746	2+451,908	5°12'11,09" D	200	18,162	100°15'16,67"	0,000	13,679	482.875,618	6.691.864,586
10	2+451,908	2+461,089	2°37'48,80" E	200	9,181	97°37'27,87"	29,651	34,243	482.889,078	6.691.862,151
PF	2+490,740								482.923,018	6.691.857,607

Tabela 2-1 - Planilha de Coordenadas.

3. Projeto Altimétrico

A altimetria do projeto geométrico foi condicionada pelos greides das pistas existentes. Procurou-se, na medida do possível, fazer a coincidência entre as cotas projetadas para as pistas a implantar e as cotas da pista existente. A seguir é apresentada a planilha de altimetria.

RELATÓRIO DE ALTIMETRIA

PIV	PONTOS CARACTERISTICOS						ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS								
	PCV		PIV		PTV		EM CURVA					EM RAMPA			
	Est. ou km	Cota (m)	Est. ou km	Cota (m)	Est. ou km	Cota (m)	e (m)	X1 (m)	X2 (m)	Δi (%)	k (m)	ΔPIV (m)	ΔCota (m)	Comp. (m)	i (%)
PP			1+245,000	2,300								135,00	0,27	135,00	0,20
1			1+380,000	2,570								60,00	0,09	60,00	0,15
2			1+440,000	2,660								60,00	-0,09	60,00	-0,15

RELATÓRIO DE ALTIMETRIA															
PIV	PONTOS CARACTERISTICOS						ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS								
	PCV		PIV		PTV		EM CURVA					EM RAMPA			
	Est. ou km	Cota (m)	Est. ou km	Cota (m)	Est. ou km	Cota (m)	e (m)	X1 (m)	X2 (m)	Δi (%)	k (m)	ΔPIV (m)	ΔCota (m)	Comp. (m)	i (%)
3			1+500,000	2,570								460,00	0,60	460,00	0,13
4			1+960,000	3,168								201,00	0,29	168,50	0,15
5	2+128,500	3,414	2+161,000	3,462	2+193,500	6,501	0,75	32,50	32,50	9,20	7,06	153,00	14,31	78,50	9,35
6	2+272,000	13,840	2+314,000	17,767	2+366,000	13,607	-2,02	42,00	52,00	-17,35	-5,42	104,00	-8,32	29,50	-8,00
7	2+395,500	11,247	2+418,000	9,447	2+440,500	9,507	0,47	22,50	22,50	8,26	5,45	56,00	0,15	23,50	0,26
8	2+464,000	9,569	2+474,000	9,595	2+484,000	9,895	0,07	10,00	10,00	2,74	7,31	16,74	0,50	6,74	3,00
PF			2+490,740	10,097											

Tabela 3-1 – Relatório de Altimetria.

4. Elementos Gráficos

No Volume 2, capítulo do Projeto Geométrico estão apresentadas as plantas de seção tipo e planialtimétricas. Nessas plantas é possível verificas os dados apresentados no presente relatório, bem como obter informações pontuais com detalhamento gráfico.

B – PROJETO DE TERRAPLENAGEM

B. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O projeto de terraplenagem tem por objetivo a definição das seções transversais de corte e de aterro, a localização, determinação e distribuição dos volumes estimados de materiais destinados a conformação da ampliação da via e a especificação dos procedimentos a serem adotados na execução dos serviços.

No desenvolvimento do projeto, foram considerados os seguintes elementos básicos:

- Estudos topográficos e projeto geométrico;
- Estudos hidrológicos;
- Relatórios sobre as condições geotécnicas do subleito;
- Visitas de inspeção ao trecho.

O projeto geométrico forneceu a seção transversal, a diretriz em planta e as cotas do greide.

1. Diretrizes do projeto

O projeto de terraplenagem consistiu, em síntese, no desenvolvimento das seguintes atividades:

- Definição das seções transversais-tipo;
- Cálculo de volumes.

A plataforma de terraplenagem foi dimensionada de modo a comportar a implantação das seções definidas no Projeto Geométrico.

Os desenhos das seções-tipo de terraplanagem estão apresentados no Volume 2, no capítulo Projeto de Terraplenagem, PT-01.

2. Notas de serviço

As notas de serviço de terraplenagem foram elaboradas através de programa computacional, de acordo com os elementos da seção transversal para cada segmento.

As notas de serviço contêm todos os elementos para as marcações necessárias à execução dos trabalhos de campo, constituídos por afastamentos e cotas de cada ponto característico da seção transversal.

3. Determinação dos volumes de terraplenagem

Os volumes de cortes e aterros necessários à implantação do projeto de terraplenagem foram estimados através da soma dos produtos das áreas em planta dos locais atingidos pela espessura das camadas de escavação e/ou aterro. As áreas em planta a escavar ou a aterrar foram determinadas por meio computacional. Os volumes foram determinados considerando-se as seções teóricas de cortes e aterros.

Na compensação dos volumes de cortes e aterros, foram adotados coeficientes de compactação. Para os solos provenientes da remoção dos passeios existentes para alargamento da pista destinado ao preenchimento dos canteiros o coeficiente foi de 1, ou seja, o solo não será compactado. Já para o solo restante destinado à bota-fora, foi utilizado o fator de 1,3 para a compensação, tendo em vista que o bota-fora poderá ser compactado.

4. Bota-Fora

No presente projeto, por se tratar de uma ampliação de via existente, os serviços de terraplenagem resultaram em excesso de material. Este será destinado para um bota-fora especificado pela prefeitura à uma DMT média de 10 quilômetros do trecho.

5. Volumes calculados

A seguir são apresentadas as tabelas com a memória dos volumes de corte (remoções) e aterro dos canteiros. Todos os volumes apresentados são geométricos e são compensados apenas para os serviços pertinentes.

CORTE 1ª CAT.							
SERVIÇO	**LADO**	**KM INÍ.**	**KM FIM**	**EXT.**	**ÁREA**	**ESP.**	**VOLUME**
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LE	1+245	1+369	131,10	195,59	0,15	29,34
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LD	1+365	1+245	124,08	184,25	0,15	27,64
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LD	1+397	1+516	122,13	175,31	0,15	26,30
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LE	1+517	1+400	123,11	178,52	0,15	26,78
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LD	1+526	1+600	73,94	100,04	0,15	15,01

Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LE	1+601	1+527	73,92	103,67	0,15	15,55
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LD	1+611	1+682	71,05	101,87	0,15	15,28
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LE	1+682	1+611	71,25	103,13	0,15	15,47
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LD	1+692	1+757	65,65	96,06	0,15	14,41
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LE	1+692	1+759	67,45	98,68	0,15	14,80
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LD	1+776	1+820	58,29	84,06	0,15	12,61
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LD	1+777	1+825	66,85	99,73	0,15	14,96
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LE	1+835	1+921	90,26	135,08	0,15	20,26
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LD	1+920	1+829	95,12	142,21	0,15	21,33
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LE	1+932	1+923	12,84	17,15	0,15	2,57
Passeio Existente p/ Ciclovia (15cm)	LE	2+076	2+130	82,67	105,96	0,15	15,89
Passeio Existente p/ Pav. Elev. (66cm)	LE	1+411	1+432	24,00	10,77	0,66	7,11
Passeio Existente p/ Pav. Elev. (66cm)	LD	1+432	1+410	24,00	23,26	0,66	15,35
Passeio Existente p/ Pav. Elev. (66cm)	LD	1+776	1+786	18,90	9,77	0,66	6,45
Passeio Existente p/ Pav. Elev. (66cm)	LD	1+820	1+829	9,30	13,12	0,66	8,66
Passeio Existente p/ Pav. Elev. (66cm)	LE	1+837	1+822	15,69	32,71	0,66	21,59
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+247	1+362	118,13	57,10	0,91	51,96
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LE	1+312	1+366	58,65	26,32	0,91	23,95
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+325	1+325	10,91	14,44	0,91	13,14
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LE	1+366	1+391	24,80	28,14	0,91	25,61
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+395	1+393	8,70	31,52	0,91	28,68
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LE	1+432	1+461	31,64	13,55	0,91	12,33
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+440	1+468	28,73	60,41	0,91	54,97
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+517	1+512	4,75	1,39	0,91	1,26
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+529	1+526	3,57	2,54	0,91	2,31
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+614	1+611	3,28	0,60	0,91	0,55
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+682	1+678	4,18	1,17	0,91	1,06
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+695	1+692	3,33	0,40	0,91	0,36
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+766	1+746	32,41	92,28	0,91	83,97
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+775	1+781	9,46	6,12	0,91	5,57
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LD	1+817	1+831	14,43	16,20	0,91	14,74
Passeio Existente p/ Pav. Novo (76+15cm)	LE	2+104	2+130	27,43	16,08	0,91	14,63
						TOTAL GEOMÉTRICO	**682,47**
						TOTAL HOMOGENEIZADO	**524,98**

Tabela 5-1 - Memória dos volumes de corte.

ATERRO NÃO COMPACTADO PARA CANTEIROS							
SERVIÇO	LADO	KM INI.	KM FIM	EXTE.	ÁREA	ESP.	VOLUME
REATERRO CANTEIRO	EIXO	1+316	1+306	13,49	43,74	0,28	12,25
REATERRO CANTEIRO	LE	1+381	1+393	12,69	57,53	0,28	16,11
REATERRO CANTEIRO	EIXO	1+770	1+761	11,71	69,81	0,28	19,55
REATERRO CANTEIRO	EIXO	1+774	1+771	7,46	11,53	0,28	3,23
REATERRO CANTEIRO	EIXO	2+066	1+937	134,24	172,80	0,28	48,38
						TOTAL GEOMÉTRICO	**99,51**

Tabela 5-2 - Memória Aterros dos Canteiros.

6. Quantidades de Terraplenagem

A Tabela 6-1 apresenta as quantidades de terraplenagem. Os materiais provenientes das remoções dos passeios e canteiro central que serão destinados à bota-fora tiveram seus serviços divididos em escavação, a carga e descarga, transporte e espalhamento tendo em vista que a DMT utilizada foi de 10 quilômetros.

REF.	CÓDIGO	SERVIÇO	UNID.	QUANTIDADE
SINAPI	74154/001	Escavacao, carga e transporte de material de 1a categoria, dmt 50 a 200m (para aterro canteiroas não compactado)	m³	99,51
SINAPI	74205	ESCAVACAO DE MATERIAL 1A. CATEGORIA (SUBLEITO) (p/ Bota-Fora)	m³	582,94
SINAPI	74010/001	CARGA E DESCARGA MECANICA DE SOLO UTILIZANDO CAMINHAO BASCULANTE 6,0M3 /16T E PA CARREGADEIRA SOBRE PNEUS 128 HP, CAPACIDADE DA CAÇAMBA 1,7 A 2,8 M3, PESO OPERACIONAL 11632 KG (p/ Bota-Fora)	m³	757,83
SINAPI	97914	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 6 M3, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_01/2018 (p/ Bota-Fora DMT 10km)	m³xkm	7.578,28
SINAPI	100574	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_11/2019 (Espalhamento de Bota-fora)	m³	448,42
	-	aterro não compactado para canteiro	m³	99,51

Tabela 6-1 - Tabela de Quantidades da Terraplenagem.

C – PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO E RESTAURAÇÃO

C. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO E RESTAURAÇÃO

O projeto de pavimentação e restauração visa definir as estruturas a serem implantadas em locais específicos das pistas principais definidas para a ampliação e aumento da capacidade da Avenida Rio Grande do Sul, no segmento entre a Rua Pelotas e a BR-116/RS, bem como a estrutura a ser implantada para a nova ciclovia prevista para o segmento estudado. Já o projeto de restauração busca indicar os serviços a serem realizados, de forma que a estrutura existente restabeleça suas condições originais. Para isso, o desenvolvimento do projeto foi fundamentado nos subsídios proporcionados pelos Estudos Geotécnicos e pelo Estudo de Tráfego. Sendo definindo também, os materiais a serem utilizados, as especificações de serviços a serem atendidas e as quantidades de serviços a executar.

Para o dimensionamento da estrutura do pavimento flexível a ser implantado foi utilizado o Método DNER – conforme o Manual de Pavimentação do DNIT (publicação IPR – 719/2006) e complementado pelo Método TECNAPAV (DNER-PRO 269/94) para a fixação da espessura mínima dos revestimentos betuminosos, posteriormente feita a análise pelo método AASHTO/93. Já para o dimensionamento da estrutura com revestimento em blocos pré-moldados de concreto, do tipo Pav-S, utilizou-se a instrução de serviço IP-06 Instrução para dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto, da Prefeitura Municipal de São Paulo.

1. PAVIMENTO NOVO

1.1 Parâmetros representativos do tráfego para o período de projeto

De acordo com o estabelecido nos Estudos de Tráfego, desenvolvido a partir de dados de contagem disponibilizados pelo Plano de Mobilidade Urbana do Município de Canoas, foram utilizados no dimensionamento do pavimento, como número de repetições do eixo padrão de 8.2 t (número “N”), para uma vida útil de 10 anos, os valores apresentados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Solicitações do Tráfego sobre o Pavimento

TRECHO	***N_{10}***	***FV***
Avenida Rio Grande do Sul	4,29x 10^7	USACE
Avenida Rio Grande do Sul	2,51x 10^7	AASHTO

1.2. Características geotécnicas dos materiais constituintes do subleito

De acordo com estudos pré-existentes encaminhados pela Prefeitura de Canoas, o segmento em estudo se caracteriza por apresentar materiais de baixa resistência a pouca profundidade, bem como a ocorrência de um elevado nível d’água, o que induz para redução in loco da capacidade de suportar as cargas impostas pelo tráfego. Desta forma, o Índice de Suporte Califórnia a adotar, com vista ao dimensionamento da estrutura do pavimento, é o apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Índice de Suporte do Subleito de Projeto

SEGMENTO	*ISC_P*
SOLO LOCAL	5

1.3. Tipo de Solo do Subleito

De acordo com os critérios do Método TECNAPAV (DNER-PRO 269/94), o subleito do projeto em questão pode ser classificado como tipo III.

1.4. Concepção do Pavimento

A concepção do pavimento levou em consideração as características dos solos e do clima da região, o volume e as cargas do tráfego para o período de projeto e a geometria do projeto.

Isso posto, adotar-se-á, no caso presente, estrutura de pavimento composta das camadas de materiais, a seguir descritas:

- **Revestimento betuminoso (Camada de Rolamento)**, de Concreto Asfáltico com classificação de acordo com a Faixa C do DNIT (ES - 031/2006).

- **Revestimento betuminoso (Camada de Ligação - Binder)** , de Concreto Asfáltico com classificação de acordo com a Faixa B do DNIT (ES - 031/2006).

- **Camada de base**, de brita graduada de acordo com a norma DNIT (ES - 141/2010), pelo fato de ser esta constituída de material de elaboração e aplicação totalmente mecanizada.

- **Camada de sub-base**, de macadame seco , pelo fato de ser esta constituída de material de elaboração e aplicação totalmente mecanizada e apresentar capacidade drenante superior a brita graduada.

1.5. Dimensionamento da estrutura do pavimento

Conforme descrito anteriormente, o dimensionamento da estrutura do pavimento flexível a ser implantado foi utilizado o Método DNER – conforme o Manual de Pavimentação do DNIT (publicação IPR – 719/2006), complementado pelo Método TECNAPAV (DNER-PRO 269/94) para a fixação da espessura mínima dos revestimentos betuminosos.

Apresenta-se, a seguir, a memória de cálculo, e o resultado do dimensionamento.

1.5.1. Coeficientes de equivalência estrutural

Para o dimensionamento da estrutura, serão adotados os coeficientes de equivalência estrutural dos materiais constituintes do pavimento conforme preconizado pelo método de dimensionamento, apresentados na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Coeficientes de Equivalência Estrutural

MATERIAL	***C.E.E***
Concreto Asfáltico (K_{CB})	2,00
Brita Graduada (K_{CG})	1,00
Macadame Seco (K_{MS})	1,00
Obs.: C.E.E – Coeficiente de Equivalência Estrutural	

1.5.2. Memória de Cálculo

A seguir, é apresentada a memória de cálculo do dimensionamento da estrutura do pavimento.

Para o caso em estudo, os parâmetros utilizados são os seguintes:

- ISC_{SL} = 5% (Subleito)
- $N_{10^o\ ano} = 4{,}29 \times 10^7$
- Tipo de solo SUBLEITO: III

A deflexão admissível de projeto D_p para atender o critério de fadiga é definida pela fórmula abaixo:

$$\log (D_p) = 3{,}148 - 0{,}188 \log (N_p) = 3{,}148 - 0{,}188 \log (4{,}29 \times 10^7)$$

$$\log (D_p) = 1{,}71 \Rightarrow D_p = 51{,}65 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Para o solo Tipo III, as constantes relacionadas às características resilientes dos solos do subleito são:

$$I_1 = 0 \text{ e } I_2 = 1$$

A espessura total mínima de revestimento betuminoso (CBUQ) foi calculada conforme a sequência a seguir:

$$H_{cb} = -5{,}737 + 807{,}961/ D_p + 0{,}972\ I_1 + 4{,}101\ I_2$$

$$H_{cb} = -5{,}737 + 807{,}961/51{,}65 + 0{,}972 \times 0 + 4{,}101 \times 1 \cong 14{,}0 \text{ cm};$$

Considerando o método de dimensionamento DNER, a espessura mínima do revestimento betuminoso, tendo em vista $10^7 < N < 5 \times 10^7$ deve ser de 10,0 cm. Porém para atender o critério da fadiga, o revestimento betuminoso deve ter espessura mínima de 14,0 cm.

Considerando os valores de obtidos para o número "N" e para o ISCp, a espessura total do pavimento para proteção ao subleito contra as deformações permanentes pode ser obtida de acordo com a Figura 43 – Determinação de espessura do pavimento, da página 149 do Manual de Pavimentação do DNIT (Publicação IPR – 719/2016). O resultado para estrutura do pavimento em estudo necessita-se da espessura em termos granulares mínima de H_5 = 69,21 cm ≅ 70 cm.

Sendo assim, as espessuras das camadas do pavimento podem ser determinadas conforme o resultado da inequação (1) apresentadas a seguir, considerando o revestimento em CBUQ (K=2,0) e base ou sub-base de material granular (K=1,0).

$$R \times K_R + B \times K_B + SB \times K_{SB} \geq H_{SL} \qquad (1)$$

Onde:

R = Espessura do revestimento

K_R = Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento

B = Espessura da base

K_B = Coeficiente de equivalência estrutural da base

SB = Espessura sub-base

K_{SB} = Coeficiente de equivalência estrutural da sub-base

Portanto,

$$R \times K_R + B \times K_B + SB \times K_{SB} \geq H_{SL}$$

$$14{,}0\ cm \times 2{,}0 + B \times 1{,}0 + SB \times 1{,}0 \geq 70{,}0\ cm$$

$$B + SB \geq 70{,}0\ cm - 28\ cm$$

$$B + SB \geq 42{,}0\ cm$$

Após a realização dos cálculos, os resultados obtidos indicam que a estrutura do pavimento a ser adotada para a ampliação e aumento da capacidade da Avenida Rio Grande do Sul poderá ser a seguinte:

- Revestimento: 14,0 cm de CBUQ sendo:
  - 7,0 cm de camada de ligação com CAP 50/70, Faixa B do DNIT
  - 7,0 cm de camada de rolamento com CAP 50/70, Faixa C do DNIT
- Base 1ª Camada: 11,0 cm de brita graduada simples (BGS);
- Base 2ª Camada: 11,0 cm de brita graduada simples (BGS);
- Sub-Base: 20,0 cm de Macadame Seco (MS).

1.6. Análise da estrutura polo método da AASHTO/93

Para realização da análise de desempenho da estrutura do pavimento, dimensionada pelo método de dimensionamento DNER, foi utilizado o método da AASHTO/93 que se trata de um método empírico baseado em critérios de desempenho obtido em pistas experimentais.

Desta forma, a Análise do Desempenho das Estruturas foi efetuada utilizando o método AASHTO 1993, sendo adotados os parâmetros arrolados a seguir:

- Número de Operações do Eixo Padrão: 2,51 x 10^7 (AASHTO)
- Serventia Inicial: $P_0 = 4.2$
- Perda de Serventia: $\Delta P = 1,9$
- Serventia Terminal: $Pt = 2,3$
- Nível de confiabilidade: R = 85% (Rodovia arterial principal urbana, Quadro 1)
- Desvio padrão normal: Zr = 1,037
- Desvio padrão total: $S_0 = 0,35$

Quadro 1 – Níveis de confiabilidade das classificações funcionais

CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL	NÍVEL DE CONFIABILIDADE RECOMENDADO	
	URBANA	RURAL
INTERESTADUAL E OUTRAS FREEWAYS	85-99,9	80-99,9
ARTERIAIS PRINCIPAIS	80-99	85-95
COLETORAS	80-95	75-95
LOCAL	50-80	50-80

O Módulo de Resiliência do subleito foi calculado usando a correlação com o valor do CBR adotado, conforme equação proposta por Powell et al. (1984) (Nazaal, J.A.G), reproduzida abaixo:

$$M_R(psi) = 2550 x CBR^{0,64}$$

Sendo assim, para um CBR do subleito de CBR = 5,0%, tem-se:

$$M_R(psi) = 2550 \times 5{,}0^{0,64} = 7143$$

Ainda, tendo em vista a segurança, foi utilizado para determinação do Módulo efetivo, os critérios estabelecidos no AASHTO (GUIDE FOR DESIGN PAVEMENT STRUCTURES, seção II-13). Desta forma, foram considerados os fatores de ajustamento sazonal na estimativa dos danos relativos com base nas precipitações pluviométricas de Porto Alegre, conforme apresentadas no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 – Média de Precipitação Pluviométrica de Porto Alegre, por mês

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
100,1	108,6	104,4	86,1	94,6	132,7	121,7	140	139,5	114,3	104,2	101,2

Fonte: CEIC

Através destes dados, levando em consideração as temperaturas médias por mês, estipulou-se fatores de ajustamentos sazonais mensais, os quais são demonstrados no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Fator sazonal, por mês

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1,00	1,00	1,00	0,90	0,85	0,75	0,75	0,75	0,90	0,90	1,00	1,00

Juntamente com os módulos efetivos correspondentes a cada mês, também foram calculados os danos relativos, sendo utilizada a seguinte fórmula:

$$u_f = 1{,}18x10^8 xM_R^{-2,32}$$

Onde:

u_f = Dano Relativo;

M_R = Módulo de resiliência do subleito (psi).

Desta forma, tendo como base os fatores apresentados no Quadro 3, é apresentado no Quadro 4 o dano médio relativo μ_f e o módulo efetivo MR (psi), do subleito do segmento em estudo da Avenida Rio Grande do Sul.

Quadro 4 – Dano médio relativo e Módulo efetivo do subleito

Nº	MÊS	FATOR AJUST. SAZONAL	MÓDULO DO SUBLEITO - M_R (PSI)	DANO RELATIVO u_i
1	JANEIRO	1,00	7.143	0,135
2	FEVEREIRO	1,00	7.143	0,135
3	MARÇO	1,00	7.143	0,135
4	ABRIL	0,90	6.429	0,173
5	MAIO	0,85	6.072	0,197
6	JUNHO	0,75	5.357	0,263
7	JULHO	0,75	5.357	0,263
8	AGOSTO	0,75	5.357	0,263
9	SETEMBRO	0,90	6.429	0,173
10	OUTUBRO	0,90	6.429	0,173
11	NOVEMBRO	1,00	7.143	0,135
12	DEZEMBRO	1,00	7.143	0,135
DANO MÉDIO				0,182
MÓDULO EFETIVO M_R (psi)				6.287

Como coeficiente de equivalência estrutural do reforço do subleito granular, da Sub-base granular, da Base Granulares e da camada de material betuminoso, são os indicados no AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, os seguintes valores a saber:

Coeficiente de equivalência estrutural do CBUQ: a_1 = 0,44 (Camada Nova);

Coeficiente de equivalência estrutural da Base Granular: a_2 = 0,14 (Base nova);

Coeficiente de equivalência estrutural do Reforço do Subleito ou da Sub-base Granular: a3 = 0,12 (Reforço ou Sub-base granulares novos);

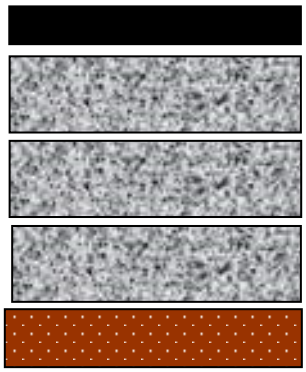
Para determinação do fator de drenagem “Drainage factor - m” foram consideradas as informações, conforme constam na Tabela 4 a seguir, obtida no Método AASHTO/1993.

Tabela 4 – Fator de drenagem

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1-5%	5-25%	Greather Than 25%
Excellent	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Good	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Fair	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Poor	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Very Poor	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

No caso em estudo foi considerada a qualidade da drenagem “Regular” e porcentagem de tempo de exposição da Estrutura à umidade na faixa de 5 – 25% o que remete a um fator de drenagem no entorno de $m \cong 0{,}90$.

De acordo com o pavimento dimensionado a partir do método DNER, complementado pelo Método TECNAPAV (DNER-PRO 269/94), a seguir é apresentada a estrutura obtida nos cálculos realizados para a Avenida Rio Grande do Sul em Canoas/RS.



Revestimento - 14,0 cm de CBUQ Convencional

Base - 11,0 cm de Brita Graduada Simples (BGS)

Base - 11,0 cm de Brita Graduada Simples (BGS)

Sub-Base - 20,0 cm de Macadame Seco

(Subleito Local - ISC ≧ 5%)

Figura 1 – Estrutura Dimensionada Método DNER/TECNAPAV

Salienta-se que a camada de Revestimento deverá ser executada em duas etapas, sendo a primeira etapa com espessura de 7,0 cm (Binder) e a segunda de 7,0 cm (Camada de Rolamento).

Para Análise do Desempenho da Estrutura incialmente foi realizado o cálculo do número estrutural de projeto requerido “SN”, de acordo com a metodologia proposta pela AASHTO e utilizando os parâmetros definidos anteriormente, conforme apresentado na Figura 2 a seguir:

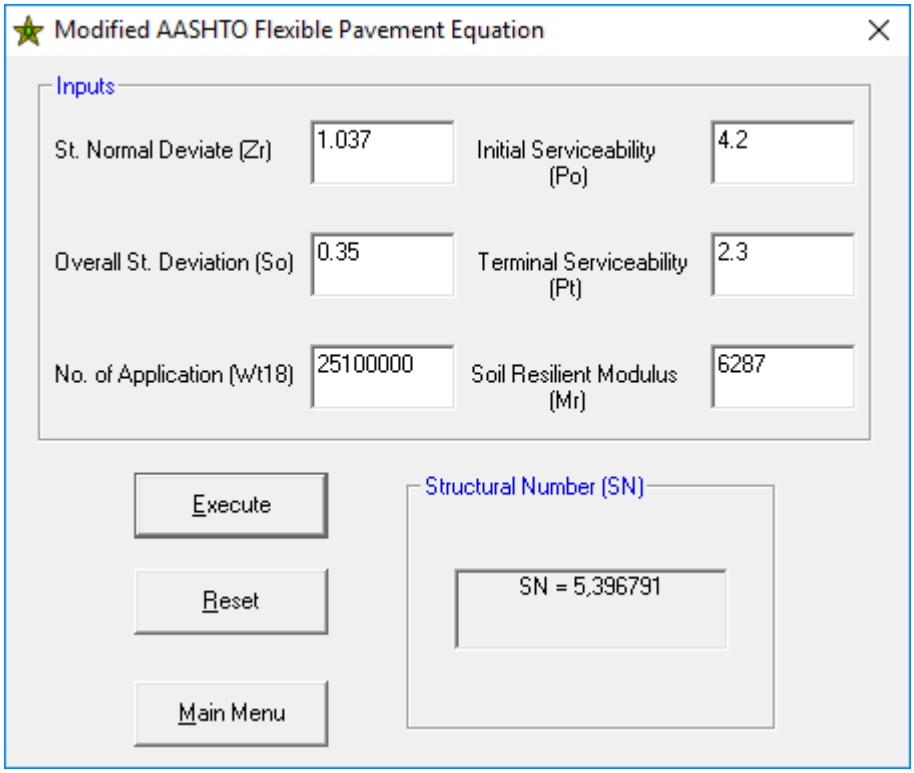


Figura 2 – Cálculo do Número estrutural (SN) requerido

Conforme pode ser verificado no cálculo apresentado na Figura 2, o Número Estrutural de projeto requerido corresponde a SN = 5,40, para uma vida de projeto de 10 anos e considerando um nivel de confiabilidade de 85%.

Considerando ainda, os parâmetros definidos foram realizados os cálculos para definição do Número Estrutural corresponte a estrutura em análise. O Quadro 5 a seguir apresenta os resultados obtidos na análise da estrutura do pavimento pelo método AASHTO/1993.

Quadro 5 – Cálculo do Número Estrutural - Estrutura Dimensionada pelo Método DNER/TCNAPAV

Nº	CAMADA	ESPESSURA - (D)		a_i		m_i	$D_i.a_i.m_i$
		(cm)	(in)	(in^{-1})	(cm^{-1})		
1	CBUQ	14,0	5,5	0,44	0,17	-	2,42
2	BASE BGS	22,0	8,7	0,14	0,06	-	1,22
3	SUB-BASE MS	20,0	7,9	0,12	0,05	0,90	0,95
4	REF.P/SUBLEITO	0,0	0,0	0,12	0,05	0,90	0,00
NÚMERO ESTRUTURAL - SN_2							4,59

Conforme verificado no Quadro 5, o Número Estrutural referente à Estrutura dimensionada através do método DNER, para a Avenida Rio Grande do Sul, corresponde a SN = 4,59, para uma vida de projeto de 10 anos e considerando um nivel de confiabilidade de 95%, não atendendo aos requisitos do método de análise da AASHTO/93. Sendo necessário, desta forma, a readequação da estrutura inicialmente dimensionada de forma a se obter um Número Estrutural SN ≥ 5,40.

Para isso, foi indicada a seguinte estrutura a ser avaliada:

- Revestimento: 14,0 cm de CBUQ sendo:
  - 7,0 cm de camada de ligação com CAP 50/70, Faixa B do DNIT
  - 7,0 cm de camada de rolamento com CAP 50/70, Faixa C do DNIT
- Base: 22,0 cm de brita graduada simples (BGS);
- Sub-Base: 20,0 cm de Macadame Seco (MS).
- Reforço do Subleito: 20,0 cm de Reforço com Rachão.

1.7. Análise de desempenho da estrutura indicada (AASHTO/93)

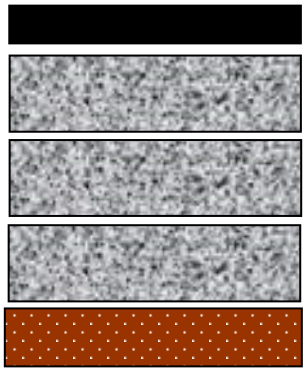
Para análise do desempenho da Estrutura indicada, foi levado em consideração o cálculo do número estrutural de projeto requerido "SN", conforme apresentado na Figura 2, correspondendo a SN = 5,40, para uma vida de projeto de 10 anos e considerando um nível de confiabilidade de 85%.

O Quadro 6 a seguir apresenta os resultados obtidos na análise da estrutura indicada, pelo método AASHTO/1993, apresentando um SN = 5,44, ou seja, superior ao requerido pela estrutura.

Na Figura 3 é representada a estrutura final que deverá ser executada para os locais de implantação de pavimentos novos para pista de rolamento com revestimento em CBUQ, para o segmento em estudo da Av. Rio Grande do Sul em Canoas.

Quadro 6 – Cálculo do Número Estrutural - Estrutura Dimensionada pelo Método AASHTO/93

Nº	CAMADA	ESPESSURA - (D)		a_i		m_i	$D_i.a_i.m_i$
		(cm)	(in)	(in^{-1})	(cm^{-1})		
1	CBUQ	14,0	5,5	0,44	0,17	-	2,42
2	BASE BGS	22,0	8,7	0,14	0,06	-	1,22
3	SUB-BASE MS	20,0	7,9	0,12	0,05	0,90	0,95
4	REF.P/SUBLEITO	20,0	7,9	0,12	0,05	0,90	0,85
NÚMERO ESTRUTURAL - SN_2							5,44



Revestimento - 14,0 cm de CBUQ Convencional

Base - 22,0 cm de Brita Graduada Simples

Sub-Base - 20,0 cm de Macadame Seco

Reforço - 20,0 cm de Rachão

(Subleito Local - ISC ≧ 5%)

Figura 3 – Estrutura Dimensionada Método AASHTO

2. CICLOVIA

2.1. Estrutura Indicada para Ciclovia

Buscando estruturar o pavimento da ciclovia a ser implantada, para que possa atender aos requisitos mínimos de eventuais sobrecargas (eventual passagem de algum veículo de carga) é indicada a disposição do pavimento apresentada na Figura 4, composta por uma camada de Base de Brita Graduada Simples de 13,0 cm e uma camada de revestimento em CBUQ de 4,0 cm.

Revestimento - 4,0 cm de CBUQ Convencional

Base - 13,0 cm de Brita Graduada Simples (BGS)

(Subleito Local)

Figura 4 – Estrutura Indicada para o Pavimento da Ciclovia

2.2. Análise do Desempenho da Estrutura da Ciclovia

Para análise do desempenho da estrutura da ciclovia, foi levado em consideração o cálculo do número estrutural de projeto requerido "SN", correspondendo a SN=1,42 (Figura 5), para uma vida de projeto de 10 anos e considerando que a estrutura eventualmente será solicitada por algum veículo de carga. No Quadro 7 a seguir são apresentados os resultados obtidos na análise da estrutura sugerida, utilizando o método AASHTO/1993.

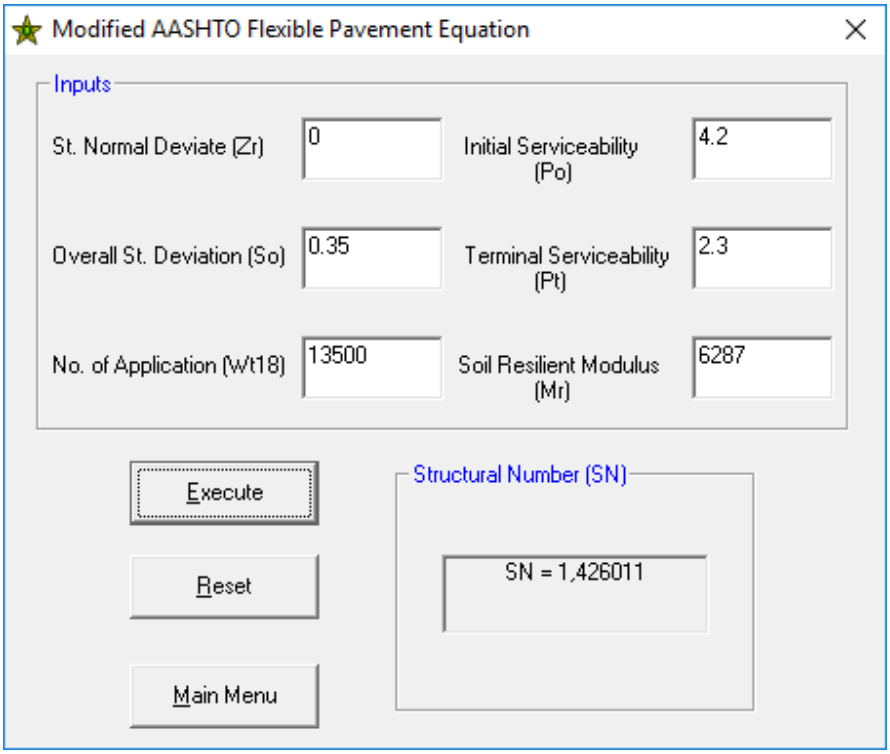


Figura 5 – Cálculo do Número estrutural (SN) requerido para a ciclovia

Quadro 7 – Cálculo do Número Estrutural

Nº	CAMADA	ESPESSURA - (D)		a_i		m_i	$D_i.a_i.m_i$
		(cm)	(in)	(in^{-1})	(cm^{-1})		
1	CBUQ	4,0	1,6	0,44	0,17	-	0,70
2	BASE BGS	13,0	5,1	0,14	0,06	-	0,71
NÚMERO ESTRUTURAL - SN_2							1,42

Conforme pode ser verificado no Quadro 7, o SN correspondente a estrutura sugerida para a implantação da nova ciclovia corresponde a SN = 1,42, quando considerada uma vida de projeto de 10 anos e um nível de confiabilidade de 50%.

Desta forma, considerando os resultados obtidos na análise do desempenho, verifica-se que o número estrutural de projeto corresponde a SN = 1,42 e que os resultados obtidos da análise de desempenho da estrutura apontam para um número estrutural com valor de SN = 1,42. Portanto a estrutura sugeria para a ciclovia, ao considerar eventual exposição a passagem de algum veículo de carga, atenderá aos requisitos mínimos de resistência.

3. PAVIMENTO ELEVADO (PAV-S)

Buscando dimensionar a estrutura a ser implantada nos locais de pavimento elevado com emprego de blocos pré-moldados de concreto, do tipo Pav-S, adotou-se como referência a IS IP-06 - Instrução de Serviço para dimensionamento de pavimentos em blocos intertravados de concreto, da Prefeitura Municipal de São Paulo.

Nesta Instrução de Serviço, em função do tráfego apresentar no segmento $N \geq 10^7$ será adotado o Procedimento “A” de dimensionamento para os pavimentos em blocos intertravados de concreto.

3.1. Camada de Revestimento

No Quadro 8 a seguir, são demonstradas as espessuras necessárias para os blocos, bem como a resistência a compressão simples, em função do Número N de projeto.

Quadro 8 – Espessura e Resistência dos Blocos de Revestimento (IP-06 PMSP)

TRÁFEGO	***ESPESSURA REVESTIMENTO***	***RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES***
$N \leq 5x10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5x10^5<N<10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Desta forma para o segmento em estudo da Avenida Rio Grande do Sul, será necessário um bloco de concreto Pav-S de espessura e = 10,0 cm e resistência a compressão simples de 50 Mpa. Por definição é adotada uma camada de areia para assentamento dos blocos a qual deverá ter uma espessura após compactada de 5,0 cm.

3.2. Camada de Sub-Base

Na Figura 6, a seguir, é apresentado o ábaco extraído da Instrução de Serviço IP-06, o qual utiliza como referência o número “N” de projeto e o CBR do Subleito, para determinar a espessura necessária de Sub-Base do pavimento com Pav-S.

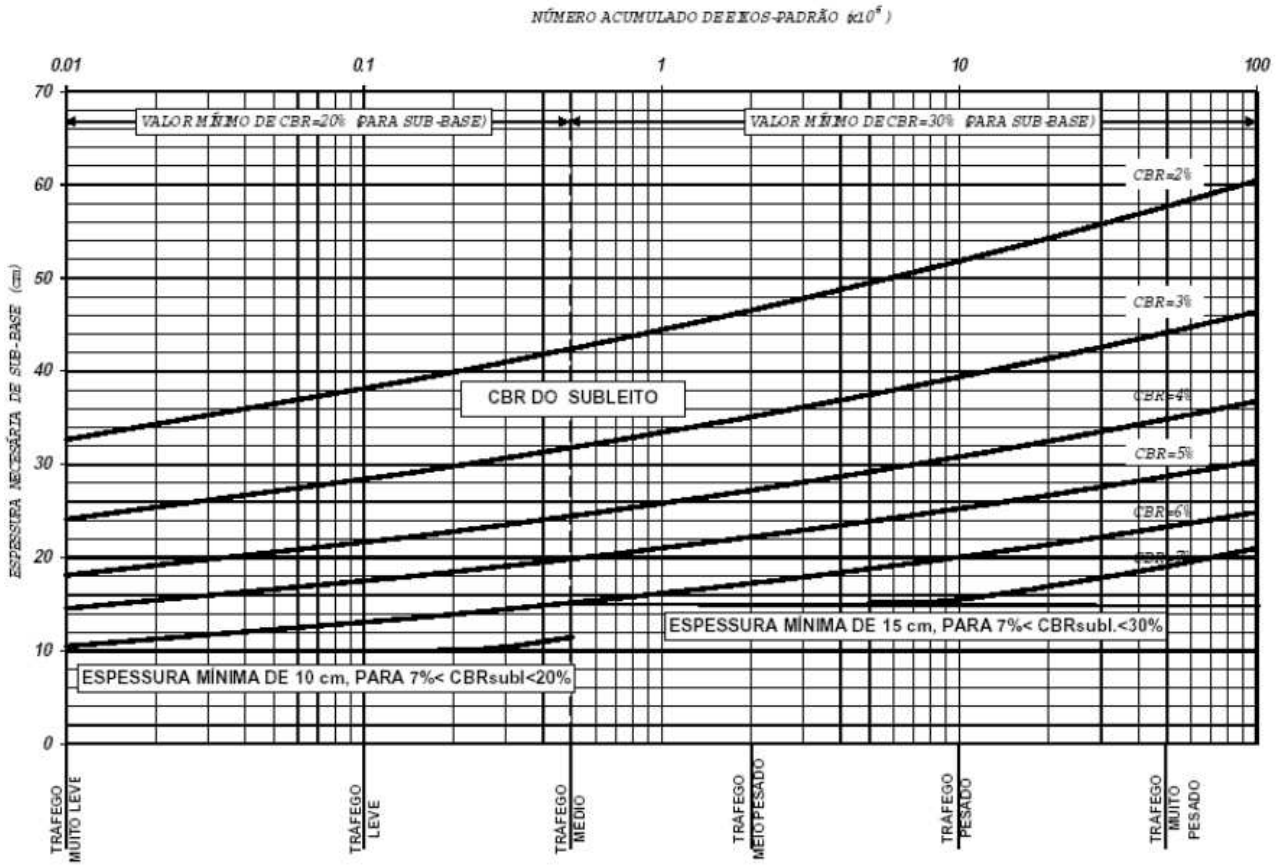


Figura 6 – Espessura necessária de Sub-Base (IP-06 PMSP)

De acordo com o ábaco da Figura 6, para a Sub-Base do pavimento com Pav-S, da Avenida Rio Grande do Sul, será necessário no mínimo 26,0 cm de Material Granular.

3.3. Camada de Base

Na Figura 7, a seguir, é apresentado o ábaco extraído da Instrução de Serviço IP-06, o qual utiliza como referência o número “N” de projeto para determinação da espessura necessária de uma camada de Base Cimentada.

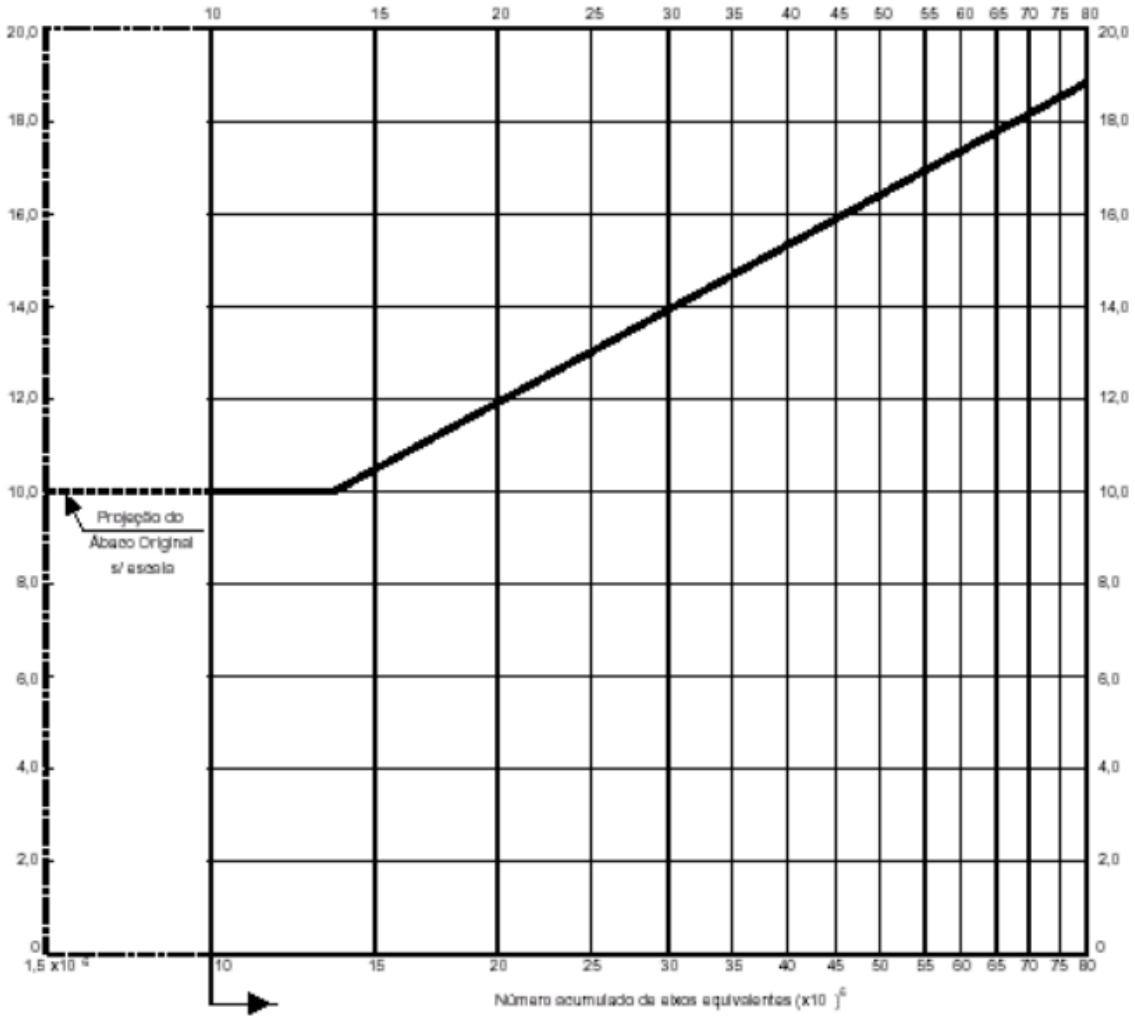


Figura 7 – Espessura necessária de Base Cimentada (IP-06 PMSP)

De acordo com o ábaco da Figura 7, para a Base Cimentada do pavimento com Pav-S, da Avenida Rio Grande do Sul, será necessário no mínimo uma espessura de 15,0 cm.

3.4. Estrutura Dimensionada (Pavimento Elevado de Pav-S)

A partir do dimensionamento realizado pelo método da IS IP-06 para pavimentos de bloco de intertravados de concreto, da Prefeitura Municipal de São Paulo, obteve-se a seguinte estrutura necessária apresentada na Figura 8, para os locais de implantação de pavimento elevado do projeto da Av. Rio Grande do Sul.

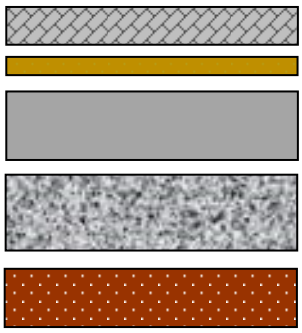


Figura 8 – Estrutura Dimensionada para o Pavimento Elevado de acordo com a IS IP-06 da PMSP

Visando compatibilizar os materiais a serem utilizados na base do pavimento elevado, com os materiais a serem utilizados para a base do pavimento com revestimento em CBUQ, de forma a simplificar a execução das estruturas, a base cimentada será substituída por uma base granular. Desta forma, foi realizada a equivalência estrutural destas camadas, um vez que a camada cimentada apresenta um fator de equivalência estrutural de k = 1,65, resultando em uma camdada de base granular de 20,0 cm conforme o calculo apresentado a seguir.

$$B_{granular} = B_{cimentada} \times k = 15,0 \times 1,65 = 24,75 \cong 25,0 \text{ cm}$$

Desta forma, comiserando o revestimento com blocos de espessura de 10 cm e a camada de assentamento com espessura de 5 cm, será necessário um total de base + sub-base granulares com uma espessura de 51 cm, as quais poderão ser distribuídas conforme a Figura 9 a seguir.

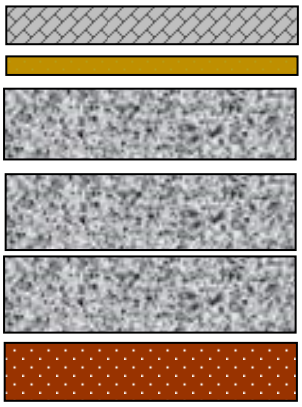


Figura 9 – Estrutura Equivalente definida para de Projeto

4. ANÁLISE DOS LEVANTAMENTOS PARA RESTAURAÇÃO

4.1. Levantamento Viga Benkelman

A Viga Benkelman é um dispositivo mecânico que mede, por meios não destrutivo, os deslocamentos verticais de um ponto de contato no pavimento, entre as duas rodas duplas de um caminhão, sob um eixo de carga, com uma determinada pressão de pneus e uma carga pré-estabelecida para esse eixo.

Desta forma, a Viga Benkelman mede a flecha máxima da linha de deformação elástica do pavimento sob a ação de uma carga.

Sendo assim, de forma a possibilitar a medição das deflexões do pavimento existente, para o segmento em estudo da Avenida Rio Grande do Sul, foram realizadas leituras em campo e análises dos resultados obtidos, buscando subsidiar a solução adotada para restauração do pavimento existente, conforme apresentados na seguir.

Foto 1 – Levantamento Deflectométrico com Viga Benkelman, Av. Rio Grande do Sul

As medidas de deflexões recuperáveis com o emprego da Viga Benkelman foram realizadas para Avenida Rio Grande do Sul, correspondendo ao segmento do km 1+245 ao km 2+490,74. Conforme registo fotográfico apresentado na Foto-1.

Os levantamentos foram realizados de acordo com o método de ensaio DNER-ME 024/94 com espaçamento entre estações de ensaio de aproximadamente 20 m em 20 m, alternando pista direita e esquerda, sendo as leituras realizadas na trilha externa. Desta forma, a deflexão do pavimento no ponto de prova foi calculada através da seguinte equação:

$$D_o = (L_o - L_f).a/b$$

Onde:

Do - deflexão real ou verdadeira, em centésimo de milímetros;

Lo - leitura inicial, em centésimo de milímetros;

Lf - leitura final, em centésimo de milímetros;

a e b - dimensão da viga Benkelman, sendo “a” a distância entre a articulação e a ponta de prova e “b” a distância entre o extensômetro e a articulação (a/b – Constante da Viga Benkelman).

Os resultados obtidos para as deflexões medidas com a utilização da Viga Benkelman estão apresentados no capítulo dos Estudos Geotécnicos, os quais são reproduzidos a seguir no Quadro 9 considerando a análise dos resultados e os valores das deformabilidades característica e admissível da estrutura.

Quadro 9 – Levantamento Deflectométrico e análise dos resultados (Av. Rio Grade do Sul)

Constante da viga: 2,42

Rua: Avenida Rio Grande do Sul **Data:** 15/03/2020
Trecho: Rua Pelotas - BR-116
Segmento: km 1+245 ao km 2+490,740 Pista Direita/Esquerda

CONTROLE TECNOLÓGICO - VIGA BENKELMAN

Ensaio	Estaca	Posição	Longitude	Latitude	Leitura (mm)	Deflexões (0,01 mm)
VB-01	1+245	LD	481671,3652	6691964,1111	37	89,5
VB-02	1+285	LD	481711,2939	6691961,7236	45	108,9
VB-03	1+325	LD	481750,8888	6691957,1363	51	123,4
VB-04	1+365	LD	481787,9225	6691942,0745	43	104,1
VB-05	1+405	LD	481826,2742	6691932,3804	29	70,2
VB-06	1+445	LD	481864,2954	6691944,1557	32	77,4
VB-07	1+485	LD	481903,1741	6691951,4878	41	99,2
VB-08	1+525	LD	481943,0875	6691948,8575	47	113,7
VB-09	1+565	LD	481982,9855	6691946,0195	20	48,4
VB-10	1+605	LD	482022,8974	6691943,3676	52	125,8
VB-11	1+645	LD	482062,8078	6691940,6925	33	79,9
VB-12	1+685	LD	482102,7187	6691938,0240	37	89,5
VB-13	1+725	LD	482142,6280	6691935,3337	40	96,8
VB-14	1+765	LD	482182,5336	6691932,5864	14	33,9
VB-15	1+805	LD	482211,2944	6691914,2965	25	60,5
VB-16	1+845	LD	482245,6150	6691895,9405	12	29,0
VB-17	1+885	LD	482283,1849	6691882,5282	38	92,0
VB-18	1+925	LD	482322,3880	6691887,8499	27	65,3
VB-19	1+965	LD	482361,4273	6691896,5609	12	29,0
VB-20	2+005	LD	482388,9550	6691920,1327	26	62,9
VB-21	2+045	LD	482428,8590	6691917,3975	49	118,6
VB-22	2+085	LD	482468,7610	6691914,6019	28	67,8
VB-23	2+125	LD	482508,6715	6691911,9313	31	75,0
VB-24	2+165	LD	482548,6321	6691910,3907	14	33,9
VB-25	2+205	LD	482588,6217	6691909,5081	3	7,3
VB-26	2+245	LD	482628,5357	6691906,9842	15	36,3
VB-27	2+445	LD	482824,3412	6691868,0102	8	19,4
VB-28	2+485	LD	482863,9918	6691862,9474	10	24,2

PREFEITURA DE CANOAS

ste SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A.

Constante da viga: 2,42

Rua: Avenida Rio Grande do Sul **Data:** 15/03/2020

Trecho: Rua Pelotas - BR-116

Segmento: km 1+245 ao km 2+490,740 Pista Direita/Esquerda

CONTROLE TECNOLÓGICO - VIGA BENKELMAN

Ensaio	Estaca	Posição	Longitude	Latitude	Leitura (mm)	Deflexões (0,01 mm)
VB-63	2+465	LE	482842,6226	6691867,6520	15	36,3
VB-64	2+425	LE	482803,4031	6691875,3959	12	29,0
VB-65	2+265	LE	482647,0149	6691908,3445	19	46,0
VB-66	2+225	LE	482607,1118	6691911,1282	42	101,6
VB-67	2+185	LE	482567,1713	6691913,0640	28	67,8
VB-68	2+145	LE	482527,2601	6691915,6585	53	128,3
VB-69	2+105	LE	482487,3525	6691918,3731	27	65,3
VB-70	2+065	LE	482447,4435	6691921,0694	14	33,9
VB-71	2+025	LE	482407,5318	6691923,7257	17	41,1
VB-72	1+985	LE	482375,6630	6691938,5817	34	82,3
VB-73	1+945	LE	482342,9443	6691959,0066	32	77,4
VB-74	1+905	LE	482305,9502	6691974,2191	27	65,3
VB-75	1+865	LE	482266,8339	6691971,7550	40	96,8
VB-76	1+825	LE	482228,0212	6691962,0825	26	62,9
VB-77	1+785	LE	482199,9618	6691937,7368	14	33,9
VB-78	1+745	LE	482160,0386	6691940,0431	29	70,2
VB-79	1+705	LE	482120,1325	6691942,7813	18	43,6
VB-80	1+665	LE	482080,2221	6691945,4559	17	41,1
VB-81	1+625	LE	482040,3172	6691948,2104	27	65,3
VB-82	1+585	LE	482000,4133	6691950,9811	32	77,4
VB-83	1+545	LE	481960,5043	6691953,6729	18	43,6
VB-84	1+505	LE	481920,5963	6691956,3756	14	33,9
VB-85	1+465	LE	481881,4905	6691962,8019	29	70,2
VB-86	1+425	LE	481846,4329	6691982,0429	47	113,7
VB-87	1+385	LE	481808,5879	6691987,2619	50	121,0
VB-88	1+345	LE	481770,8510	6691974,0096	43	104,1
VB-89	1+305	LE	481731,9789	6691966,5172	39	94,4
VB-90	1+265	LE	481692,0516	6691968,9278	42	101,6

ESTATÍSTICA	
DM:	70,2
S:	31,7
CV:	45,2
DC:	101,9

Deflaxão característica (Dc)	101,9	(x 0,01 mm)
Deflaxão admissível (Dadm)	46,4	(x 0,01 mm)

a) Avaliação estrutural do pavimento existente

a.1) Número de solicitação do eixo padrão rodoviário – N

De acordo com o estabelecido nos Estudos de Tráfego, desenvolvido a partir de dados de contagem disponibilizados pelo Plano de Mobilidade Urbana do Município de Canoas, foram utilizados na restauração do pavimento do pavimento, como número de repetições do eixo padrão de 8.2 t (número "N"), para uma vida útil de 10 anos, os valores apresentados na Tabela 1 e reproduzidos na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Solicitações do Tráfego sobre o Pavimento

TRECHO	N_{10}	*FV*
Avenida Rio Grande do Sul	$4{,}29 \times 10^{7}$	USACE
Avenida Rio Grande do Sul	$2{,}51 \times 10^{7}$	AASHTO

a.2) Determinação da Deflexão Característica – (D_c)

A Deflexão medida (D_c), que caracteriza o segmento, é obtida pela expressão:

$$D_c = \overline{D} + S$$

Desta forma, $D_c = 101{,}9 \times 10^{-2}$ mm

a.3) Determinação da Deflexão Admissível – (D_{adm})

A Deflexão Admissível (D_{adm}), é obtida pela seguinte expressão:

$$D_{adm} = 10^{(3{,}01 - 0{,}176 \times LOG(N))}$$

Desta forma, $D_{adm} = 46{,}4 \times 10^{-2}$ mm

A determinação da deflexão característica (D_c) e da deflexão admissível (D_{adm}), levou em consideração toda a extensão do segmento em estudo e serviu de base para as análises realizadas no projeto de restauração do pavimento, o qual realizou a análise das deflexões D_c e D_{adm}, de forma segmentada em função do comportamento da estrutura em relação as leituras individuais medidas com a utilização da Viga Benkelman.

4.2. Levantamento Visual Contínuo (LVC)

Nesta etapa foi realizado em campo o cadastramento dos defeitos do pavimento existente com base no procedimento DNIT 008/2003 – PRO que fixa as condições exigíveis na avaliação da superfície de pavimentos flexíveis pelo processo de Levantamento Visual Contínuo, determinando-se o ICPF – Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis, o cálculo do IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito e do IES – Índice do Estado de Superfície do Pavimento.

A extensão adotada para o segmento de análise foi de 100 metros para as avaliações, desta forma foram selecionados 13 segmentos para a pista da direita (PD), e 13 segmentos para a pista da esquerda (PE), analisando ambas as faixas de tráfego simultaneamente.

A seguir são apresentadas as planilhas do Levantamento Visual Contínuo, bem como os valores dos índices calculados.

LEVANTAMENTO VISUAL CONTINUO DA CONDIÇAO DE SUPERFICIE (LVC)

MUNICIPIO CANOAS

AVENIDA RIO GRANDE DO SUL

TRECHO INICO: **1,25** (KM)
FIM: **2,49** (KM)

ACOSTAMENTO: | PISTA: **D** | FAIXA: **D/E**

MÊS: MAR/2020

Observacões:

As FREQUÊNCIAS de ocorrência de defeitos podem ser ALTAS, MÉDIAS ou BAIXAS.

Devem ser marcadas com (X) as FLECHAS maiores que 10 mm.

Existe acostamento PAVIMENTADO (S) Sim ou (N) Não

O DEGRAU maior que 5,0 cm é GRANDE e o menor é PEQUENO, se não existir é NULO.

SEGMENTO (KM)				Desagreg.	FC-1	FC-2		FC-3		AP	O	P	Ex	D	R	E	FLECHAS		Tipo de Revestimento da Pista	IES ≤ 6	IGGE ≤ 80	VSA ≥ 2,5	ICPF ≥ 3,0	FC2+FC3 (%)	IRI ≤ 3,5	CONCEITO
HODÔMETRO		KM				J	TB	JE	TBE								TRI	TRE								
INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM		(1)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(5)	(5)	(6)	(7)	(8)											
01+245	01+345	1+245	1+345		B			B	B		M				A					10,0	105	1,6	1,6	12,1	4,6	Ruim
01+345	01+445	1+345	1+445											B			MM	MM		4,0	45	2,9	3,3	3,4	3,2	Regular a Bom
01+445	01+545	1+445	1+545							M			M		M		MM	MM		10,0	117	1,4	1,4	15,6	4,8	Ruim
01+545	01+645	1+545	1+645		B		B			M		B		B	M		MM	MM		10,0	146	1,1	0,9	28,7	5,4	Péssimo
01+645	01+745	1+645	1+745		B		B				M				M		BB	BB		10,0	102	1,7	1,7	11,4	4,5	Ruim
01+745	01+845	1+745	1+845		B					M						B				2,0	38	3,2	3,5	2,9	3,0	Regular a Bom
01+845	01+945	1+845	1+945				M		M						B					8,0	77	2,1	2,3	6,6	3,9	Regular a Ruim
01+945	02+045	1+945	2+045					M	M	B						B				4,0	54	2,7	3,0	4,1	3,4	Regular a Bom
02+045	02+145	2+045	2+145		B		M								M			AA		10,0	121	1,4	1,3	16,9	4,9	Péssimo
02+145	02+245	2+145	2+245		B															0,0	6	4,6	5,0	1,5	2,1	Bom a Excelente
02+245	02+345	2+245	2+345		B															0,0	6	4,6	5,0	1,5	2,1	Bom a Excelente
02+345	02+445	2+345	2+445																	0,0	0	5,0	5,0	1,3	2,1	Bom a Excelente
02+445	02+490	2+445	2+490										B							0,0	15	4,1	4,5	1,8	2,4	Bom a Excelente

LEVANTAMENTO VISUAL CONTINUO DA CONDIÇAO DE SUPERFICIE (LVC)

MUNICIPIO CANOAS

AVENIDA RIO GRANDE DO SUL

TRECHO INICO: **1,25** (KM)
FIM: **2,49** (KM)

ACOSTAMENTO: | PISTA: **E** | FAIXA: **D/E**

MÊS: MAR/2020

Observacões:

As FREQUÊNCIAS de ocorrência de defeitos podem ser ALTAS, MÉDIAS ou BAIXAS.

Devem ser marcadas com (X) as FLECHAS maiores que 10 mm.

Existe acostamento PAVIMENTADO (S) Sim ou (N) Não

O DEGRAU maior que 5,0 cm é GRANDE e o menor é PEQUENO, se não existir é NULO.

SEGMENTO (KM)				Desagreg.	FC-1	FC-2		FC-3		AP	O	P	Ex	D	R	E	FLECHAS		Tipo de Revestimento da Pista	IES ≤ 6	IGGE ≤ 80	VSA ≥ 2,5	ICPF ≥ 3,0	FC2+FC3 (%)	IRI ≤ 3,5	CONCEITO
HODÔMETRO		KM				J	TB	JE	TBE								TRI	TRE								
INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM		(1)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(5)	(5)	(6)	(7)	(8)											
02+445	02+490	2+445	2+490		B								M							2,0	29	3,5	3,9	2,4	2,7	Bom a Excelente
02+345	02+445	2+345	2+445		B								B							2,0	21	3,8	4,2	2,0	2,5	Bom a Excelente
02+245	02+345	2+245	2+345																	0,0	0	5,0	5,0	1,3	2,1	Bom a Excelente
02+145	02+245	2+145	2+245		B															0,0	6	4,6	5,0	1,5	2,1	Bom a Excelente
02+045	02+145	2+045	2+145		B									B	M					4,0	42	3,0	3,4	3,2	3,1	Regular a Bom
01+945	02+045	1+945	2+045		B		B		B					B	M					8,0	81	2,0	2,2	7,3	4,0	Ruim
01+845	01+945	1+845	1+945				M	M	M			B								8,0	80	2,1	2,2	7,0	4,0	Regular a Ruim
01+745	01+845	1+745	1+845		B								B		B					3,0	39	3,1	3,5	3,0	3,0	Regular a Bom
01+645	01+745	1+645	1+745								B		M				MM	MM		8,0	77	2,1	2,3	6,6	3,9	Regular a Ruim
01+545	01+645	1+545	1+645										M		B		BB	BB		4,0	59	2,5	2,8	4,5	3,5	Regular a Bom
01+445	01+545	1+445	1+545								B		M	M		B				4,0	54	2,7	3,0	4,1	3,4	Regular a Bom
01+345	01+445	1+345	1+445		B								B	M	B					4,0	53	2,7	3,0	4,0	3,3	Regular a Bom
01+245	01+345	1+245	1+345		B							B	M	M	B					8,0	81	2,0	2,2	7,3	4,0	Ruim

5. RESTAURAÇÃO

O projeto de reabilitação do pavimento no segmento em estudo da Avenida Rio Grande do Sul foi elaborado com a utilização do Método Mecanístico-Empírico (Método-ME). Utilizou-se o consagrado software mePADS da CSIR-Transportes.

5.1. Parâmetros do Pavimento

a) Estrutura do Pavimento Existente

Como estrutura do pavimento existente, forma utilizados os dados apresentados no Quadro 5 do Capítulo C – Estudos Geotécnicos.

b) Categoria da Via e Tráfego

Foram adotados a Categoria de Via e Classe de Tráfego exibidos na Figura 10

c) Região Climática

Foi adota a Região Moderada, mostrada na Figura 10

d) Afundamento de Trilha de Rodas Terminal

Foi adotado o valor de 20 mm, mostrado na Figura 10

5.2. Retroanálise do Pavimento Existente

Na sequência são apresentadas telas autoexplicativas com os parâmetros utilizados, os resultados obtidos e as soluções propostas. Para realização das retroanálises, o trecho em estudo foi segmentado de acordo com a análise das deflexões obtidas com uso da Viga Benkelman. Desta forma foram considerados três segmentos conforme descritos a seguir.

- Segmento N1 - km 1+245 ao km 1+725 da Pista Direita

$D_{média}$:	94,38 x 10^{-2} mm
s:	21,96
cv:	23,0
D_C:	113,26 x 10^{-2} mm

- Segmento N2 - km 1+725 ao km 2+490,74 da Pista Direita e km 2+490,74 ao km 1+505 da Pista Esquerda.

Pista Direita		Pista Esquerda	
$D_{média}$:	65,69 x 10^{-2} mm	$D_{média}$:	63,91 x 10^{-2} mm
s:	16,73	s:	16,53
cv:	25,0	cv:	26,0
D_C:	80,08 x 10^{-2} mm	D_C:	78,12 x 10^{-2} mm

- Segmento N3 - km 1+505 ao km 1+245 da Pista Esquerda

$D_{média}$:	100,83 x 10^{-2} mm
s:	17,70
cv:	18,0
D_C:	116,05 x 10^{-2} mm

5.2.1. Retroanálise Simplificada para o Segmento N1

A seguir são apresentadas telas autoexplicativas com os parâmetros utilizados e cálculos realizados para a Retroanálise do segmento N1 - km 1+245 ao km 1+725 da Pista Direita

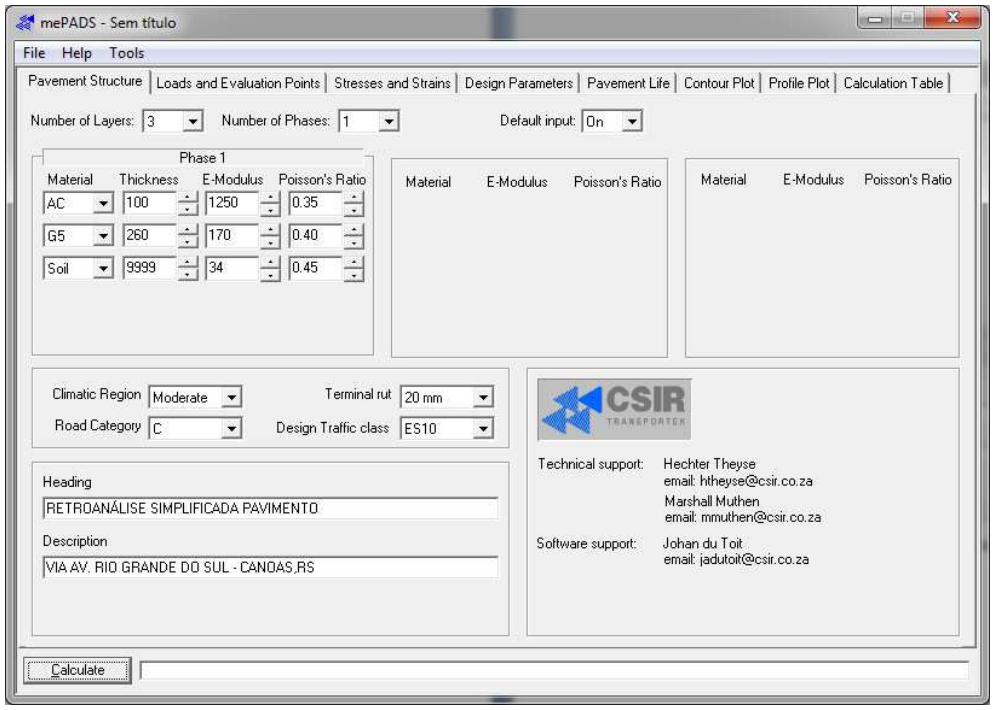


Figura 10 – Estrutura do pavimento, categoria da via, região climática, afundamento terminal da trilha de roda, classe de tráfego de projeto e módulos das camadas obtidos por retroanálise simplificada

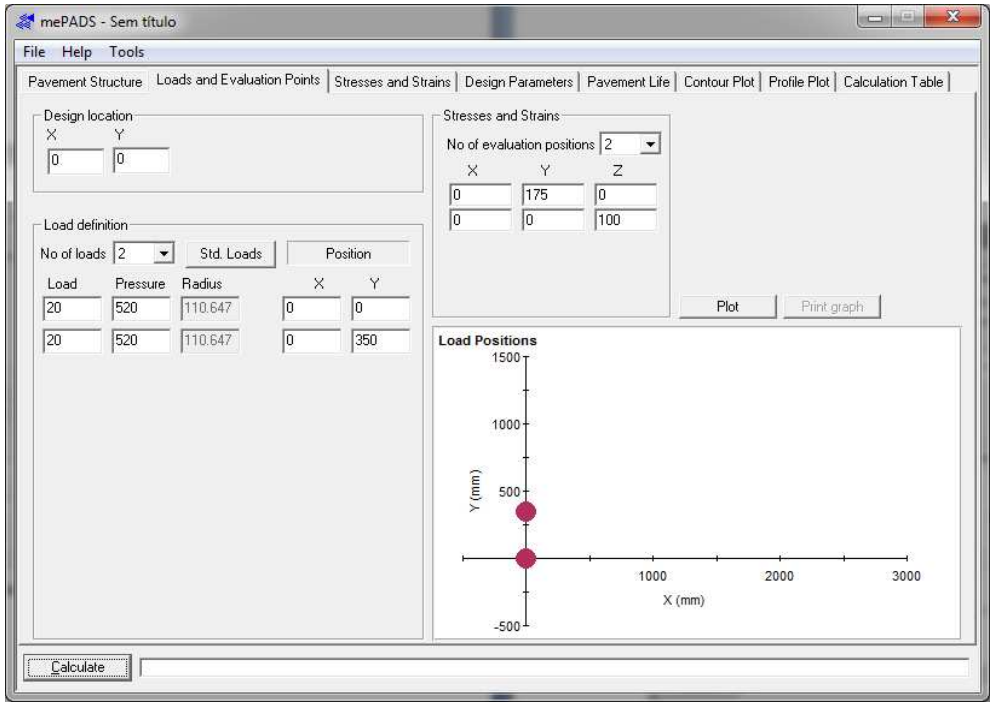
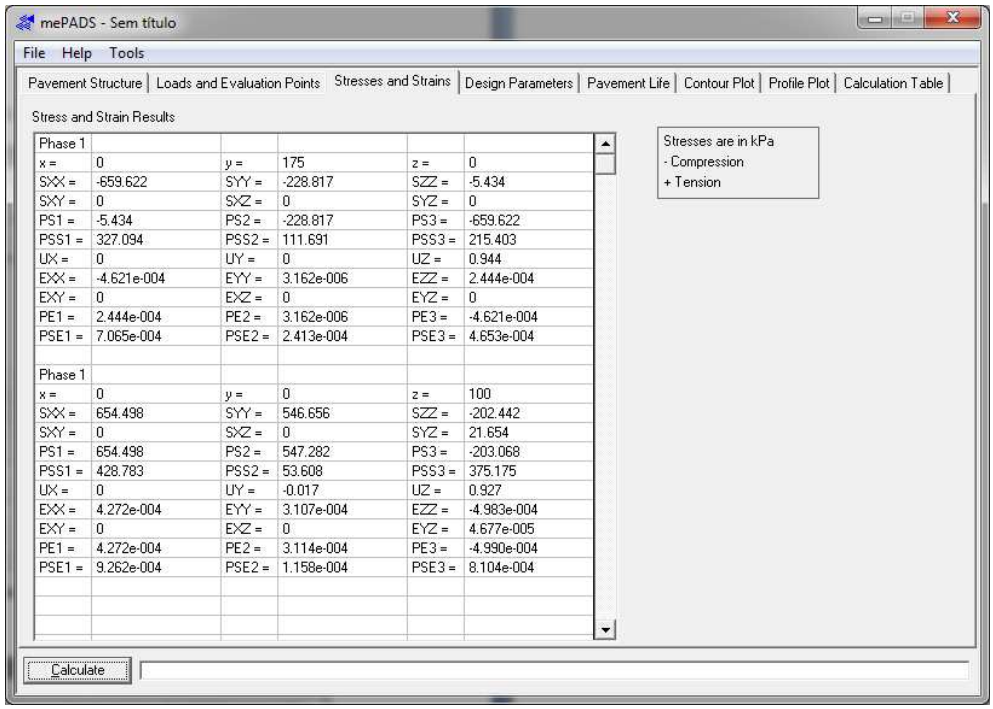


Figura 11 – Cargas e pontos de inspeção



Phase 1					
x =	0	y =	175	z =	0
SXX =	-659.622	SYY =	-228.817	SZZ =	-5.434
SXY =	0	SXZ =	0	SYZ =	0
PS1 =	-5.434	PS2 =	-228.817	PS3 =	-659.622
PSS1 =	327.094	PSS2 =	111.691	PSS3 =	215.403
UX =	0	UY =	0	UZ =	0.944
EXX =	-4.621e-004	EYY =	3.162e-006	EZZ =	2.444e-004
EXY =	0	EXZ =	0	EYZ =	0
PE1 =	2.444e-004	PE2 =	3.162e-006	PE3 =	-4.621e-004
PSE1 =	7.065e-004	PSE2 =	2.413e-004	PSE3 =	4.653e-004
Phase 1					
x =	0	y =	0	z =	100
SXX =	654.498	SYY =	546.656	SZZ =	-202.442
SXY =	0	SXZ =	0	SYZ =	21.654
PS1 =	654.498	PS2 =	547.282	PS3 =	-203.068
PSS1 =	428.783	PSS2 =	53.608	PSS3 =	375.175
UX =	0	UY =	-0.017	UZ =	0.927
EXX =	4.272e-004	EYY =	3.107e-004	EZZ =	-4.983e-004
EXY =	0	EXZ =	0	EYZ =	4.677e-005
PE1 =	4.272e-004	PE2 =	3.114e-004	PE3 =	-4.990e-004
PSE1 =	9.262e-004	PSE2 =	1.158e-004	PSE3 =	8.104e-004

Figura 12 – Tensões e deformações (cargas do eixo padrão rodoviário) no pavimento existente. Deflexão Benkelman do pavimento existente com a estrutura da Figura 10: UZ = 94,4 x 10^{-2} mm

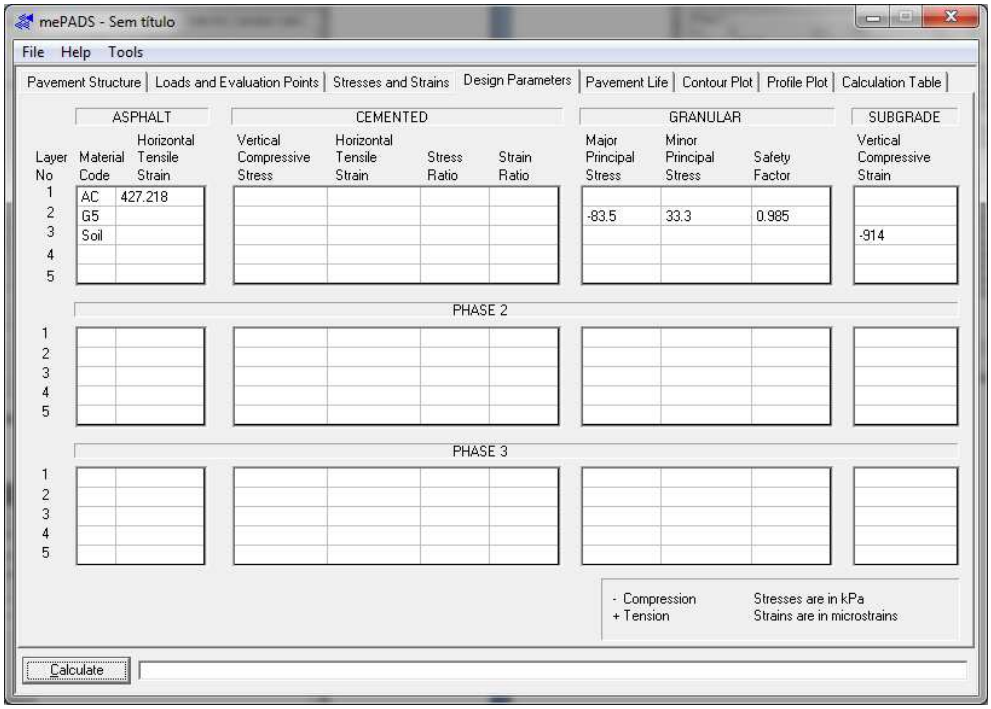


Figura 13 – Parâmetros de projetos.

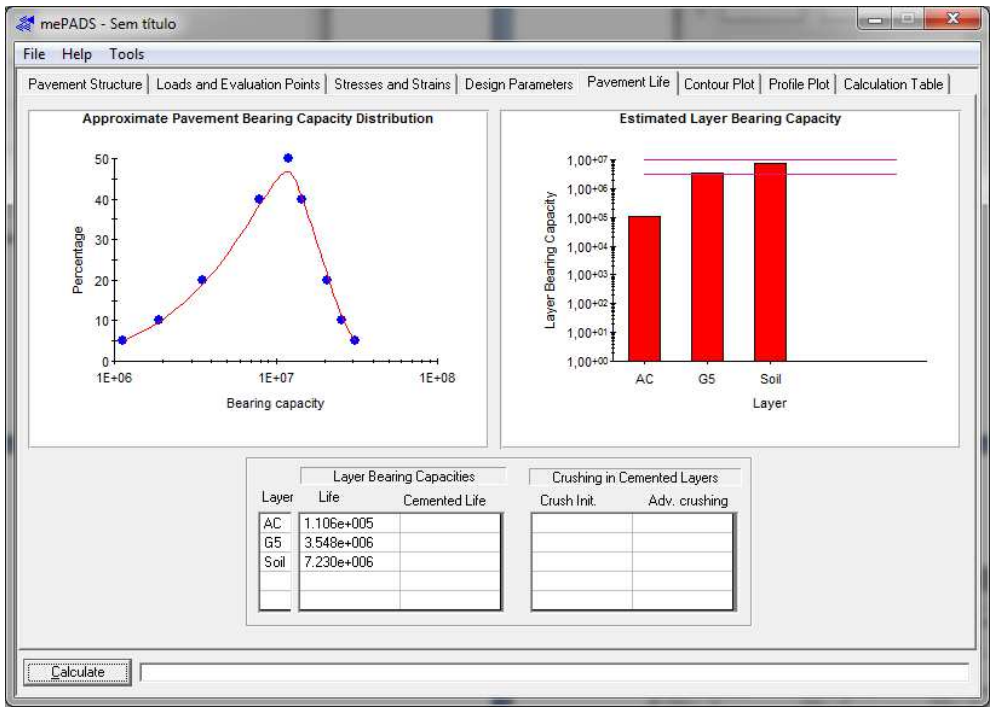


Figura 14 – Vida restante do pavimento

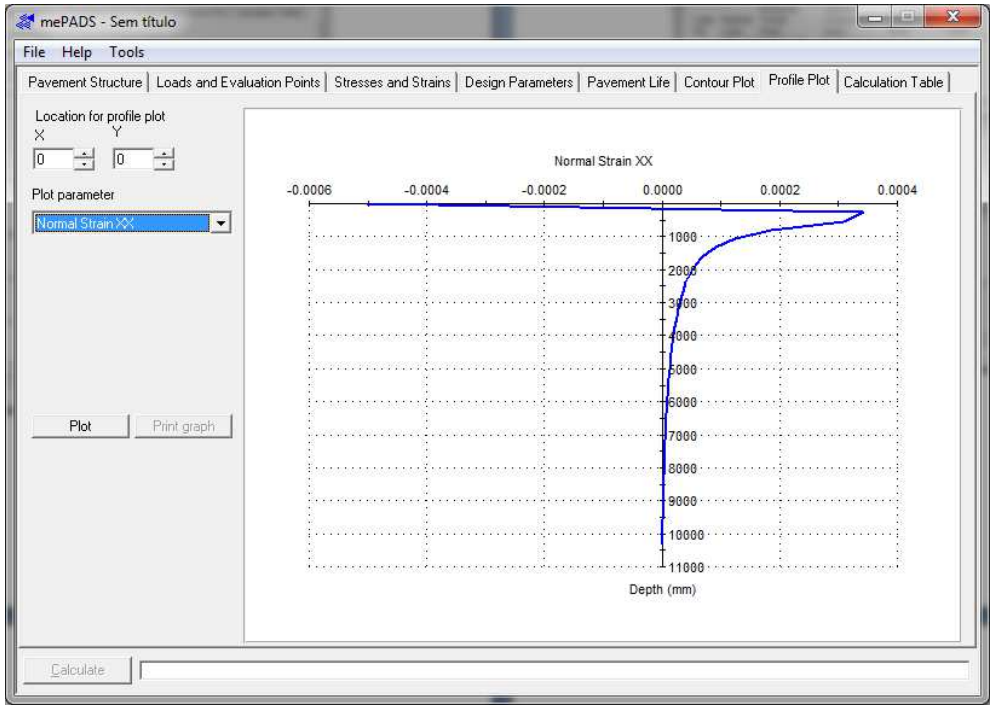


Figura 15 – Perfil de deformação normal do pavimento.

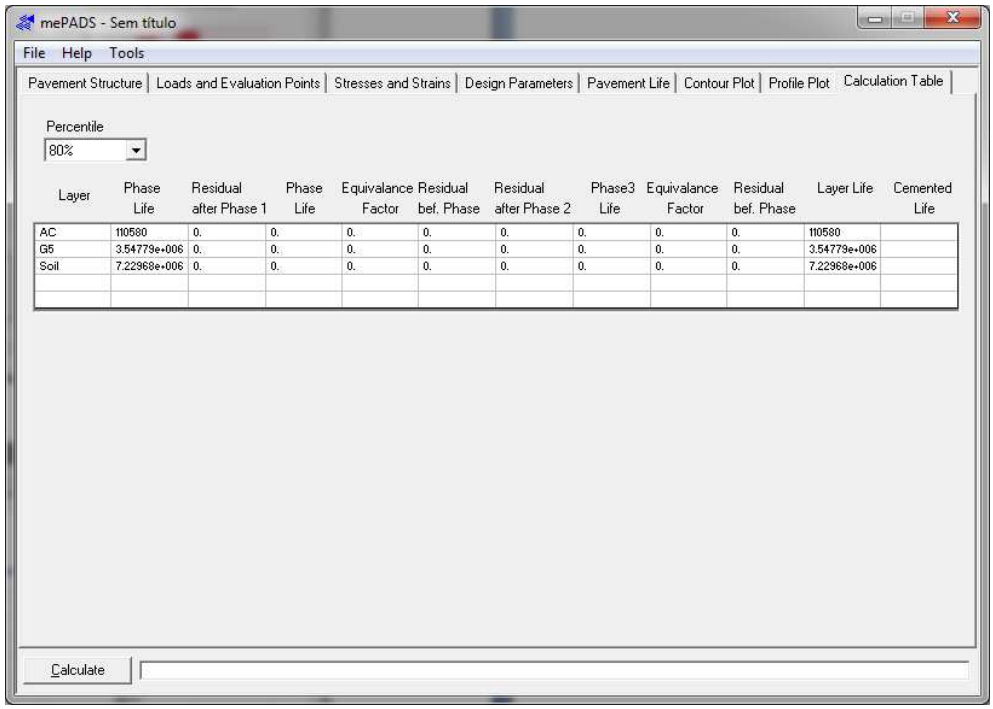


Figura 16 – Tabela de cálculos

5.2.1.1. Reabilitação do Pavimento para o Segmento N1 (Alternativa I)

A seguir são apresentados os resultados obtidos para uma alternativa de reabilitação do Pavimento no segmento N1 (km 1+245 ao km 1+725) Pista Direita, considerando como solução a Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento e recomposição com 7,0 cm de CBUQ.

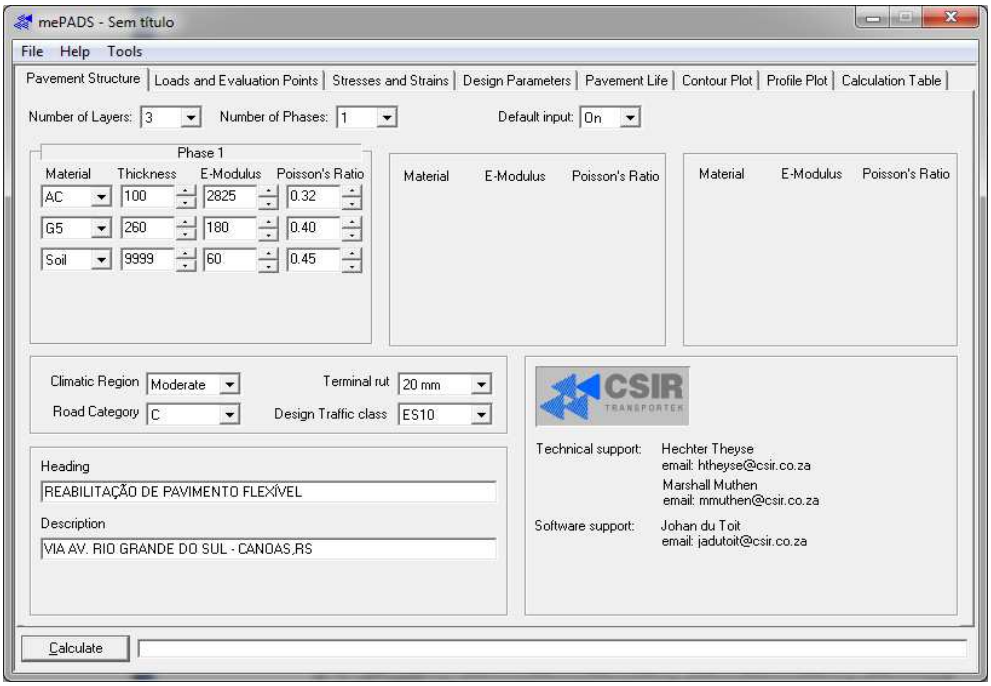


Figura 17– Estrutura do pavimento reabilitado, categoria da via, região climática, afundamento terminal da trilha de roda e classe de tráfego de projeto

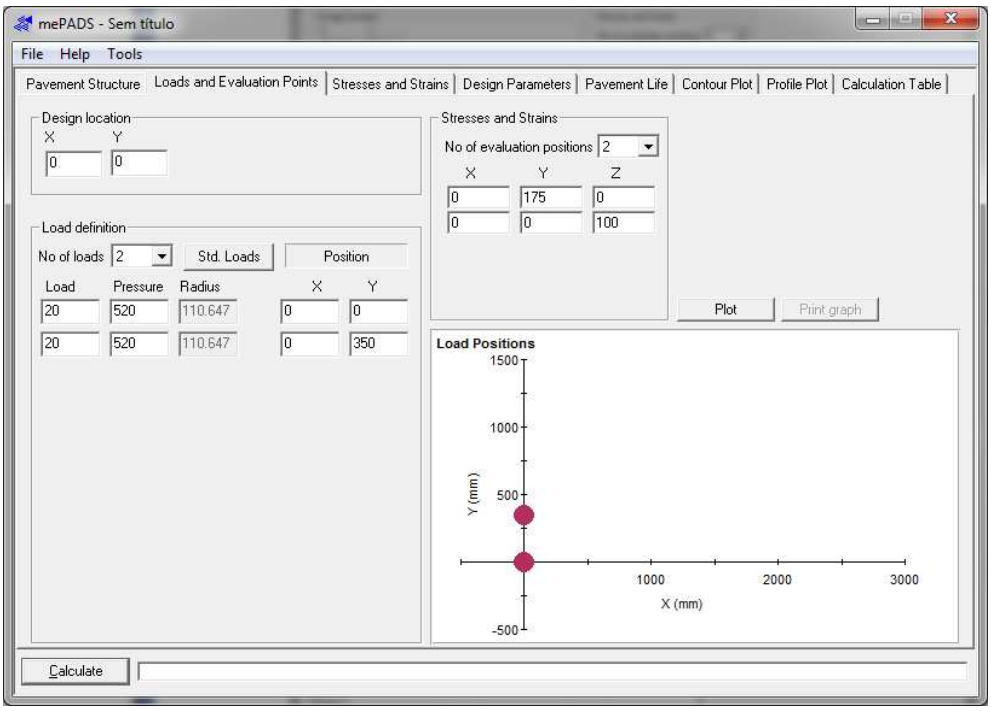


Figura 18 – Cargas e pontos de inspeção pavimento reabilitado

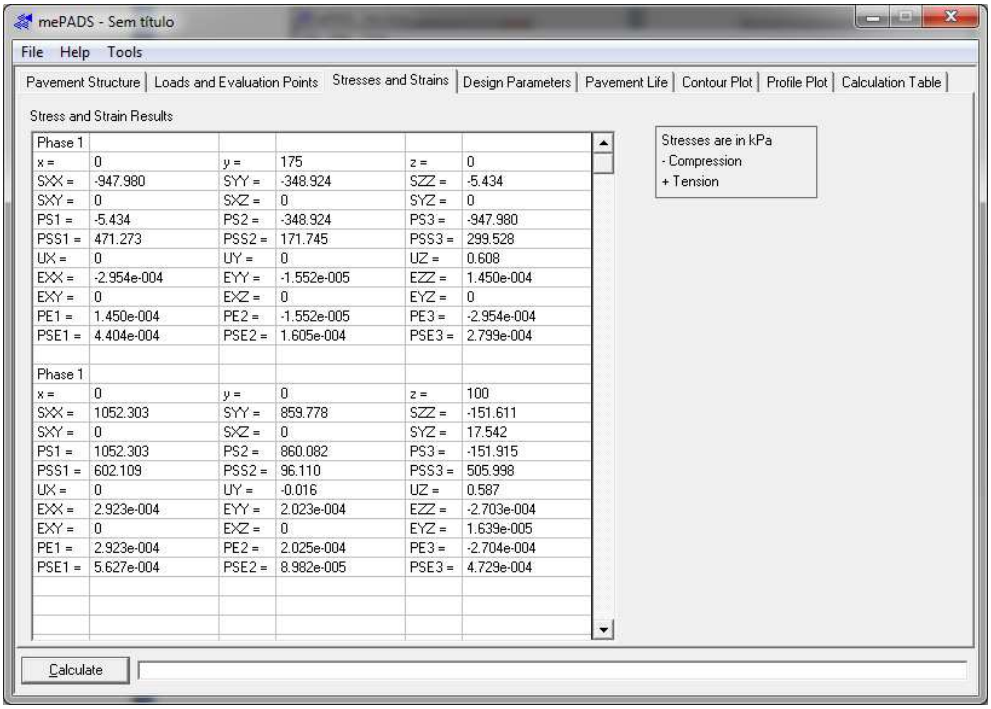


Figura 19 – Tensões e deformações (cargas do eixo padrão rodoviário) no pavimento reabilitado. Deflexão expectável do pavimento reabilitado: UZ = 60,8 x 10^{-2}mm

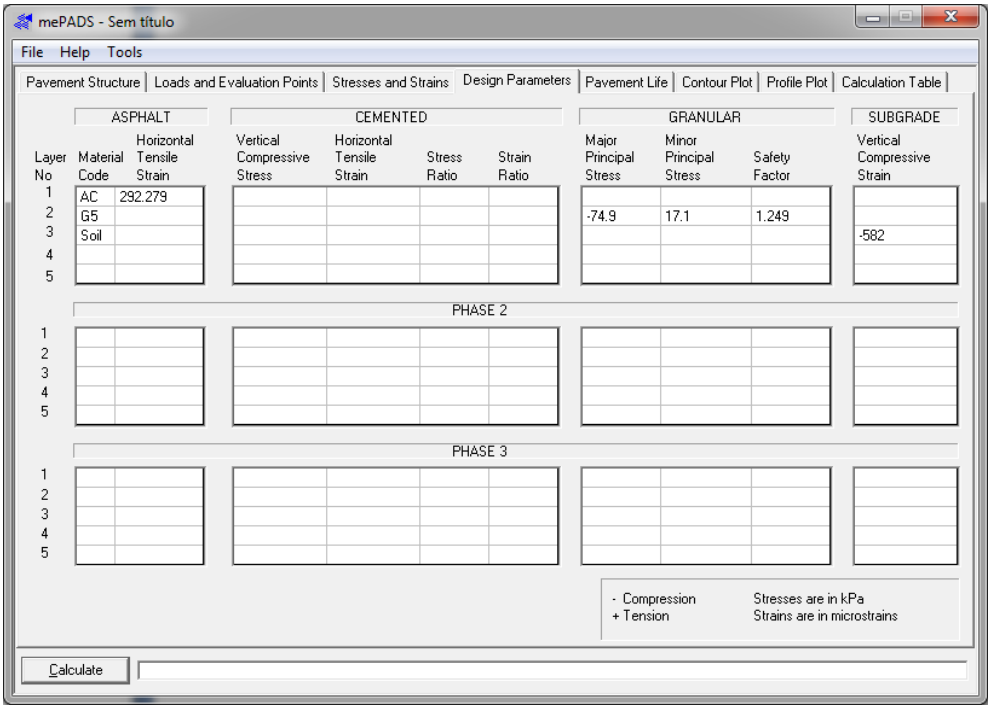


Figura 20 – Parâmetros do pavimento reabilitado

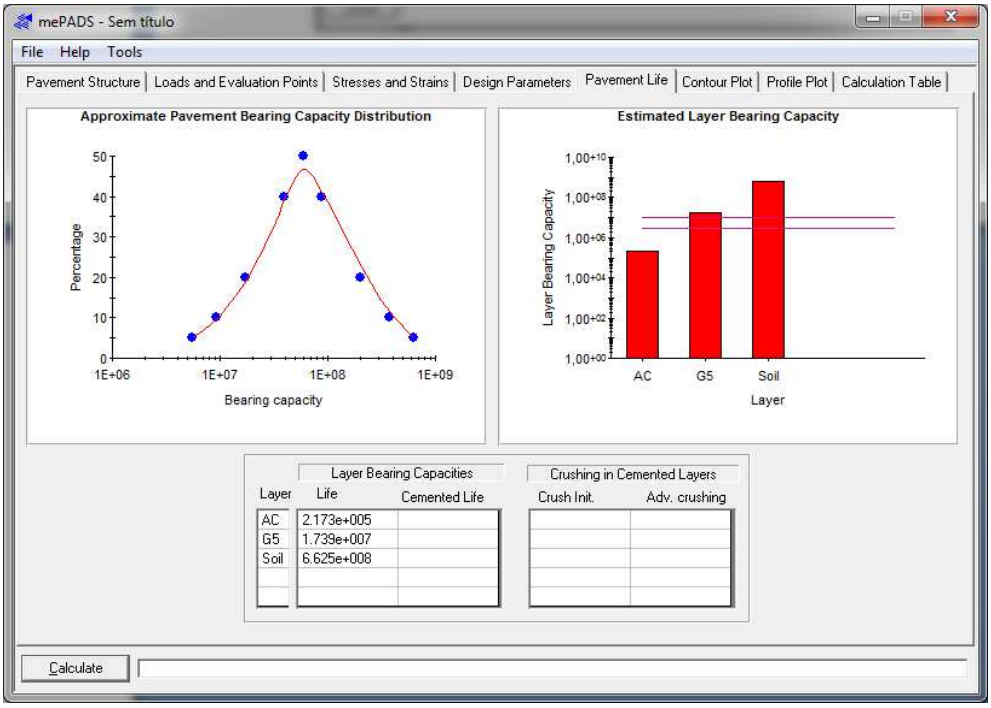


Figura 21 – Capacidade de suporte das camadas do pavimento reabilitado (vida do pavimento)
Nf = 2,173 x 10^5 (AASHTO) ⇒ 6,519 x 10^5 (USACE)

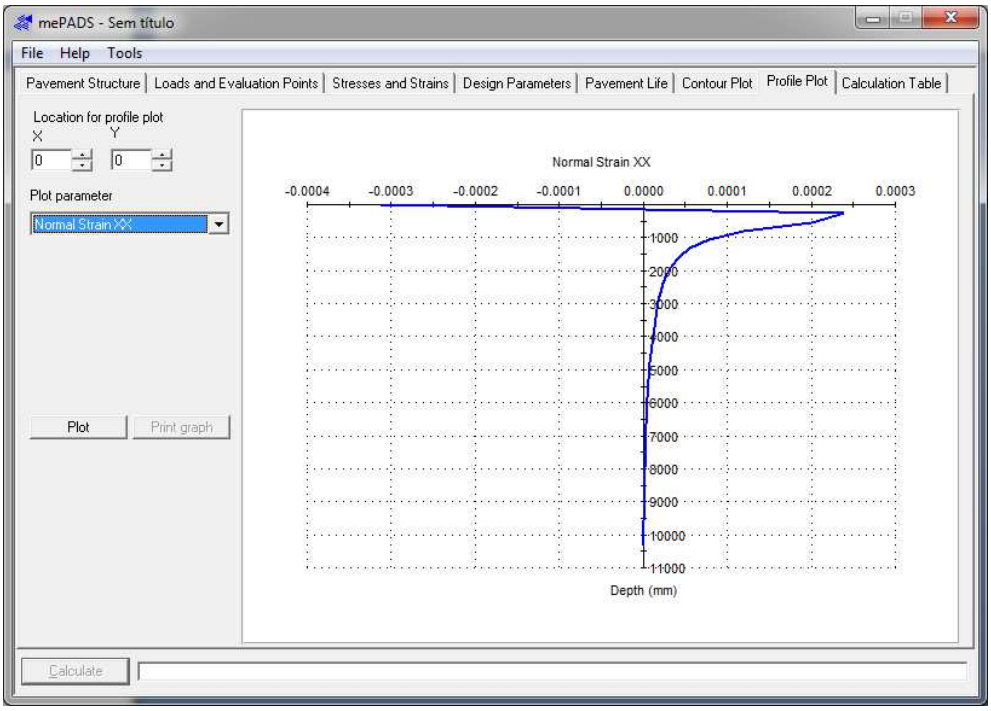


Figura 22 – Perfil da Deformação Normal XX (Pavimento reabilitado)

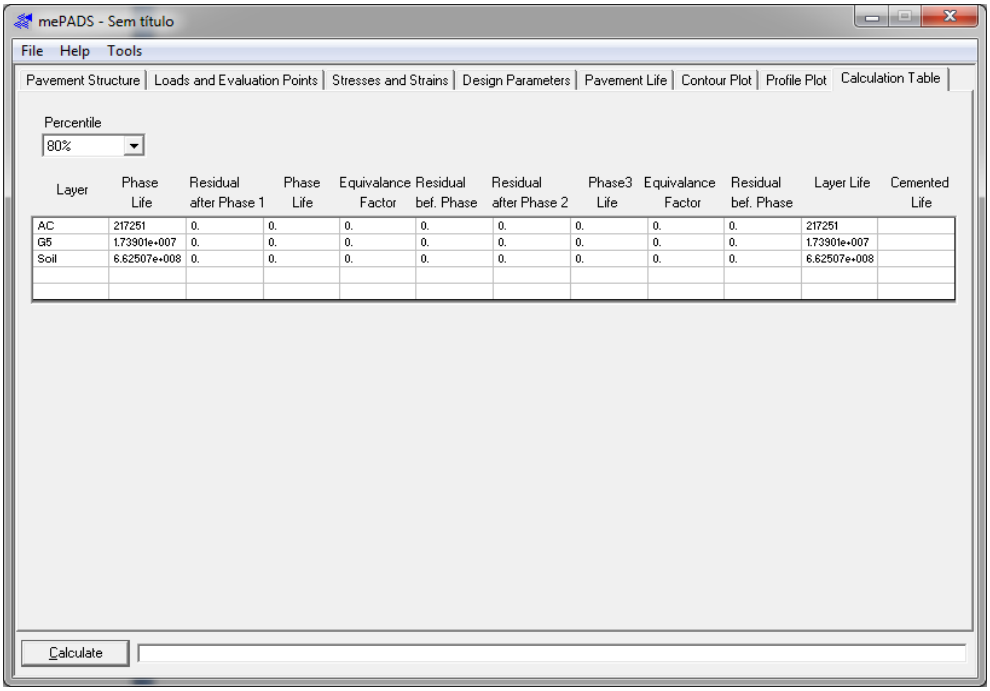


Figura 23 – Tabela de cálculo

5.2.1.2. Reabilitação do Pavimento para o Segmento N1 (Alternativa II)

A seguir são apresentados os resultados obtidos para uma segunda alternativa proposta para a reabilitação do Pavimento no segmento N1 (km 1+245 ao km 1+725) Pista Direita, considerando como solução a Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento e recomposição com 9,0 cm de CBUQ.

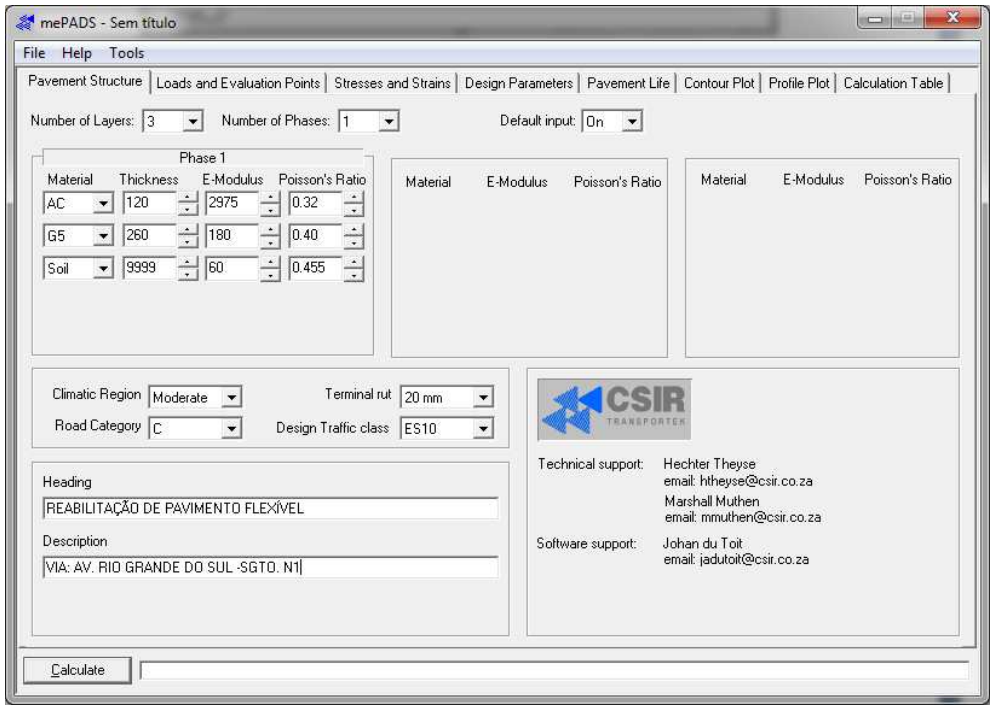


Figura 24– Estrutura do pavimento reabilitado, categoria da via, região climática, afundamento terminal da trilha de roda e classe de tráfego de projeto

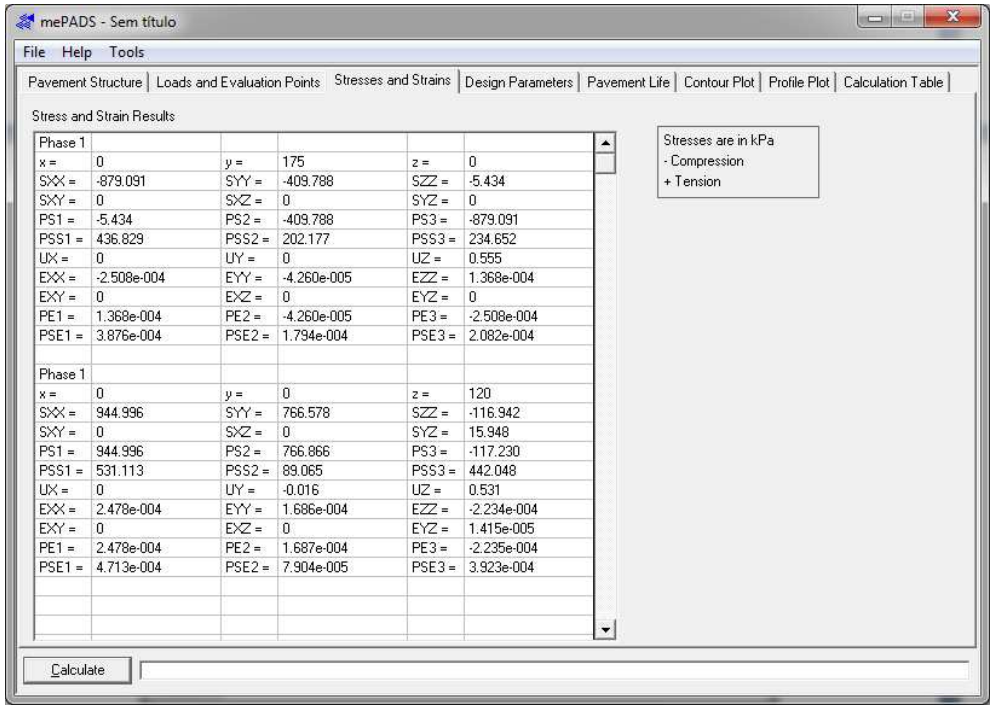


Figura 25 – Tensões e deformações (cargas do eixo padrão rodoviário) no pavimento reabilitado. Deflexão expectável do pavimento reabilitado: UZ = 55,5 x 10^{-2}mm

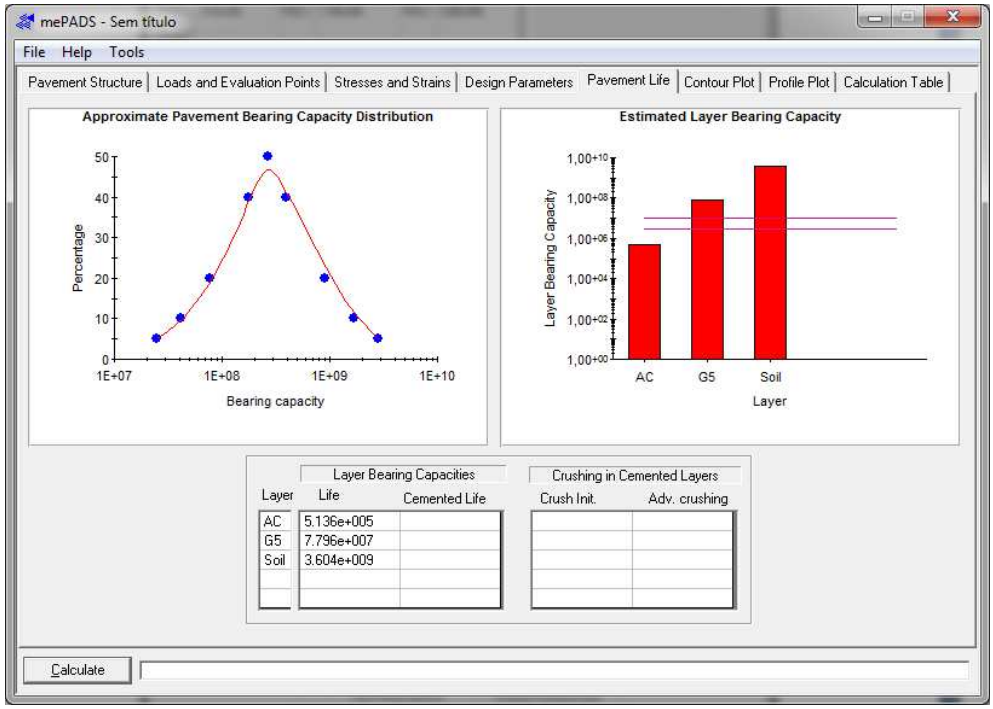


Figura 26 – Capacidade de suporte das camadas do pavimento reabilitado (vida do pavimento) Nf = 5,136 x 10^5 (AASHTO) ⇒ 1,541 x 10^6 (USACE)

5.2.1.3. Soluções para reabilitação do Pavimento no Segmento N1

A seguir são apresentadas as alternativas analisadas para possíveis soluções de reabilitação do Pavimento no segmento N1 (km 1+245 ao km 1+725) Pista Direita.

a) **Alternativa I** - Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento betuminoso e recomposição de 7,0cm de CBUQ.

Deflexão característica do Pavimento existente = **113,26 x 10^{-2}mm.**

Deflexão expectável do pavimento reabilitado = **60,8 x 10^{-2}mm.**

b) **Alternativa II** - Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento betuminoso e recomposição de 9,0cm de CBUQ.

Deflexão característica do Pavimento existente = **113,26 x 10^{-2}mm.**

Deflexão expectável do pavimento reabilitado = **55,5 x 10^{-2}mm.**

5.2.2. Retroanálise Simplificada para o Segmento N2

A seguir são apresentadas telas autoexplicativas com os parâmetros utilizados e cálculos realizados para a Retroanálise do segmento N2 - km 1+725 ao km 2+490,74 da Pista Direita e km 2+490,74 ao km 1+505 da Pista Esquerda

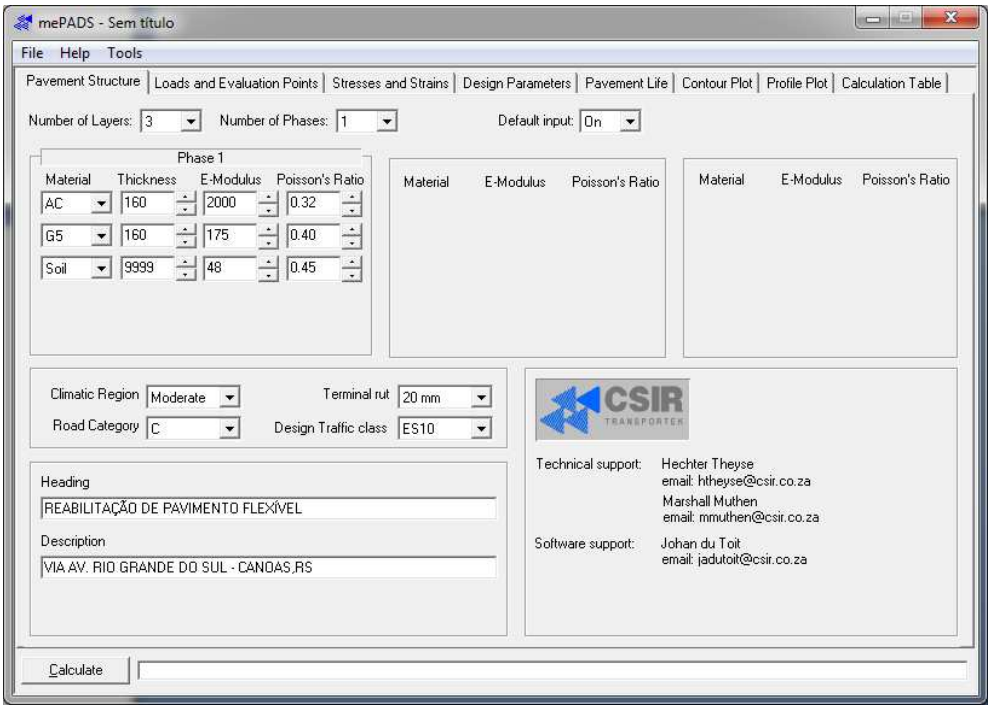


Figura 27 – Estrutura do pavimento, categoria da via, região climática, afundamento terminal da trilha de roda, classe de tráfego de projeto e módulos das camadas obtidos por retroanálise simplificada

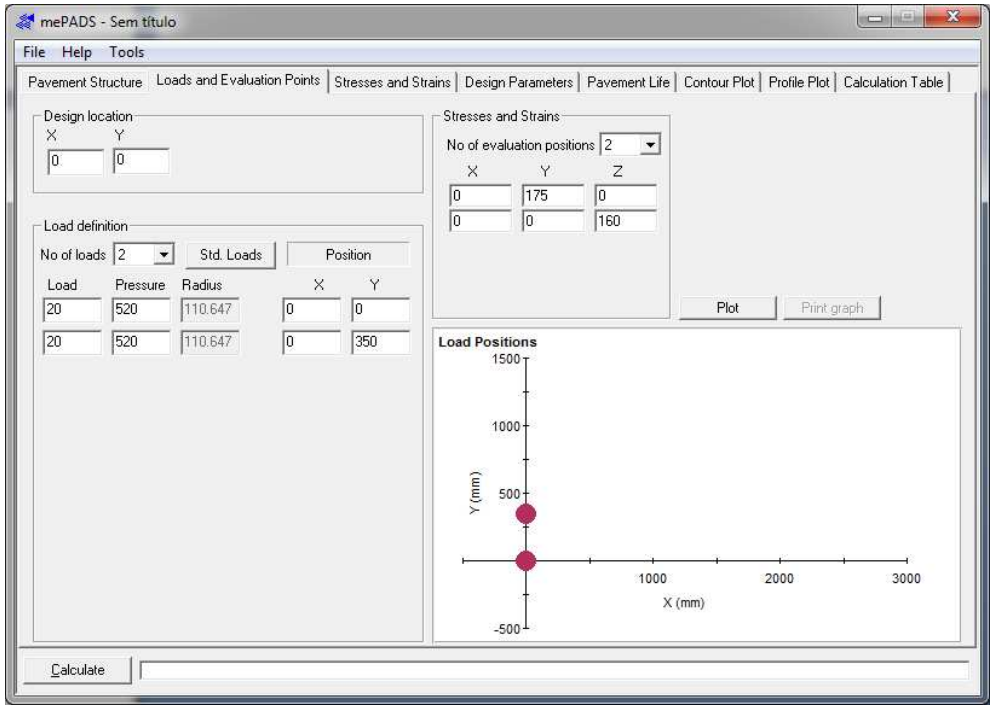
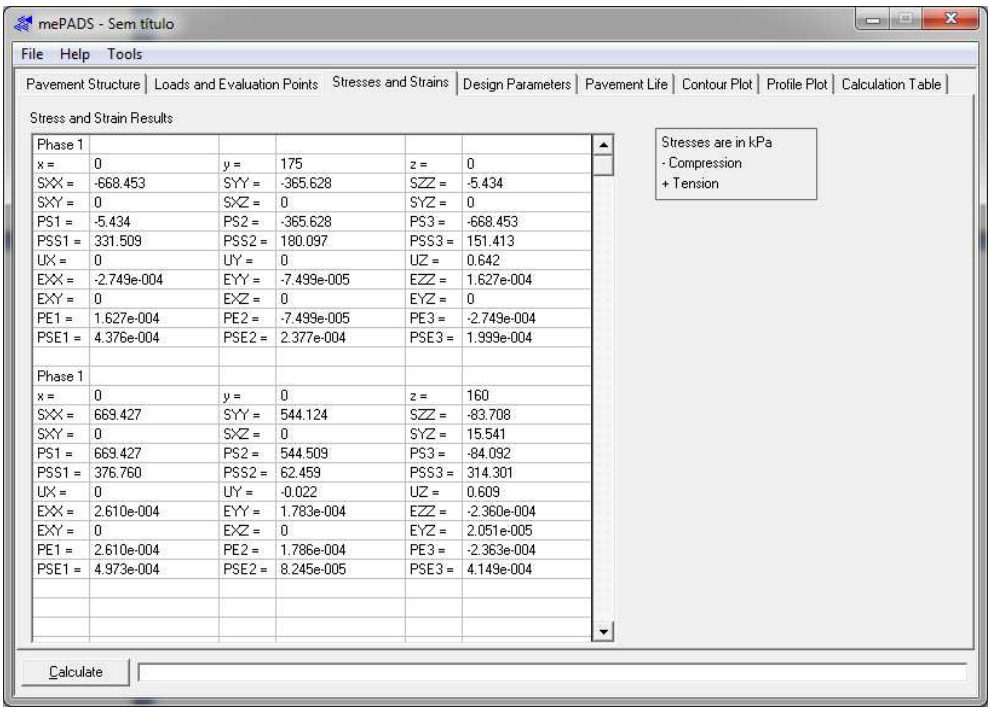


Figura 28 – Cargas e pontos de inspeção



Phase 1					
x =	0	y =	175	z =	0
SXX =	-668.453	SYY =	-365.628	SZZ =	-5.434
SXY =	0	SXZ =	0	SYZ =	0
PS1 =	-5.434	PS2 =	-365.628	PS3 =	-668.453
PSS1 =	331.509	PSS2 =	180.097	PSS3 =	151.413
UX =	0	UY =	0	UZ =	0.642
EXX =	-2.749e-004	EYY =	-7.499e-005	EZZ =	1.627e-004
EXY =	0	EXZ =	0	EYZ =	0
PE1 =	1.627e-004	PE2 =	-7.499e-005	PE3 =	-2.749e-004
PSE1 =	4.376e-004	PSE2 =	2.377e-004	PSE3 =	1.999e-004
Phase 1					
x =	0	y =	0	z =	160
SXX =	669.427	SYY =	544.124	SZZ =	-83.708
SXY =	0	SXZ =	0	SYZ =	15.541
PS1 =	669.427	PS2 =	544.509	PS3 =	-84.092
PSS1 =	376.760	PSS2 =	62.459	PSS3 =	314.301
UX =	0	UY =	-0.022	UZ =	0.609
EXX =	2.610e-004	EYY =	1.783e-004	EZZ =	-2.360e-004
EXY =	0	EXZ =	0	EYZ =	2.051e-005
PE1 =	2.610e-004	PE2 =	1.786e-004	PE3 =	-2.363e-004
PSE1 =	4.973e-004	PSE2 =	8.245e-005	PSE3 =	4.149e-004

Figura 29 – Tensões e deformações (cargas do eixo padrão rodoviário) no pavimento existente. Deflexão Benkelman do pavimento existente com a estrutura da Figura 27: UZ = 64,2 x 10^{-2} mm

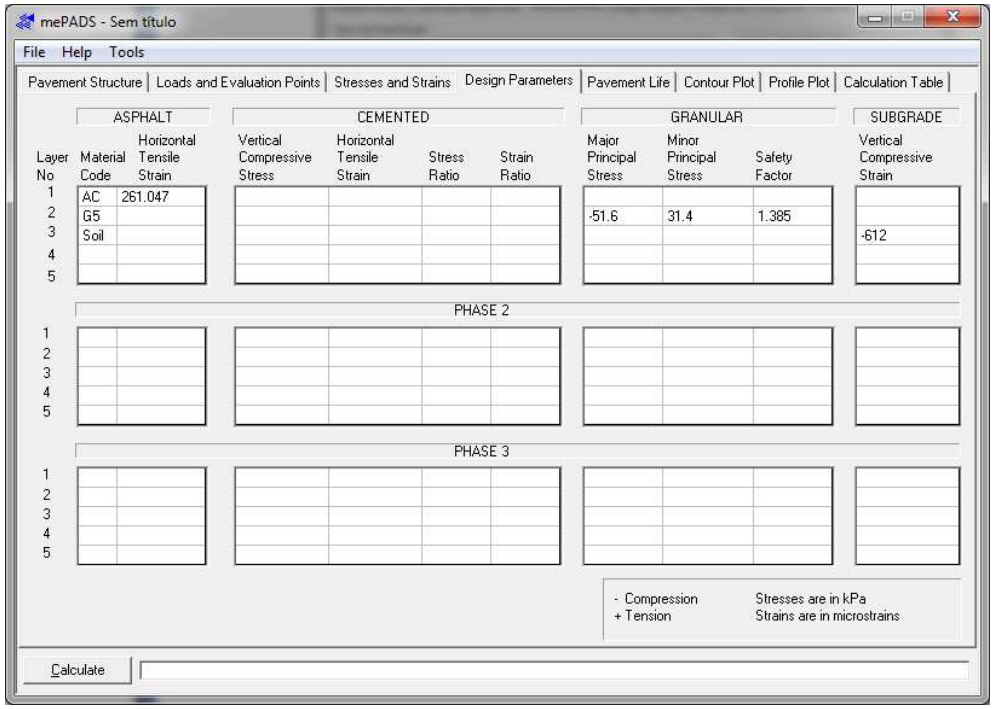


Figura 30 – Parâmetros de projetos.

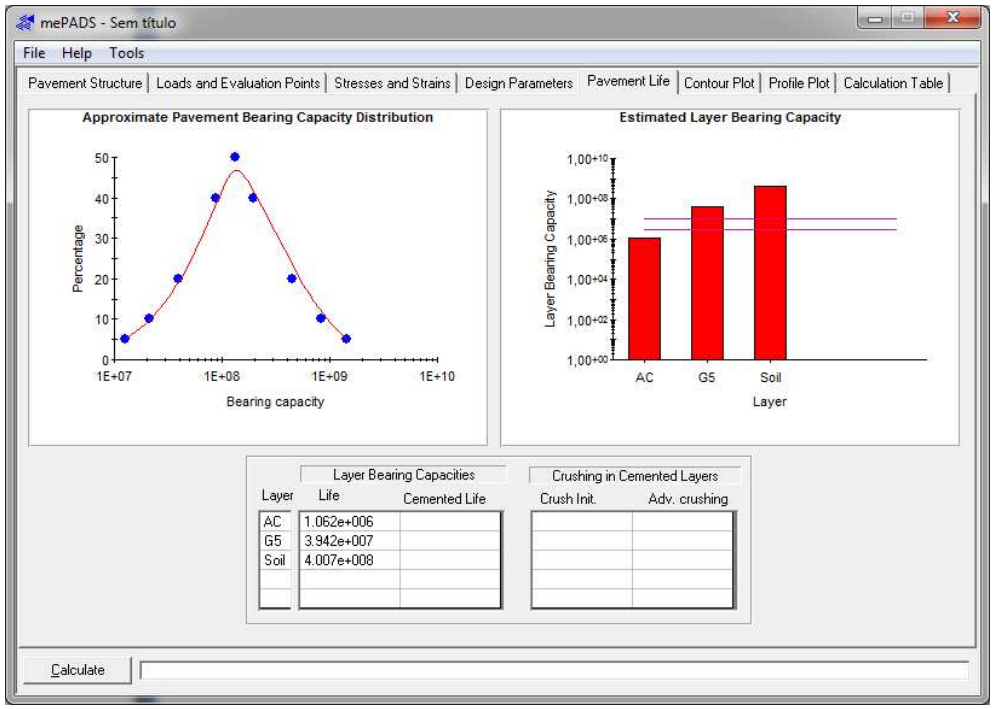


Figura 31 – Vida restante do pavimento
Nf = 1,062 x 10^6 (AASHTO) ⇒ 3,186 x 10^6 (USACE)

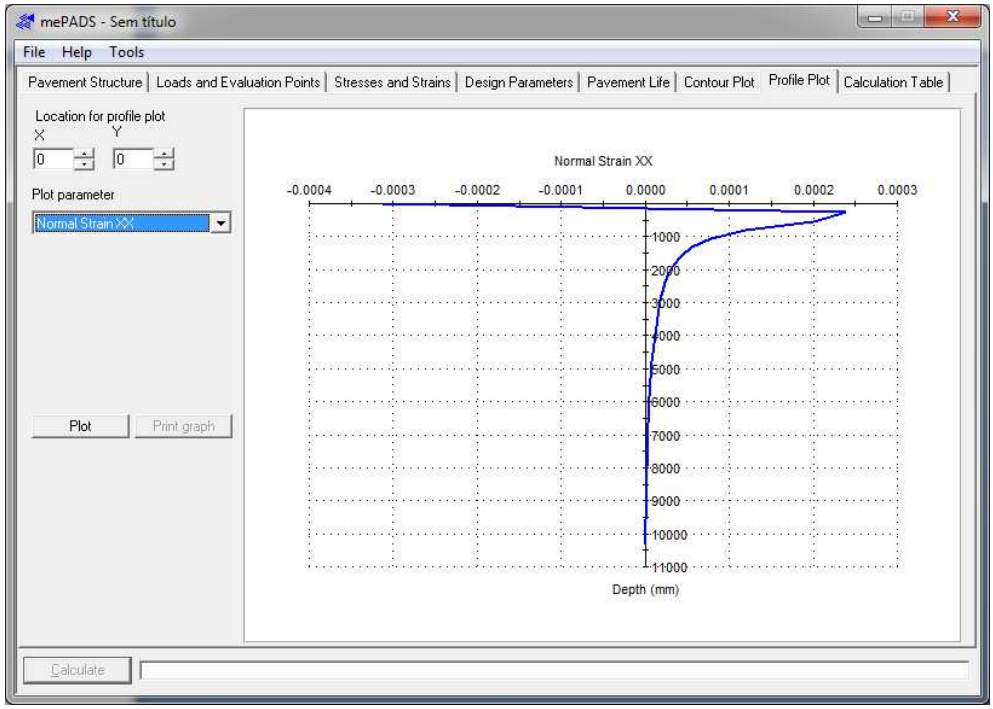


Figura 32 – Perfil de deformação normal do pavimento.

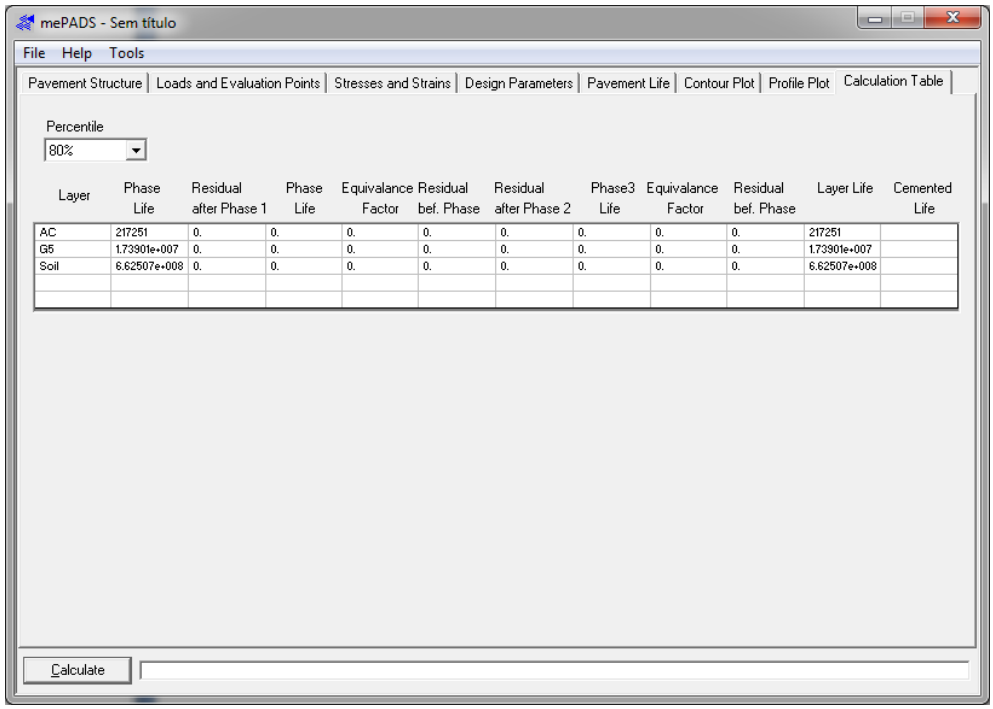


Figura 33 – Tabela de cálculos

5.2.2.1. Reabilitação do Pavimento para o Segmento N2

A seguir são apresentados os resultados obtidos para a alternativa de reabilitação do Pavimento no segmento N2 - km 1+725 ao km 2+490,74 da Pista Direita e km 2+490,74 ao km 1+505 da Pista Esquerda, considerando como solução a Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento e recomposição com 7,0 cm de CBUQ.

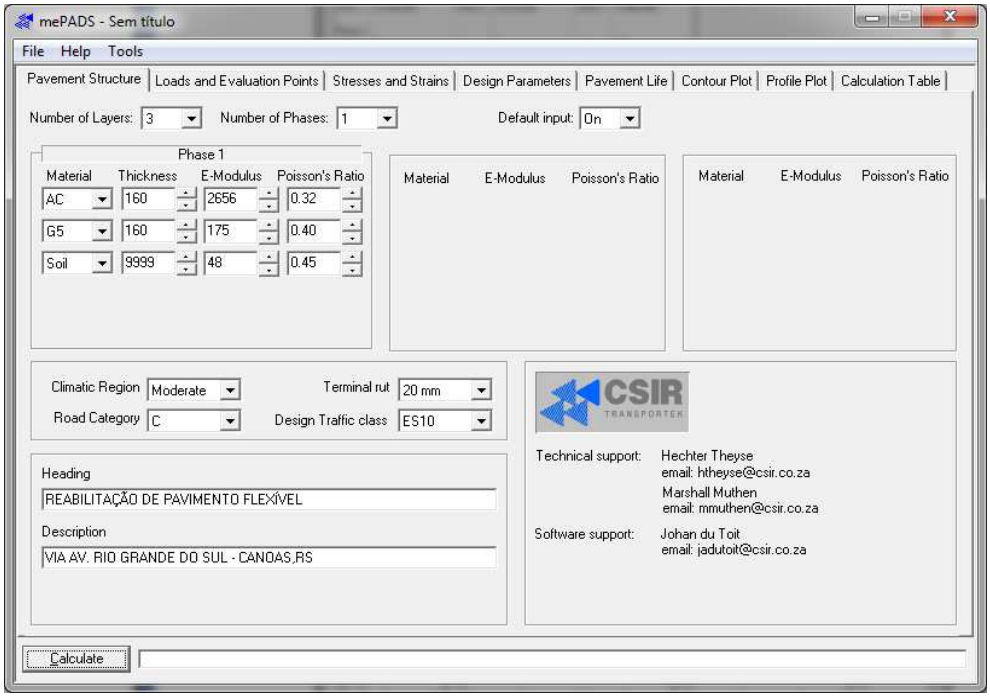


Figura 34– Estrutura do pavimento reabilitado, categoria da via, região climática, afundamento terminal da trilha de roda e classe de tráfego de projeto

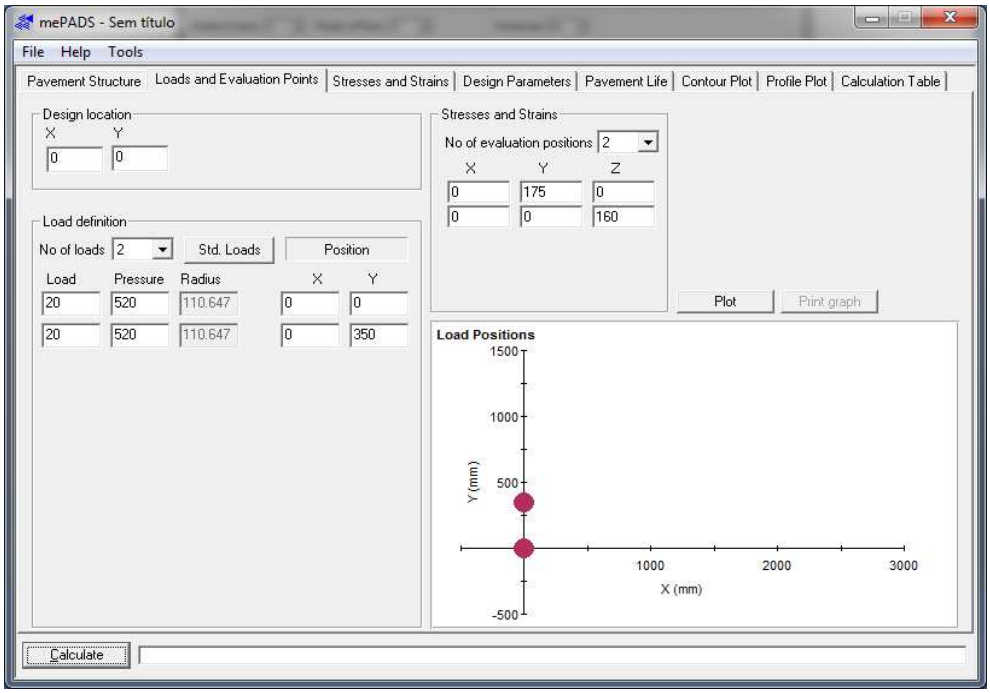


Figura 35 – Cargas e pontos de inspeção pavimento reabilitado

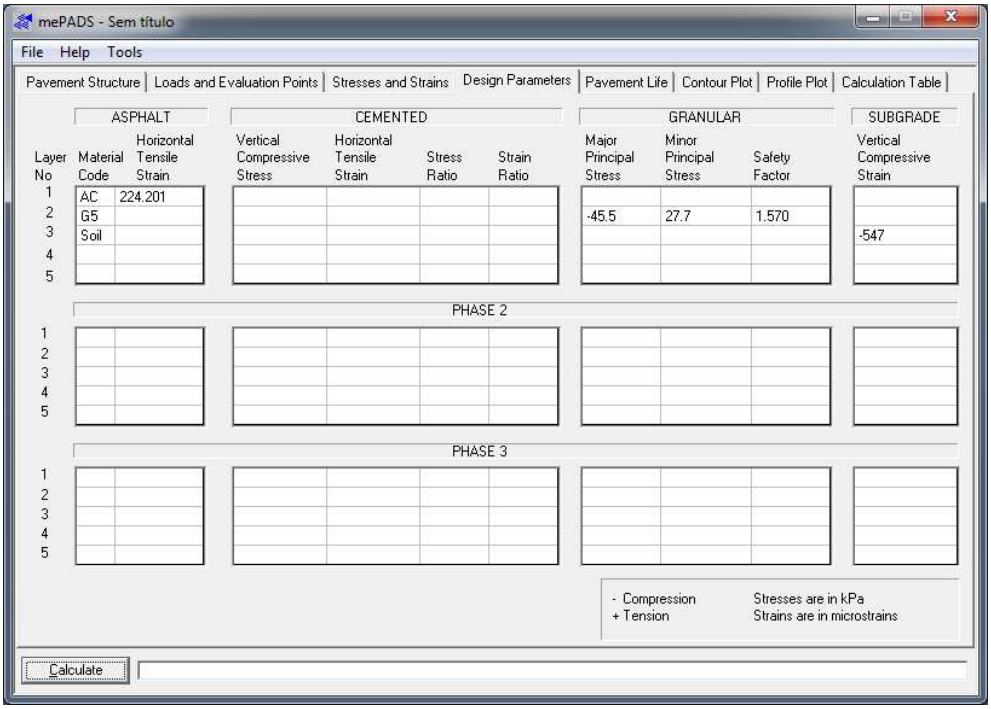


Figura 36 – Parâmetros do pavimento reabilitado

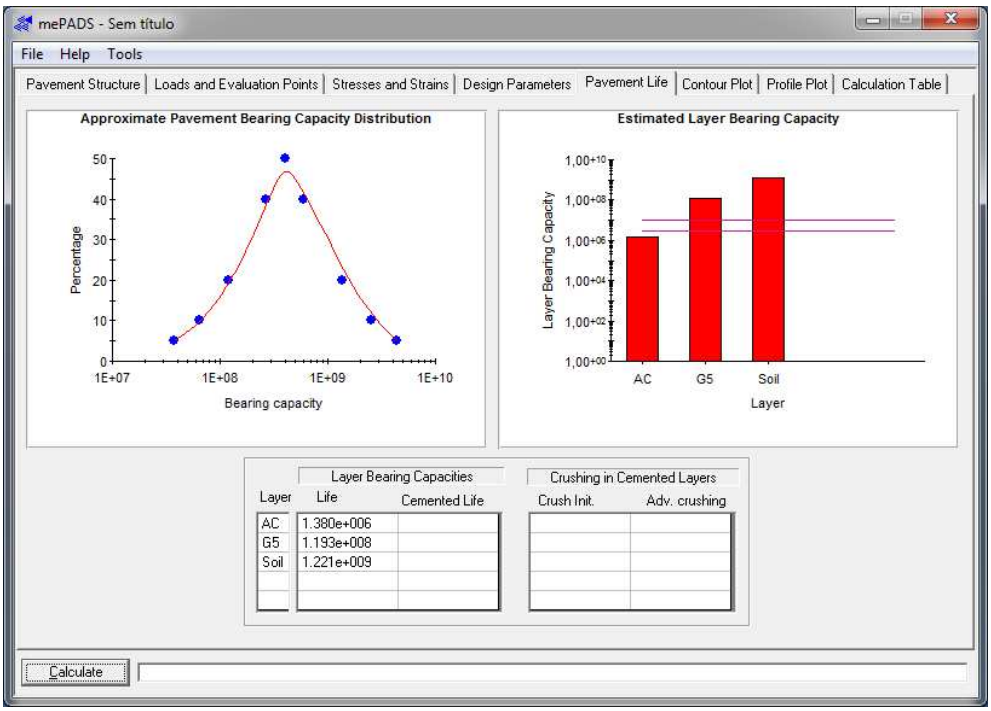


Figura 37 – Capacidade de suporte das camadas do pavimento reabilitado (vida do pavimento)
Nf = 1,380 x 10^6 (AASHTO) ⇒ 4,140 x 10^6 (USACE)

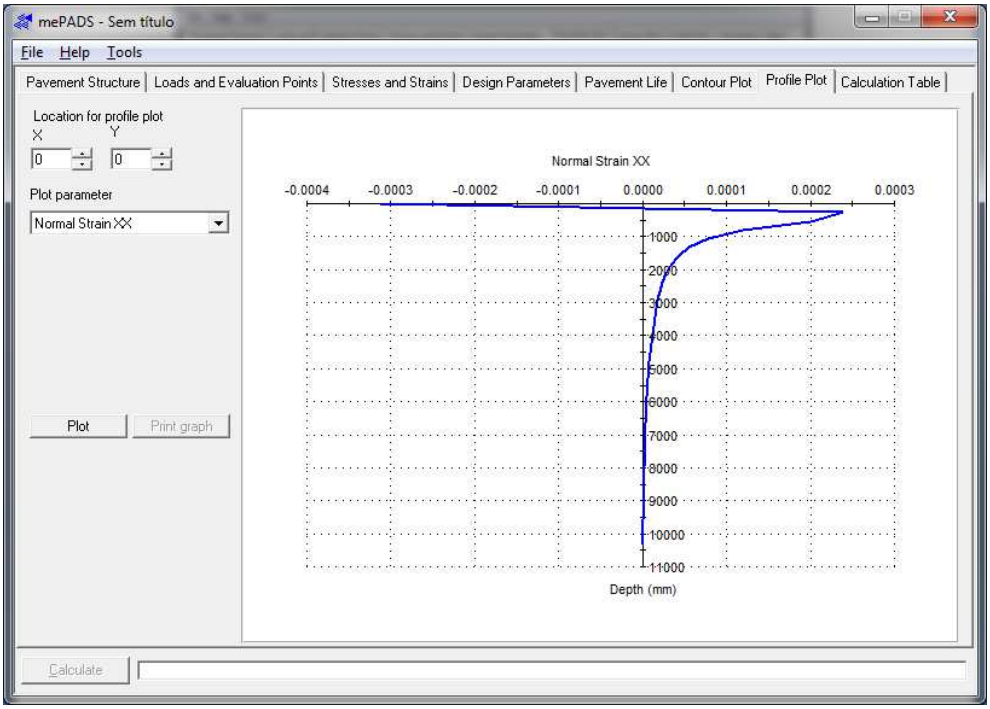


Figura 38 – Perfil da Deformação Normal XX (Pavimento reabilitado)

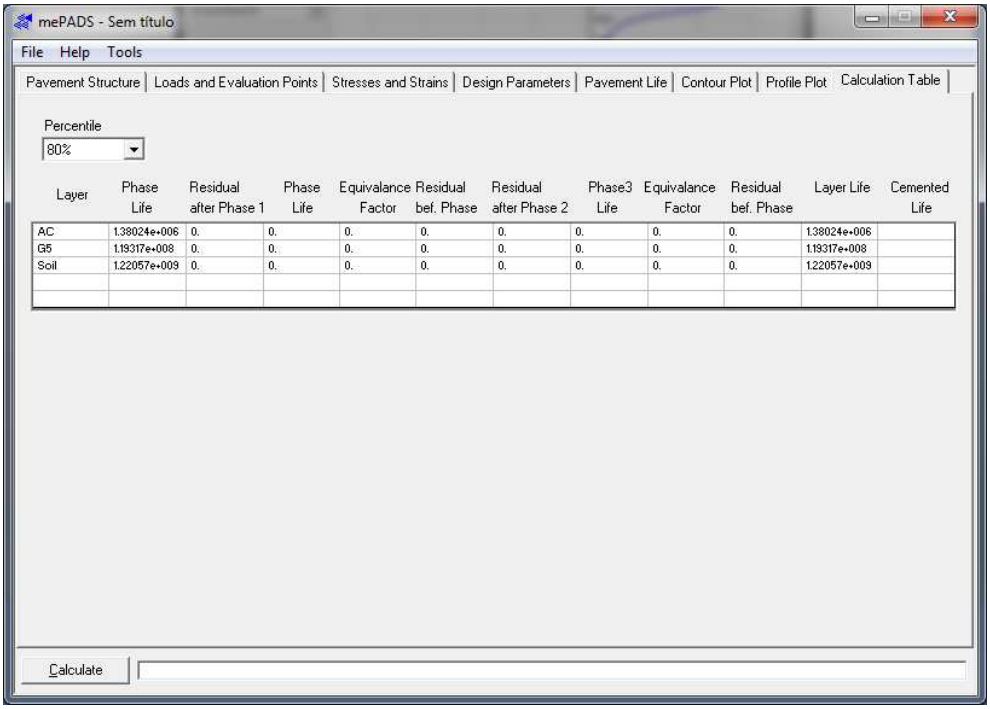


Figura 39 – Tabela de cálculo

5.2.2.2. Soluções para reabilitação do Pavimento no Segmento N2

A seguir é apresentada a alternativa analisada para solução de reabilitação do Pavimento no segmento N2 (km 1+725 ao km 2+490,74 da Pista Direita e km 2+490,74 ao km 1+505 da Pista Esquerda.

a) **Alternativa** - Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento betuminoso e recomposição de 7,0cm de CBUQ.

Deflexão característica do Pavimento existente = **78,12 x 10^{-2}mm PE.**

Deflexão expectável do pavimento reabilitado = < **55,5 x 10^{-2}mm.**

5.2.3. Retroanálise Simplificada para o Segmento N3

A seguir são apresentadas telas autoexplicativas com os parâmetros utilizados e cálculos realizados para a Retroanálise do segmento N3 - km 1+505 ao km 1+245 da Pista Esquerda

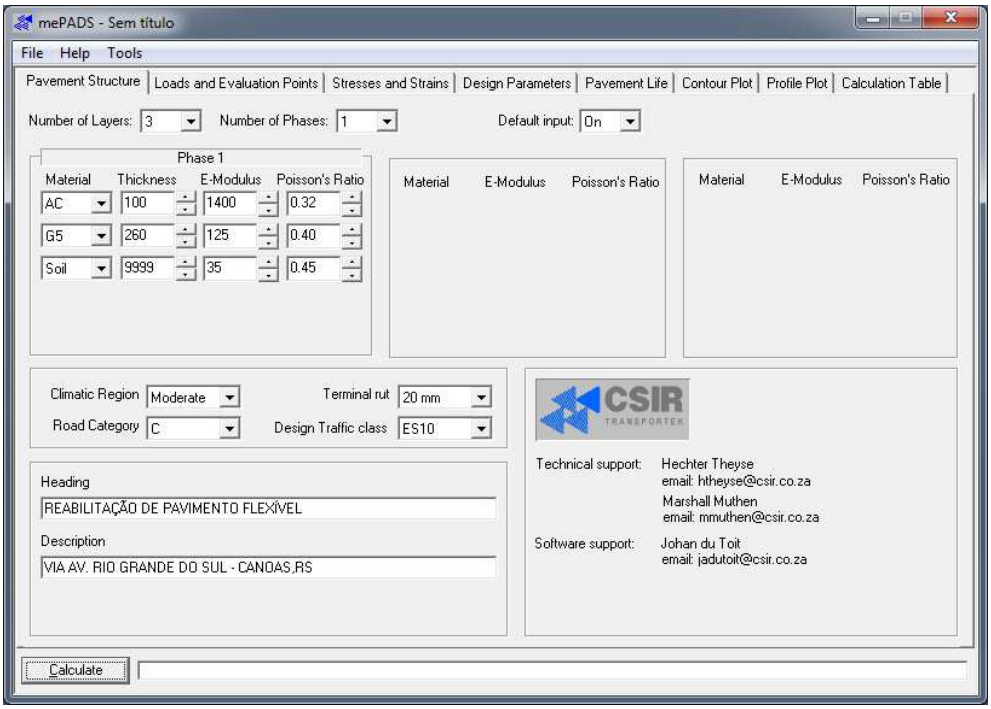


Figura 40 – Estrutura do pavimento, categoria da via, região climática, afundamento terminal da trilha de roda, classe de tráfego de projeto e módulos das camadas obtidos por retroanálise simplificada

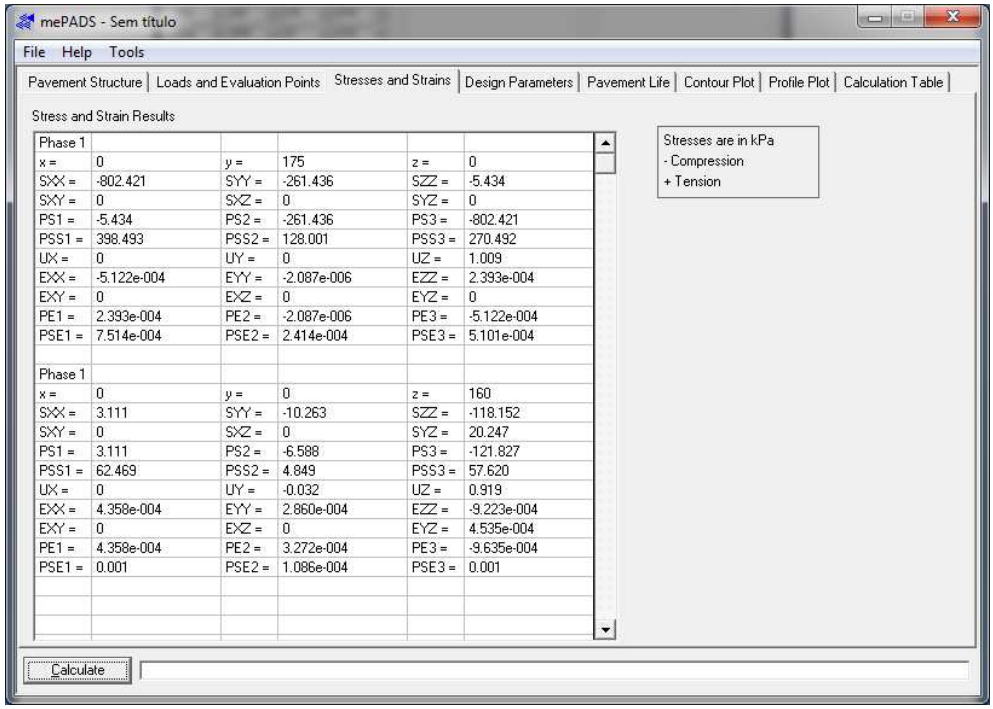


Figura 41 – Tensões e deformações (cargas do eixo padrão rodoviário) no pavimento existente. Deflexão Benkelman do pavimento existente com a estrutura da Figura 40: UZ = 100,9 x 10^{-2} mm

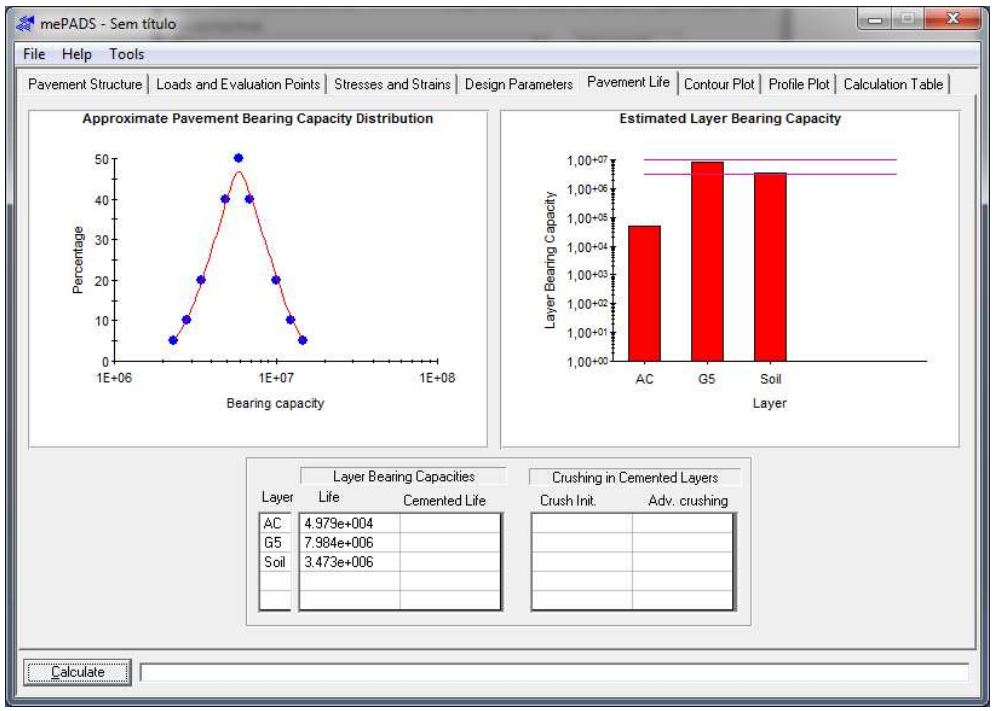


Figura 42 – Vida restante do pavimento Nf = 4,979 x 10^4 (AASHTO)

5.2.3.1. Reabilitação do Pavimento para o Segmento N3 (Alternativa I)

A seguir são apresentados os resultados obtidos para uma alternativa de reabilitação do Pavimento no segmento N3 (km 1+505 ao km 1+245 Pista Esquerda), considerando como solução a Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento e recomposição com 7,0 cm de CBUQ.

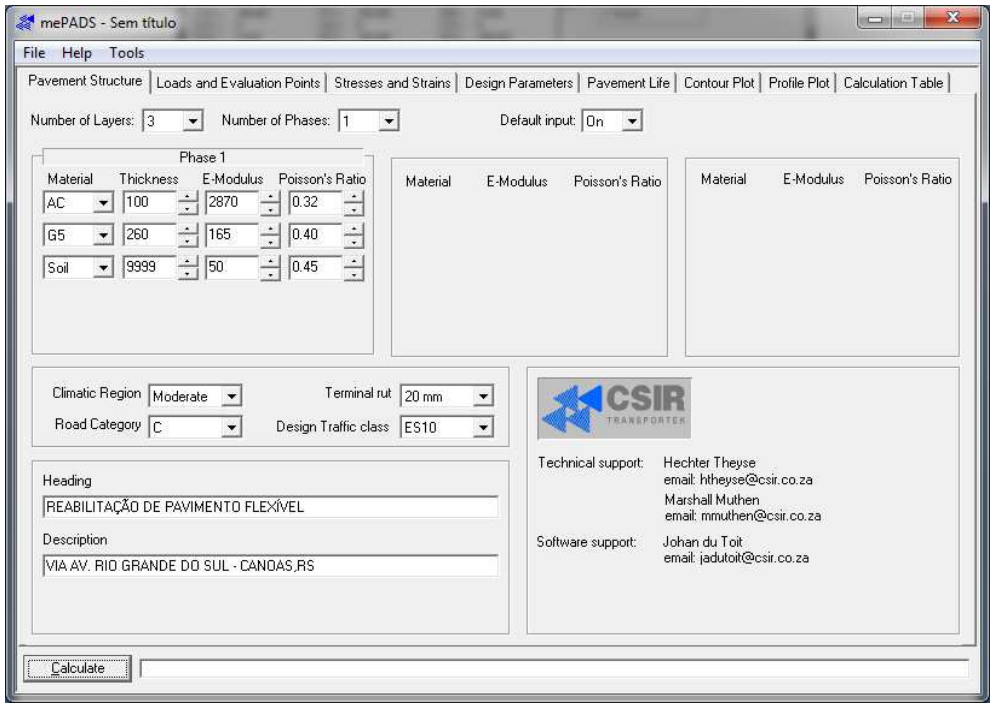


Figura 43 – Estrutura do pavimento reabilitado, categoria da via, região climática, afundamento terminal da trilha de roda e classe de tráfego de projeto

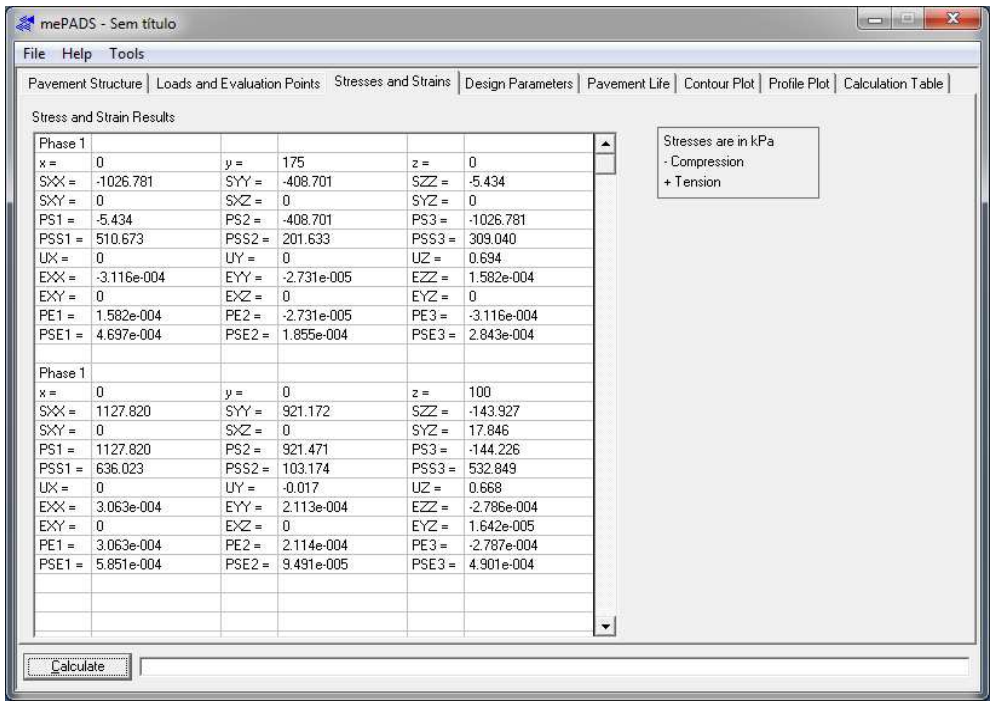


Figura 44 – Tensões e deformações (cargas do eixo padrão rodoviário) no pavimento reabilitado. Deflexão expectável do pavimento reabilitado: UZ = 69,4 x 10^{-2}mm

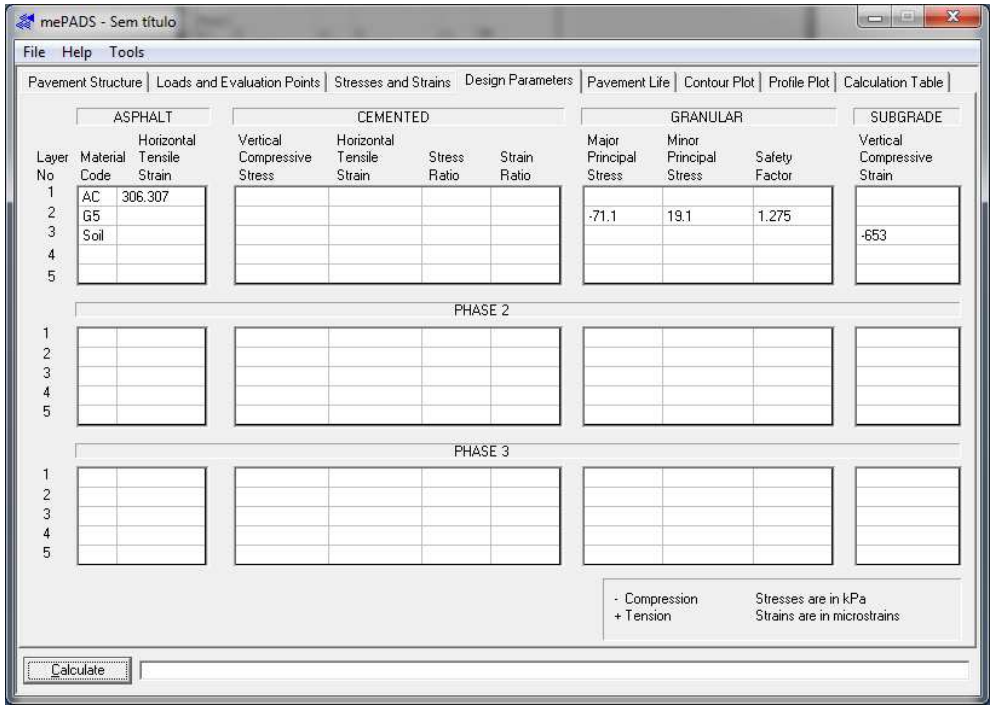


Figura 45 – Parâmetros do pavimento reabilitado

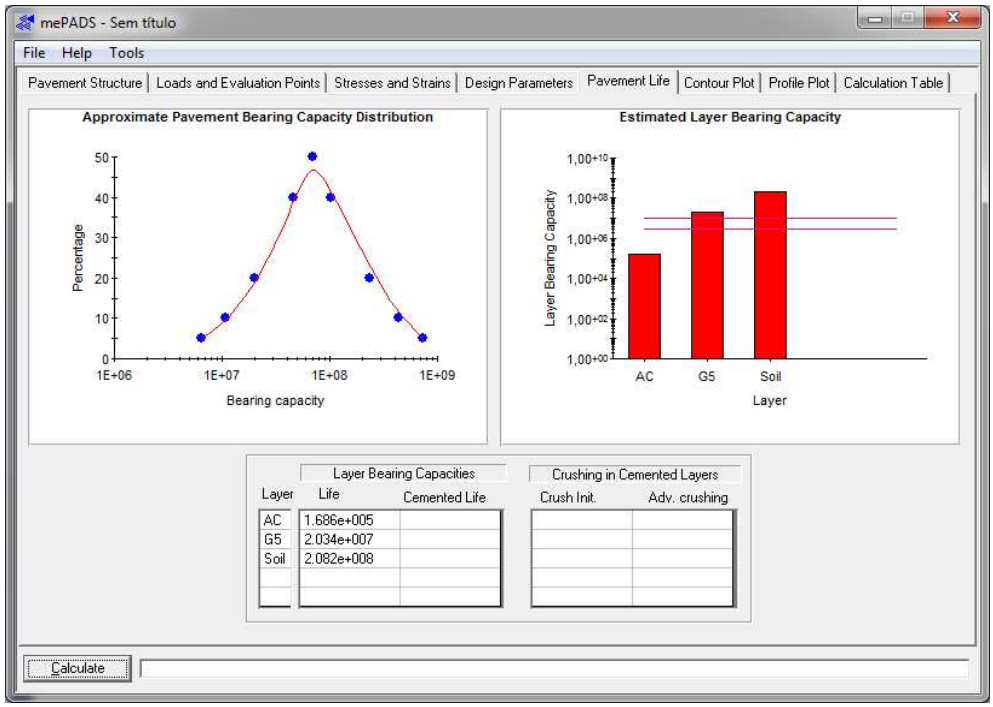


Figura 46 – Capacidade de suporte das camadas do pavimento reabilitado (vida do pavimento) Nf = 1,686 x 10^5 (AASHTO)

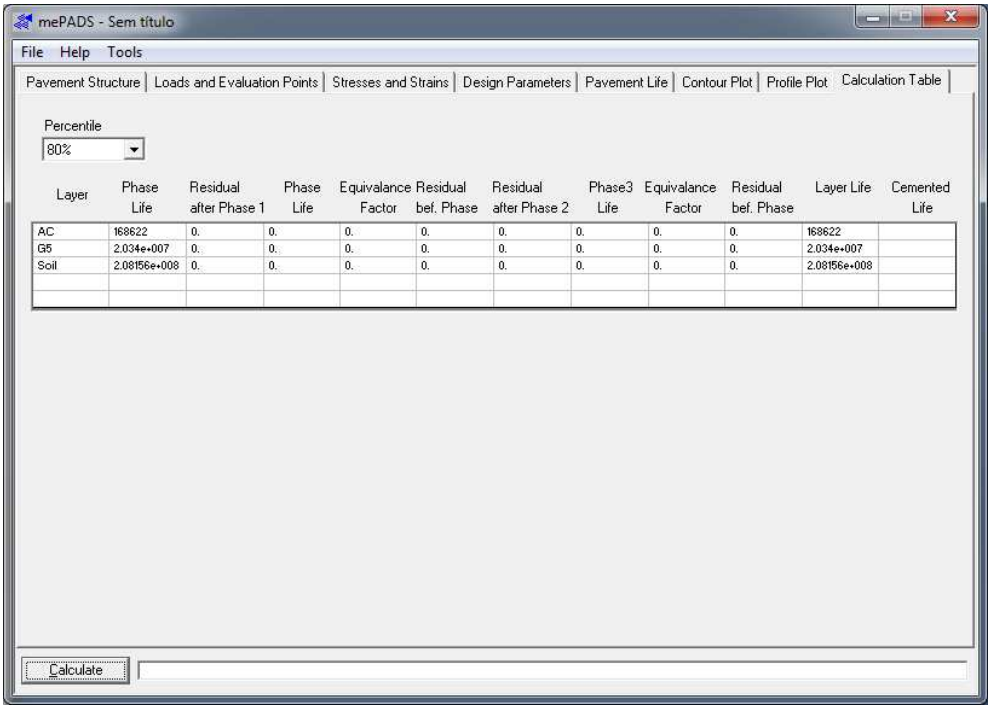


Figura 47 – Tabela de cálculo

5.2.3.2. Reabilitação do Pavimento para o Segmento N3 (Alternativa II)

A seguir são apresentados os resultados obtidos para uma segunda alternativa proposta para a reabilitação do Pavimento no segmento N3 (km 1+505 ao km 1+245 Pista Esq.), considerando como solução a Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento e recomposição com 9,0 cm de CBUQ.

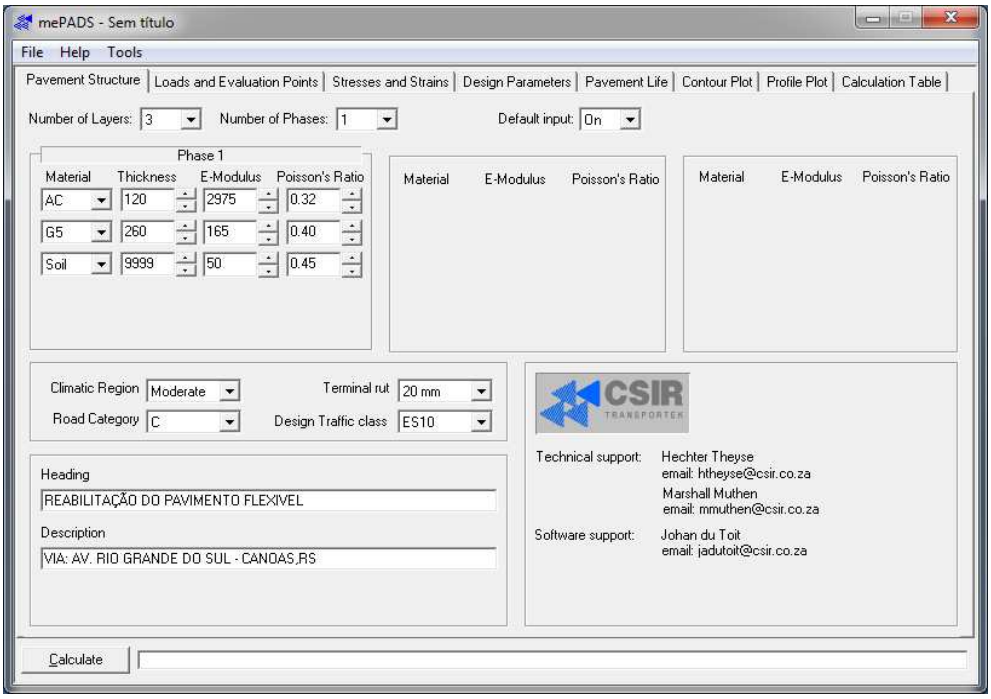
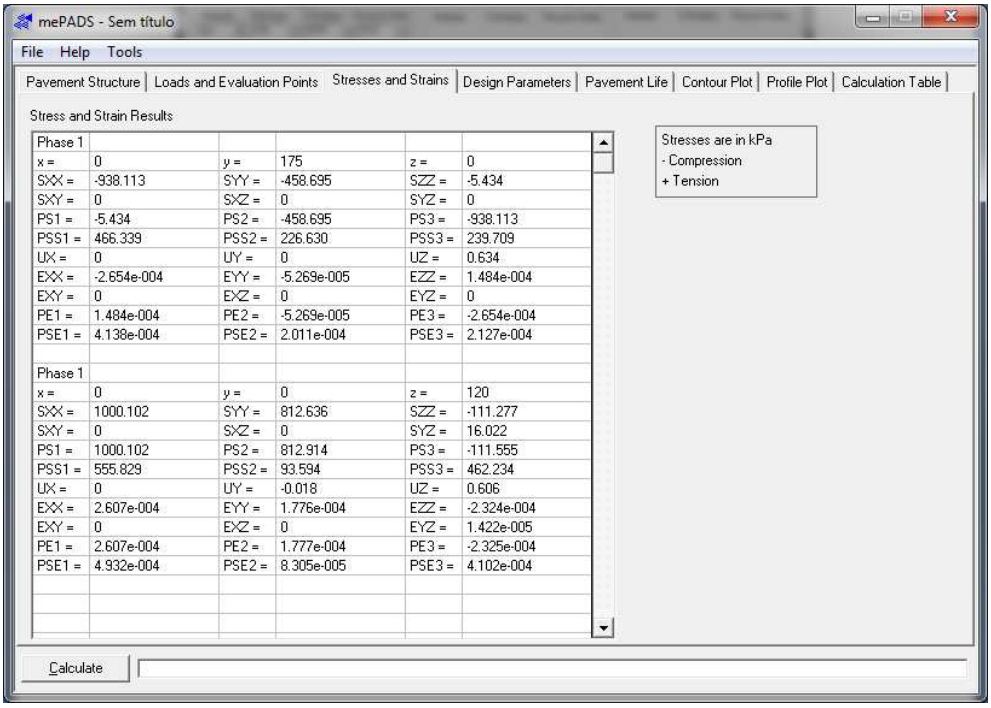
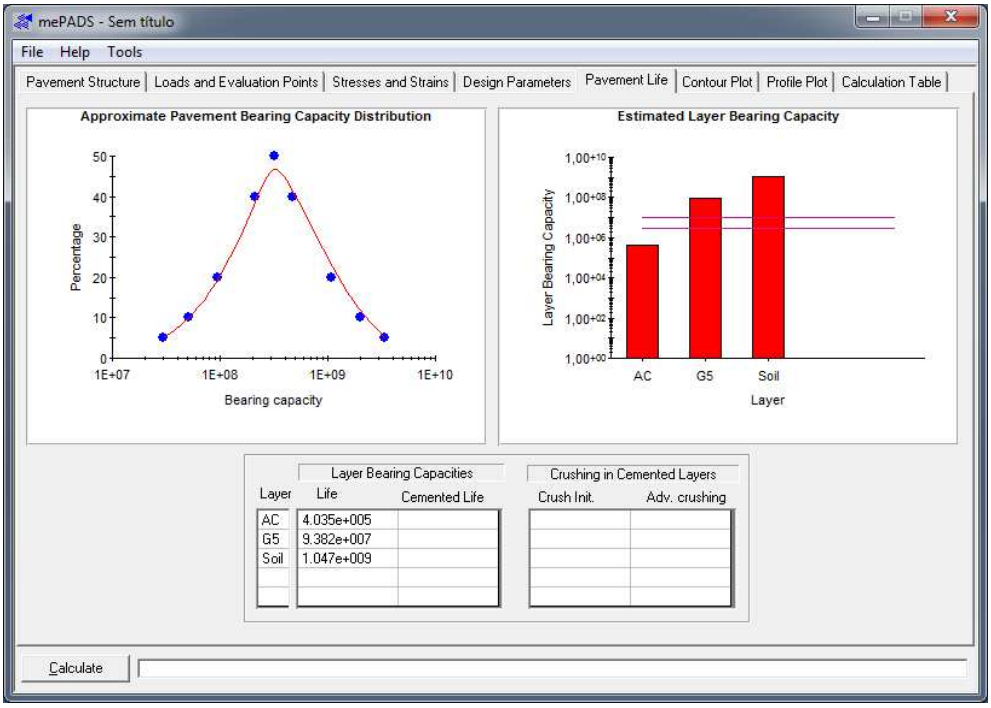


Figura 48– Estrutura do pavimento reabilitado, categoria da via, região climática, afundamento terminal da trilha de roda e classe de tráfego de projeto



Phase 1					
x =	0	y =	175	z =	0
SXX =	-938.113	SYY =	-458.695	SZZ =	-5.434
SXY =	0	SXZ =	0	SYZ =	0
PS1 =	-5.434	PS2 =	-458.695	PS3 =	-938.113
PSS1 =	466.339	PSS2 =	226.630	PSS3 =	239.709
UX =	0	UY =	0	UZ =	0.634
EXX =	-2.654e-004	EYY =	-5.269e-005	EZZ =	1.484e-004
EXY =	0	EXZ =	0	EYZ =	0
PE1 =	1.484e-004	PE2 =	-5.269e-005	PE3 =	-2.654e-004
PSE1 =	4.138e-004	PSE2 =	2.011e-004	PSE3 =	2.127e-004
Phase 1					
x =	0	y =	0	z =	120
SXX =	1000.102	SYY =	812.636	SZZ =	-111.277
SXY =	0	SXZ =	0	SYZ =	16.022
PS1 =	1000.102	PS2 =	812.914	PS3 =	-111.555
PSS1 =	555.829	PSS2 =	93.594	PSS3 =	462.234
UX =	0	UY =	-0.018	UZ =	0.606
EXX =	2.607e-004	EYY =	1.776e-004	EZZ =	-2.324e-004
EXY =	0	EXZ =	0	EYZ =	1.422e-005
PE1 =	2.607e-004	PE2 =	1.777e-004	PE3 =	-2.325e-004
PSE1 =	4.932e-004	PSE2 =	8.305e-005	PSE3 =	4.102e-004

Figura 49 – Tensões e deformações (cargas do eixo padrão rodoviário) no pavimento reabilitado. Deflexão expectável do pavimento reabilitado: UZ = 63,4 x 10^{-2}mm



Layer	Life	Cemented Life
AC	4.035e+005	
G5	9.382e+007	
Soil	1.047e+009	

Crush Init.	Adv. crushing

Figura 50 – Capacidade de suporte das camadas do pavimento reabilitado (vida do pavimento) Nf = 4,035 x 10^5 (AASHTO) ⇒ Nf = 1,121 x 10^6 (USACE)

5.2.3.3. Soluções para reabilitação do Pavimento no Segmento N3

A seguir são apresentadas as alternativas analisadas para possíveis soluções de reabilitação do Pavimento no segmento N3 (km 1+505 ao km 1+245) Pista Esquerda.

a) **Alternativa I** - Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento betuminoso e recomposição de 7,0cm de CBUQ.

Deflexão característica do Pavimento existente = **116,05 x 10^{-2}mm.**

Deflexão expectável do pavimento reabilitado = **69,4 x 10^{-2}mm.**

b) **Alternativa II** - Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento betuminoso e recomposição de 9,0 cm de CBUQ.

Deflexão característica do Pavimento existente = **116,05 x 10^{-2}mm.**

Deflexão expectável do pavimento reabilitado = **63,4 x 10^{-2}mm.**

5.3. Solução Técnica Adotada

A luz das análises acima a solução técnica mais eficaz para cada segmento analisado é:

- **Segmento N1 - km 1+245 ao km 1+725 da Pista Direita** - Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento betuminoso existente e recomposição com 9,0 cm de CBUQ densamente graduado.
- **Segmento N2 - km 1+725 ao km 2+490,74 da Pista Direita e km 2+490,74 ao km 1+505 da Pista Esquerda** - Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento betuminoso existente e recomposição com 7,0 cm de CBUQ densamente graduado.
- **Segmento N3 - km 1+505 ao km 1+245 da Pista Esquerda** - Fresagem a frio de 7,0 cm do revestimento betuminoso existente e recomposição com 9,0 cm de CBUQ densamente graduado

O recapeamento simples foi descartado haja vista que acarretaria uma elevação do greide do pavimento existente que aterraria os meios-fios existente e implicava no estrangulamento das seções hidráulicas das bocas de lobo existentes.

De maneira que busque compatibilizar a restauração da pista existente e o pavimento novo a ser implantando, ambas camadas finais de rolamento possuem a mesma espessura, devendo então ser executadas simultaneamente.

Os serviços de Fresagem a frio do revestimento betuminoso existente e recomposição com CBUQ, deverão ser quantificados somente até o início do viaduto sobre a Av. Guilherme Schell, no km 2+130 (Pavimento sobre o viaduto foi recentemente restaurado não apresentando defeitos).

5.4. Reparos Localizados

Durante a execução da Fresagem do revestimento, deverá ser verificado a necessidade de execução de reparos localizados profundos, em função de possíveis patologias decorrentes das camadas inferiores do pavimento. Devido ao elevado grau de deformabilidade do revestimento e ao excesso de remendos existentes, não foi possível identificar com precisão os locais onde estas intervenções venham a ser necessárias. Desta forma o projeto de restauração está propondo um quantitativo correspondente a 3% da área total de pista de rolamento para eventuais intervenções, podendo, ou não, ser utilizado pela executora do serviço. A execução desses quantitativos deverá ser acompanhada pela fiscalização do contrato.

6. SEÇÃO TRANSVERSAL

No Volume 2, no capítulo do Projeto de Pavimentação, é apresentado o detalhamento da seção transversais tipo do pavimento, bem como a planta de manchas adotada para auxiliar na elaboração dos quantitativos dos Projetos de Implantação e Restauração.

7. QUANTITATIVOS

Para o cálculo dos quantitativos, foram adotados os parâmetros de densidades e taxas de aplicação conforme indicados respectivamente nas tabelas 6 e 7 a seguir.

Tabela 6 - Densidades

DISCRIMINAÇÃO	UTILIZAÇÃO	DENSIDADE
Asfalto diluído CM-30	Imprimação	1,00t/m^3
Emulsão Asfáltica RR-1C	Pintura de Ligação	1,00t/m^3
Concreto Asfáltico	Capa de Rolamento	2,40t/m^3

Tabela 7 - Taxas de Aplicação

DISCRIMINAÇÃO		UTILIZAÇÃO	TAXA	OBSERVAÇÃO
Asfalto diluído	CM-30	Imprimação	1,2 l/m^2	
Emulsão Asfáltica	RR-1C	Pintura de ligação	0,5 l/m^2	+ 0,5 l água
Cimento Asfáltico	CAP 50/70	Capa de Rolamento	5,5%	
Cimento Asfáltico	CAP 50/70	Camada de Ligação	5,0%	

O Demonstrativo dos Quantitativos e o Quadro de Quantidades são apresentados a seguir.

ÁREAS DE PAVIMENTAÇÃO

LOCAL: Av. Rio Grande do Sul
SEGMENTO: Rua Pelotas - BR-116
EXTENSÃO: 1245,74 m

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇO			EXTENSÃO (m)	LARGURA (m)	ESPESSURA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME (m³)	MASSA (kg)	DMT (KM)	DENSIDADE OU TAXA DE APLICAÇÃO	UNID.	QUANT.
	Áreas de Pavimentação (CAD)												
	PISTA PRINCIPAL, ACOSTAMENTOS E ACESSOS												
	Pavimento Existente	1+245.0	ao 2+490.7	1,245.70	Variável		11,754.81						
	Pavimento Novo Pista	1+245.0	ao 2+490.7	1,245.70	Variável		336.57						
	Pavimento Elevado Novo	1+245.0	ao 2+490.7	1,245.70	Variável		212.43						
	Remoção p/ Denteamento	1+245.0	ao 2+490.7	1,245.70	Variável		172.11						
	Remoção p/ Implantação de Canteiro	1+245.0	ao 2+490.7	1,245.70	Variável		297.87						
	Remoção p/ Implantação de Elevado	1+245.0	ao 2+490.7	1,245.70	Variável		5,077.94						
	Canteiro Existente	1+245.0	ao 2+490.7	1,245.70	Variável		137.28						
	Ciclovia Nova	1+245.0	ao 2+490.7	1,245.70	Variável		2,200.30						
	Reparos Localizados	1+245.0	ao 2+490.7	1,245.70	Variável		352.64						
							20,189.302					**m²**	**20,190**

DEMONSTRATIVO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS

LOCAL: Av. Rio Grande do Sul
SEGMENTO: Rua Pelotas - BR-116
EXTENSÃO: 1245,74 m

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇO	EXTENSÃO (m)	LARGURA (m)	ESPESSURA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME (m³)	MASSA (kg)	DMT (KM)	DENSIDADE OU TAXA DE APLICAÇÃO	UNID.	QUANT.
1	**PAVIMENTAÇÃO**										
1.1	**PAVIMENTO NOVO**										
1.1.1	Remoção Mecânica de Revestimento Betuminoso										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Denteamento)	1,245.70	VAR.	0.140	172.110	24.095					
						24.095				**m³**	**25.00**
1.1.2	Remoção Mecânica de Camada Granular										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Denteamento)	1,245.70	VAR.	0.220	172.110	37.864					
						37.864				**m³**	**38.00**
1.1.3	Regularização do Subleito										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Pavimento Novo)	1,245.70			336.567						
					336.567					**m²**	**337**
1.1.4	Reforço de Rachão										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Pavimento Novo)	1,245.70		0.200	336.567	67.313					
						67.313				**m³**	**68**
1.1.5	Sub-Base de Macadame Seco										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Pavimento Novo)	1,245.70		0.200	336.567	67.313					
						67.313				**m³**	**68**
1.1.6	Base de Brita Graduada c/ Brita Comercial										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Pavimento Novo)	1,245.70		0.220	508.677	111.909					
						111.909				**m³**	**112**
1.1.7	Imprimação										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Pavimento Novo)	1,245.70			508.677						
					508.677					**m²**	**509**
1.1.8	Pintura de Ligação										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Pavimento Novo)	1,245.70			508.677				2.0 Aplicações		1,018
										m²	**1,018**
1.1.9	Camada de Ligação (Binder)										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Pavimento Novo)	1,245.70		0.070	508.677	35.607					
						35.61				**m³**	**36**

DEMONSTRATIVO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS

LOCAL: **Av. Rio Grande do Sul**
SEGMENTO: **Rua Pelotas - BR-116**
EXTENSÃO: **1245,74 m**

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇO	EXTENSÃO (m)	LARGURA (m)	ESPESSURA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME (m³)	MASSA (kg)	DMT (KM)	DENSIDADE OU TAXA DE APLICAÇÃO	UNID.	QUANT.
1.1.10	Camada de Rolamento em CBUQ										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Pavimento Novo)	1,245.70		0.070	508.677	35.607					
						35.607				**m³**	**36**
1.1.11	CAP 50/70 (Binder)								2.400 t/m³	**t**	**5**
1.1.12	CAP 50/70 (Camada de Rolamento)								2.400 t/m³	**t**	**5**
1.1.13	Emulsão asfaltica RR-1C								0.500 l/m²	**t**	**1**
1.1.14	Asfalto Diluído CM-30								1.200 l/m²	**t**	**1**
1.2	**CICLOVIA**										
1.2.1	Regularização do Subleito										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Ciclovia)	1,245.70			2,200.298						
					2,200.298					**m²**	**2,201**
1.2.2	Base de Brita Graduada c/ Brita Comercial										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Ciclovia)	1,245.70		0.130	2,200.298	286.039					
						286.039				**m³**	**287**
1.2.3	Imprimação										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Ciclovia)	1,245.70			2,200.298						
					2,200.298					**m²**	**2,201**
1.2.4	Pintura de Ligação										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Ciclovia)	1,245.70			2,200.298				1.0 Aplicação		2,201
					2,200.298					**m²**	**2,201**

DEMONSTRATIVO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS

LOCAL: Av. Rio Grande do Sul
SEGMENTO: Rua Pelotas - BR-116
EXTENSÃO: 1245,74 m

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇO	EXTENSÃO (m)	LARGURA (m)	ESPESSURA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME (m³)	MASSA (kg)	DMT (KM)	DENSIDADE OU TAXA DE APLICAÇÃO	UNID.	QUANT.
1.2.5	Camada de Rolamento em CBUQ										
	1+245.0 ao 2+490.7 (Ciclovia)	1,245.70		0.040	2,200.298	88.012					
						88.01				**m³**	**89.00**
1.2.6	CAP 50/70								2.400 t/m³	**t**	**12**
1.2.7	Emulsão asfaltica RR-1C								0.500 l/m²	**t**	**2**
1.2.8	Asfalto Diluído CM-30								1.200 l/m²	**t**	**3**
1.3	**PAVIMENTO ELEVADO**										
1.3.1	Remoção Mecânica de Revestimento Betuminoso										
	1+245.0 ao 2+490.7	1,245.70	VAR.	0.130	5,077.939	660.132					
						660.132				**m³**	**661.00**
1.3.2	Remoção Mecânica de Camada Granular										
	1+245.0 ao 2+490.7		VAR.	0.380	5,077.939	1,929.617					
						1,929.617				**m³**	**1,930.00**
1.3.3	Regularização do Subleito										
	1+245.0 ao 2+490.7	1,245.70			5,077.939						
					5,077.939					**m²**	**5,078**
1.3.4	Sub-Base de Macadame Seco										
	1+245.0 ao 2+490.7		VAR.	0.340	5,290.367	1,798.725					
						1,798.725				**m³**	**1,799.00**
1.3.5	Base de Brita Graduada										
	1+245.0 ao 2+490.7		VAR.	0.170	5,290.367	899.362					
						899.362				**m³**	**900.00**
1.3.6	Imprimação										
	1+245.0 ao 2+490.7		VAR.		5,290.367						
					5,290.367					**m²**	**5,291.00**
1.3.7	Asfalto Diluído CM-30								1.200 l/m²	**t**	**7**

DEMONSTRATIVO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS

LOCAL: Av. Rio Grande do Sul
SEGMENTO: Rua Pelotas - BR-116
EXTENSÃO: 1245,74 m

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇO	EXTENSÃO (m)	LARGURA (m)	ESPESSURA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME (m³)	MASSA (kg)	DMT (KM)	DENSIDADE OU TAXA DE APLICAÇÃO	UNID.	QUANT.
1.3.8	Blocos Pré-Fabricados de Concreto PAVS (h=10cm)										
	1+245.0 ao 2+490.7		VAR.		5,290.367						
					5,290.367					**m²**	**5,291.00**
1.3.9	Meio-fio p/ confinamento transversal										
	1+245.0 ao 2+490.7	220.50									
		220.500								**m**	**221.00**
2	**RESTAURAÇÃO**										
2.1	**FRESAGEM E RECOMPOSIÇÃO**										
2.1.1	Fresagem Contínua de Revestimento Betuminoso										
	N1 1+245.0 ao 1+725.0 (Pista Direita)	480.00		0.070	3,708.060	259.564					
	N2 1+725.0 ao 2+130.0 (Pista Direita)	405.00		0.070	2,525.105	176.757					
	N2 1+505.0 ao 2+130.0 (Pista Esquerda)	625.00		0.070	3,639.591	254.771					
	N3 1+245.0 ao 1+505.0 (Pista Esquerda)	260.00		0.070	1,882.058	131.744					
						822.837				**m³**	**823**
2.1.2	Pintura de Ligação										
	N1 1+245.0 ao 1+725.0 (Pista Direita)	480.00			3,708.060				2.0 Aplicações		7,417
	N2 1+725.0 ao 2+130.0 (Pista Direita)	405.00			2,525.105				1.0 Aplicações		2,526
	N2 1+505.0 ao 2+130.0 (Pista Esquerda)	625.00			3,639.591				1.0 Aplicações		3,640
	N3 1+245.0 ao 1+505.0 (Pista Esquerda)	260.00			1,882.058				2.0 Aplicações		3,765
										m²	**17,348**
2.1.3	Camada de Rolamento em CBUQ										
	N1 1+245.0 ao 1+725.0 (Pista Direita)	480.00		0.090	3,708.060	333.725					
	N2 1+725.0 ao 2+130.0 (Pista Direita)	405.00		0.070	2,525.105	176.757					
	N2 1+505.0 ao 2+130.0 (Pista Esquerda)	625.00		0.070	3,639.591	254.771					
	N3 1+245.0 ao 1+505.0 (Pista Esquerda)	260.00		0.090	1,882.058	169.385					
						934.639				**m³**	**935**
2.1.4	CAP 50/70 (Camada de Rolamento)								2.400 t/m³	**t**	**124**
2.1.5	Emulsão asfaltica RR-1C								0.500 l/m²	**t**	**9**
2.2	**REPARO LOCALIZADO PROFUNDO (3%)**										
2.2.1	Remoção Mecânica de Camada Granular										
	1+245.0 ao 2+130.0		VAR.	0.380	352.644	134.005					
						134.005				**m³**	**135.00**
2.2.2	Remoção Mecânica de Revestimento Betuminoso										
	1+245.0 ao 2+130.0		VAR.	0.065	352.644	22.922					
						22.922				**m³**	**23.00**

DEMONSTRATIVO DOS QUANTITATIVOS DOS SERVIÇOS

LOCAL: Av. Rio Grande do Sul
SEGMENTO: Rua Pelotas - BR-116
EXTENSÃO: 1245,74 m

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇO	EXTENSÃO (m)	LARGURA (m)	ESPESSURA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME (m³)	MASSA (kg)	DMT (KM)	DENSIDADE OU TAXA DE APLICAÇÃO	UNID.	QUANT.
2.2.3	Sub-Base de Macadame Seco										
	1+245.0 ao 2+130.0		VAR.	0.210	352.644	74.055					
						74.055				**m³**	**75.00**
2.2.4	Base de Brita Graduada										
	1+245.0 ao 2+130.0		VAR.	0.200	352.644	70.529					
						70.529				**m³**	**71.00**
2.2.5	Imprimação										
	1+245.0 ao 2+130.0		VAR.		352.644						
					352.644					**m²**	**353.00**
2.2.6	Pintura de Ligação										
	1+245.0 ao 2+130.0		VAR.		352.644						
					352.644					**m²**	**353.00**
2.2.7	CBUQ com CAP 50/70										
	1+245.0 ao 2+130.0	VAR.	VAR.	0.065	352.644	22.922					
						22.922				**m³**	**22.92**
2.2.8	CAP 50/70								2.400 t/m³	**t**	**3.1**
2.2.9	Emulsão asfaltica RR-1C								0.500 l/m²	**t**	**0.2**
2.2.10	Asfalto Diluído CM-30								1.200 l/m²	**t**	**0.5**

RESUMO DOS QUANTITATIVOS

LOCAL: Av. Rio Grande do Sul
SEGMENTO: Rua Pelotas - BR-116
EXTENSÃO: 1245,74 m

ITEM	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	DMT	TOTAL
1		**PAVIMENTAÇÃO**			
1.1		**Pavimento Novo**			
1.1.1	100576	Regularização e compactação de subleito de solo predominantemente argiloso	m²		337
1.1.2	6415 (DAER)	Reforço de Rachão - exclusive carga e transporte	m³		68
1.1.3	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	25.833	2,284
1.1.4	96400	Execução e compactação de base e ou sub base para pavimentação de macadame seco - exclusive carga e transporte	m³		68
1.1.5	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	25.833	2,284
1.1.6	96396	Execução e compactação de base e ou sub base com brita graduada simples - exclusive carga e transporte	m³		112
1.1.7	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	25.833	3,761
1.1.8	96401	Imprimação - exclusive asfálto	m²		509
1.1.9	96402	Pintura de ligação - exclusive asfálto	m²		1,018
1.1.10	95996	Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de binder - exclusive carga e transporte	m³		36
1.1.11	95303	Transporte c/ caminhão basculante 10m³ de massa asfáltica p/ pavimentação urbana	m³ x km	25.833	1,209
1.1.12	95995	Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de rolamento - exclusive carga e transporte	m³		36
1.1.13	95303	Transporte c/ caminhão basculante 10m³ de massa asfáltica p/ pavimentação urbana	m³ x km	25.833	1,209
		Materiais Asfálticos			
	41899	CAP 50/70 (Binder)	t		5
1.1.14	41899	CAP 50/70	t		5
1.1.15	41905	RR-1C	t		1
1.1.16	41901	CM-30	t		1
1.1.17	93177	Transporte de material asfaltico, com caminhão com capacidade de 20000l em rodovia pavimentada para distâncias médias de transporte igual ou inferior a 100 km	t x km	26.7	320
1.2		**Ciclovia**			
1.2.1	100576	Regularização e compactação de subleito de solo predominantemente argiloso	m²		2,201
1.2.2	96396	Execução e compactação de base e ou sub base com brita graduada simples - exclusive carga e transporte	m³		287
1.2.3	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	25.833	9,638
1.2.4	96401	Imprimação - exclusive asfálto	m²		2,201
1.2.5	96402	Pintura de ligação - exclusive asfálto	m²		2,201
1.2.6	95995	Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de rolamento - exclusive carga e transporte	m³		89
1.2.7	95303	Transporte c/ caminhão basculante 10m³ de massa asfáltica p/ pavimentação urbana	m³ x km	25.833	2,989
		Materiais Asfálticos			
1.2.8	41899	CAP 50/70	t		12
1.2.9	41905	RR-1C	t		2
1.2.10	41901	CM-30	t		3
1.2.11	93177	Transporte de material asfaltico, com caminhão com capacidade de 20000l em rodovia pavimentada para distâncias médias de transporte igual ou inferior a 100 km	t x km	26.7	454

RESUMO DOS QUANTITATIVOS

LOCAL: **Av. Rio Grande do Sul**
SEGMENTO: **Rua Pelotas - BR-116**
EXTENSÃO: **1245,74 m**

ITEM	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	DMT	TOTAL
1.3		**Pavimento Elevado**			
1.3.1	97636	Demolição parcial de pavimento asfáltico, de forma mecanizada, sem reaproveitamento	m³		661
1.3.2	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	10	8,593
1.3.3	4915669 (sicro)	Remoção mecanizada de camada granular do pavimento	m³		1,930
1.3.4	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	10	25,090
1.3.5	100576	Regularização e compactação de subleito de solo predominantemente argiloso	m²		5,078
1.3.6	96400	Execução e compactação de base e ou sub base para pavimentação de macadame seco - exclusive carga e transporte	m³		1,799
1.3.7	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	25.833	60,416
1.3.8	96396	Execução e compactação de base e ou sub base com brita graduada simples - exclusive carga e transporte	m³		900
1.3.9	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	25.833	30,225
1.3.10	96401	Imprimação - exclusive asfálto	m²		5,291
1.3.11	2395 e 4052	Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco holandês, espessura 10 cm	m²		5,291
1.3.12	72884	Transporte comercial com caminhao carroceria 9 t, rodovia pavimentada	m³ x km	27.223	14,404
1.3.13	94273	Assentamento de guia (meio-fio) em trecho reto, confeccionada em concreto pré-fabricado, dimensões 100x15x13x30 cm (comprimento x base inferior x base superior x altura), para vias urbanas (uso viário).	m		221
		Materiais Asfálticos			
1.3.13	41901	CM-30	t		7
1.3.14	93177	Transporte de material asfaltico, com caminhão com capacidade de 20000l em rodovia pavimentada para distâncias médias de transporte igual ou inferior a 100 km	t x km	26.7	187

RESUMO DOS QUANTITATIVOS

LOCAL: Av. Rio Grande do Sul
SEGMENTO: Rua Pelotas - BR-116
EXTENSÃO: 1245,74 m

ITEM	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	DMT	TOTAL
2		**RESTAURAÇÃO**			
2.1		**Fresagem e Recomposição**			
2.1.1	4011479 (sicro)	Fresagem contínua de revestimento betuminoso	m³		823
2.1.2	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	10	10,699
2.1.3	96402	Pintura de ligação - exclusive asfálto	m²		17,348
2.1.4	95995	Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de rolamento - exclusive carga e transporte	m³		935
2.1.5	95303	Transporte c/ caminhão basculante 10m³ de massa asfáltica p/ pavimentação urbana	m³ x km	25.833	31,400
		Materiais Asfálticos			
2.1.6	41899	CAP 50/70	t		124
2.1.7	41905	RR-1C	t		9
2.1.8	93177	Transporte de material asfaltico, com caminhão com capacidade de 20000l em rodovia pavimentada para distâncias médias de transporte igual ou inferior a 100 km	t x km	26.7	3,551
2.1		**Reparos Localizados Profundos**			
2.1.1	4915669 (sicro)	Remoção mecanizada de camada granular do pavimento	m³		135
2.1.2	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	10	1,755
2.1.3	97636	Demolição parcial de pavimento asfáltico, de forma mecanizada, sem reaproveitamento	m³		23
2.1.4	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	10	299
2.1.5	96400	Execução e compactação de base e ou sub base para pavimentação de macadame seco - exclusive carga e transporte	m³		75
2.1.6	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	25.833	2,519
2.1.7	96396	Execução e compactação de base e ou sub base com brita graduada simples - exclusive carga e transporte	m³		71
2.1.8	95875	Transporte com caminhão basculante de 10 m3, em via urbana pavimentada, dmt até 30 km	m³ x km	25.833	2,384
2.1.9	96401	Imprimação - exclusive asfálto	m²		353
2.1.10	96402	Pintura de ligação - exclusive asfálto	m²		353
2.1.11	95995	Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de rolamento - exclusive carga e transporte	m³		23
2.1.12	95303	Transporte c/ caminhão basculante 10m³ de massa asfáltica p/ pavimentação urbana	m³ x km	25.833	770
2.2		**Materiais Asfálticos**			
2.2.1	41899	CAP 50/70	t		3
2.2.2	41905	RR-1C	t		0.2
2.2.3	41901	CM-30	t		0.5
2.2.4	93177	Transporte de material asfaltico, com caminhão com capacidade de 20000l em rodovia pavimentada para distâncias médias de transporte igual ou inferior a 100 km	t x km	26.7	101

8. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO

Os serviços de pavimentação e restauração deverão ser executados obedecendo às seguintes especificações técnicas, oficializadas pelo DNIT.

DNIT 137/2010-ES	Regularização do subleito
DAER-ES-P 03/91	Produto Total de Britagem Primária (Rachão)
DAER-ES-P 07/91	Macadame Seco
DNIT 141/2010-ES	Base estabilizada granulometricamente
DNIT 144/2014-ES	Imprimação
DNIT 145/2012-ES	Pintura de Ligação
DNIT 031/2006- ES	Concreto Asfáltico
DNER-ES 327/97-ES	Pavimento com peças pré-moldadas de concreto
DNIT 085/2006-ES	Remoção de Pavimento
DNIT 159/2011-ES	Fresagem a frio

D – PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL

D. PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL

O Projeto de Drenagem foi desenvolvido com base nos Estudos Hidrológicos, Topográficos, Geotécnicos e no Projeto Geométrico.

O Projeto de Drenagem classificou-se segundo a utilização dos dispositivos, em drenagem superficial e drenagem pluvial.

Foi adotado como premissa, a trafegabilidade ininterrupta após a conclusão da obra. No entanto, durante a vida útil da rua, poderá ocorrer chuva referente a tempos de recorrências maiores que os determinados neste estudo.

1. Layout Existente e Concepção do Projeto

O Pluvial existente consiste em uma rede com diâmetros variados na sua grande maioria assoreados, localizada nos passeios da Av. Rio Grande do Sul e ruas transversais.

Este estudo teve por base as definições e as concepções apresentadas no “Lay Out da Rede Pluvial”, elaborado pela Hidrosul em fevereiro/1997 e em projetos elaborados pela SMOP-DEP/ Canoas.

O trecho da Av. Rio Grande do Sul, escopo deste estudo, está inserida no projeto de drenagem urbana de Canoas, como parte da micro drenagem com destinatário final para a vala da Rua Curitiba. Esse encaminhamento foi concebido pelo extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS, no Sistema de Macrodrenagem e Proteção contra as Cheias de Canoas.

O sistema é composto por poços de visitas, bocas de lobo e tubulações de concreto.

Conforme o projeto geométrico apresentado no Volume 2 – Projeto de Execução, o projeto da Av. Rio Grande do Sul resultou em obras de melhoramento da via e com restauração da pista e criação de ciclovia no passeio.

Foram realizadas algumas redes complementares e também foi indicado a limpeza da rede existente, das Bocas de lobos e dos poços de visitas.

Como haverá restruturação dos passeios, está sendo indicado a substituição de todas as tampas dos PVs existentes.

Como haverá a restauração do pavimento existente, o projeto está prevendo algumas unidades de substituição dos espelhos das bocas de lobo e tampa, caso ocorra algum dano durante a execução da pavimentação.

2. Drenagem Superficial

2.1. Meio Fio

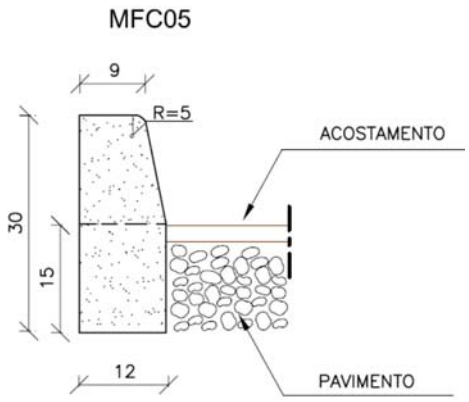
Os meios-fios têm como objetivo captar as águas precipitadas sobre a plataforma da rua, de modo a impedir que provoquem erosões no bordo do acostamento e/ou no talude do aterro, conduzindo-as a local de deságue seguro.

A indicação deste dispositivo fundamentou-se na seguinte situação:

- Passeio/canteiros, para coletar e conduzir as águas para os emboques e/ou bocas de lobo.

No presente projeto foi adotado o tipo MFC-05.

As notas de serviço e quantificação foram consideradas no Projeto de Obras Complementares.



CONSUMOS MÉDIOS	
ESCAVAÇÃO	< 0,05m³/m
CONCRETO fck 15MPa	0,034m³/m
FORMAS DE MADEIRA COMUM	0,63m²/m

Figura 1 – Projeto Tipo do Meio-fio

3. Drenagem Pluvial

O sistema de drenagem pluvial é composto dos seguintes elementos:

- Bocas de lobo simples;
- Poços-de-visitas;
- Tubulação;

O pluvial seguirá as especificações do DEP-Porto Alegre ou as especificações do DNIT.

3.1. Vazão Contribuinte

A vazão contribuinte foi determinada com a utilização de fórmula:

$$Q = 2{,}78 \times C \times I_{max} \times A$$, para bacias até 30 ha.

$$Q = 2{,}78 \times C \times I_{max} \times A \times 0{,}95$$, para bacias entre 30 ha e 50 ha.

$$Q = 2{,}78 \times C \times I_{max} \times A \times 0{,}90$$, para bacias acima 50 ha.

Q - Vazão contribuinte (l/s);
C - Coeficiente de escoamento superficial;
Imax – intensidade máxima de chuva (mm/h);
A – área da bacia hidrográfica (ha).

Tendo em consideração o tipo de empreendimento ora projetado, o coeficiente de escoamento superficial adotado, função do tipo de cobertura vegetal, declividade, uso do solo e tipo do solo das bacias hidrográficas, entre outros fatores menos importantes, foi definido como sendo 0,70.

3.2. Dimensionamento dos Elementos de Drenagem

A rede de drenagem foi dimensionamento para Tr=10 anos, pela fórmula de Manning aliada à da continuidade.

No dimensionamento, as obras formam calculadas para operarem com velocidade entre 0,80 m/s a 5,0 m/s. Sempre que possível, a declividade foi definida acompanhamento a do terreno natural.

A fórmula utilizada foi:

$$V = \frac{R^{2/3} \times \sqrt{i}}{n}$$

Em conjunto com a equação da continuidade obtemos:

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times \sqrt{i}}{n}$$

V – velocidade de escoamento (m/s);

R – raio hidráulico (m);

i – declividade do trecho a ser adotado (m/m);

n – coeficiente de rugosidade de Manning;

Q – vazão do trecho (m³/s);

A – área molhada (m²).

3.3. Tubulação

Os condutos projetados consistem em tubos circulares de concreto com diâmetros nominais (DN) – 0,40m, 0,60m, 0,80m de acordo com ABNT-NBR-8890/2003.

Os tubos de diâmetro 0,40m serão do tipo ponta e bolsa ou macho-fêmea da classe PA2.

Quando de travessia de ruas com pavimentação asfáltica, a tubulação deverá ter berço de concreto ou envelopado (quando possuir altura de cobertura pequena) e os tubos de classe PA2.

Os tubos de diâmetros igual ou maior que 0,60 serão de junta elástica tipo ponta e bolsa - JE.

Nas plantas de Drenagem Pluvial, constam os ramais dos condutos identificados com o diâmetro dos tubos e o comprimento.

A seguir segue o quadro contendo a nota de serviço para o serviço de limpeza da rede existente.

LIMPEZA REDE PLUVIAL EXISTENTE

RAMO	km INICIO	km FIM	LADO	EXT. (M)	DIAM (m)	LIMPEZA (m³)	LOCAL
LG	1+215	1+232	LD	17,0	0,50	1,67	Rua Pelotas
LG	1+225	1+232	LD	19,0	0,80	3,82	RGS
LG	1+231	1+232	LD	50,0	0,60	5,65	Rua Pelotas
LG	1+232	1+243	LD	12,0	0,60	1,36	RGS
LG	1+243	1+243	LD	50,0	0,60	5,65	Rua Pelotas
LG	1+243	1+243	LD	18,0	0,80	3,62	Rua Pelotas
LG	1+332	1+387	LD	58,0	0,40	2,92	Praça Thiago Wurth
LG	1+386	1+381	LD	20,0	0,50	1,96	Rua Rio de Janeiro
LG	1+386	1+366	LD	32,0	0,60	4,52	Rua Rio de Janeiro
LG	1+387	1+391	LD	43,0	0,60	6,08	Praça Thiago Wurth
LG	1+394	1+386	LD	13,0	0,50	1,28	Rua Rio de Janeiro
LG	1+394	1+387	LD	24,0	0,60	3,39	Rua Rio de Janeiro
LG	1+395	1+394	LD	5,0	0,60	0,71	RGS

LIMPEZA REDE PLUVIAL EXISTENTE							
RAMO	**km INICIO**	**km FIM**	**LADO**	**EXT. (M)**	**DIAM (m)**	**LIMPEZA (m³)**	**LOCAL**
LG	1+402	1+394	LD	50,0	0,60	7,07	Rua Rio de Janeiro
LG	1+434	1+387	LD	49,0	0,40	3,08	Praça Thiago Wurth
LG	1+516	1+516	LD	50,0	0,50	4,91	Rua Cuiabá
LG	1+516	1+516	LD	17,0	0,60	2,4	Rua Cuiabá
LG	1+527	1+528	LD	50,0	0,50	4,91	Rua Cuiabá
LG	1+528	1+516	LD	11,0	0,50	1,08	RGS
LG	1+528	1+528	LD	50,0	0,50	4,91	Rua Cuiabá
LG	1+528	1+528	LD	18,0	0,60	2,54	Rua Cuiabá
LG	1+555	1+528	LD	27,0	0,60	3,82	RGS
LG	1+600	1+600	LD	50,0	0,50	4,91	Rua São Salvador
LG	1+600	1+555	LD	44,0	0,60	6,22	RGS
LG	1+611	1+600	LD	12,0	0,60	1,7	RGS
LG	1+612	1+611	LD	50,0	0,50	4,91	Rua São Salvador
LG	1+640	1+611	LD	29,0	0,50	2,85	RGS
LG	1+649	1+681	LD	32,0	0,50	3,14	RGS
LG	1+650	1+649	LD	2,0	0,40	0,13	RGS
LG	1+681	1+681	LD	50,0	0,60	7,07	Rua Maceió
LG	1+681	1+681	LD	17,0	0,80	4,27	Rua Maceió
LG	1+692	1+693	LD	50,0	0,40	3,14	Rua Maceió
LG	1+693	1+681	LD	11,0	0,50	1,08	RGS
LG	1+695	1+693	LD	3,0	0,50	0,29	RGS
LG	1+729	1+693	LD	37,0	0,50	3,63	RGS
LG	1+750	1+765	LD	15,0	0,40	0,94	RGS
LG	1+764	1+764	LD	70,0	0,60	14,84	Rua Porto Alegre
LG	1+765	1+766	LD	17,0	0,60	3,6	Rua Porto Alegre
LG	1+776	1+779	LD	50,0	0,40	4,71	Rua Porto Alegre
LG	1+776	1+781	LD	6,0	0,40	0,57	Praça Pio X
LG	1+778	1+781	LD	3,0	0,40	0,28	Praça Pio X
LG	1+779	1+781	LD	16,0	0,40	1,51	Rua Porto Alegre
LG	1+781	1+781	LD	7,0	0,60	1,48	Praça Pio X
LG	1+781	1+765	LD	15,0	0,60	3,18	RGS
LG	1+782	1+781	LD	6,0	0,60	1,27	Praça Pio X
LG	1+829	1+781	LD	56,0	0,60	11,88	Praça Pio X
LG	1+846	1+845	LD	50,0	0,50	7,36	Rua Manaus
LG	1+848	1+856	LD	8,0	0,40	0,75	Praça Pio X
LG	1+856	1+894	LD	39,0	0,40	3,68	Praça Pio X
LG	1+856	1+858	LD	50,0	0,50	7,36	Rua Manaus
LG	1+857	1+856	LD	2,0	0,40	0,19	Rua Manaus
LG	1+857	1+895	LD	38,0	0,50	5,6	RGS
LG	1+892	1+894	LD	3,0	0,60	0,64	RGS
LG	1+895	1+895	LD	81,0	0,80	30,54	Praça Pio X
LG	1+904	1+894	LD	11,0	0,40	1,04	Praça Pio X
LG	1+923	1+930	LD	7,0	0,50	0,69	RGS
LG	1+930	1+930	LD	68,0	0,80	17,09	Rua Amazonas
LG	1+943	1+943	LD	18,0	0,60	2,54	Rua Amazonas
LG	2+102	1+943	LD	160,0	0,40	10,05	RGS
LG	2+164	2+125	LD	42,0	0,40	2,64	RGS
LG	2+313	2+323	LD	150,0	0,80	37,7	Vitor Barreto
LG	2+327	2+332	LD	40,0	0,60	5,65	Vitor Barreto
LG	2+332	2+315	LD	18,0	0,80	4,52	Vitor Barreto
LG	2+333	2+332	LD	20,0	0,60	2,83	Vitor Barreto
LG	2+337	2+333	LD	5,0	0,40	0,31	Vitor Barreto
LG	2+441	2+332	LD	120,0	0,80	30,16	RGS
LG	1+221	1+232	LE	12,0	0,50	1,18	RGS