



AZURE

LATINA
ENGENHARIA

INFRAESTRUTURAS

PREFEITURA MUNICIPAL DE SAPOPEMA – PR

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

PROJETO DE ENGENHARIA PARA PAVIMENTAÇÃO

LOCAL: ESTRADA DO LEJEADO

EXTENSÃO: 550 m de CBUQ Faixa C

**PROJETO EXECUTIVO
MEMORIAL DESCRITIVO**

JANEIRO / 2025

INDICE

1. A EMPRESA	4
2. APRESENTAÇÃO	4
2.1 VOLUME 1 – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA	4
3. LOCALIZAÇÃO DO SEGMENTO VIÁRIO DOS SERVIÇOS.	5
4. ESTUDOS	5
4.1 ESTUDOS DE TRÁFEGO.....	6
4.2 ESTUDOS GEOTÉCNICOS	10
4.3 Sondagens a Trado	11
4.4 Característica Geológica Regional e Locais	11
5. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	17
5.1 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	17
5.1.1 Dimensionamento de implantação em pavimento flexível	18
5.1.2 Dimensionamento do Pavimento de Projeto	20
5.1.3 Estrutura de Pavimento Adotada	21
5.1.4 Controle Defletométrico (ENSAIO DE VIGA BECKMAN).....	22
5.1.5 Especificações de serviço	22
6. TERMO DE ENCERRAMENTO	22

1. A EMPRESA

A **Azure Engenharia**, é uma empresa de consultoria brasileira criada em 2015 em especializada na área de Engenharia infraestrutura, atuando nas áreas de estudos, projetos, monitoramento e avaliação de pavimentos, gerenciamento de obras, supervisão e controle tecnológico de obras rodoviárias, urbanas, aeroportuárias e industriais e de condomínios.

A empresa tem atuação diversificada no setor de infraestrutura e vem expandindo o seu campo, por meio da incorporação de novas tecnologias e renovando parcerias. Ao longo dos anos, a Azure Engenharia acumulou vasta experiência e consolidou uma equipe multidisciplinar altamente qualificada.

2. APRESENTAÇÃO

É apresentado neste Volume o Memorial Descritivo para do Projeto de Engenharia para Pavimentação da Estrada Lajeado localizado no Município de Sapopema - PR

2.1 VOLUME 1 – MEMÓRIA JUSTIFICATIVA

O Volume 1 apresenta os memoriais descritivos contendo as memórias de cálculo, referências aos métodos adotados para as soluções propostas conclusões e recomendações.

3. LOCALIZAÇÃO DO SEGMENTO VIÁRIO DOS SERVIÇOS.

O segmento viário para o Projeto Funcional de Engenharia para pavimentação da Estrada Lajeado com extensão de 550 m, no município de Sapopema-PR. A localização do trecho de projeto é apresentada a seguir na Figura 1.



Figura 1 Mapa de Localização

4. ESTUDOS

Na sequência são descritos os Estudos elaborados, que irão fundamentar o Projeto Executivo:

- Estudos Tráfego;

- Estudo de Geotécnicos;
- Estudo topográfico

4.1 ESTUDOS DE TRÁFEGO

Para efetivação dos estudos de pavimentação do segmento ora estudado foram efetuadas contagens de tráfego, realizadas em dias consecutivos, por um período contínuo que se iniciaram em 16 de Dezembro de 2024 e se encerraram em 20 de Dezembro de 2024

A metodologia empregada consistiu na utilização de câmara de filmagens instaladas em um veículo, de tal maneira que abrangesse os dois sentidos da estrada, por meio de equipamentos DVR (Digital Vídeo Recorder), equipado com HD de 500Gb, com infravermelho, lentes de 4mm e alcance de até 50,00 m.

Posto de Contagem

A localização do Posto de Contagem e o posicionamento dos equipamentos fora no início do trecho Estrada Rural

Contagem Volumétrica Classificatória

Para a contagem realizada foi utilizada a classificação de veículos de acordo com a portaria 63 de 31/03/2009 do DENATRAN.

Carros e Utilitários			Caminhões Semi- Reboques	I-10		Caminhões Semi- Reboques	I-64	
Motos				I-26			II-19	
Ônibus	III-2			I-12		Caminhões Reboques	II-35	
	III-4			I-13			II-6	
Caminhões Rígidos	I-2			I-20				
	I-3			I-22				
	I-6			I-18				

Figura 2 – Classificação dos Veículos – ônibus e caminhões

Composição do Tráfego

Com os resultados, foi possível obter o percentual de participação de cada tipo de veículo, no tráfego total que circula pelo trecho estudado, conforme apresentado na Figura 2

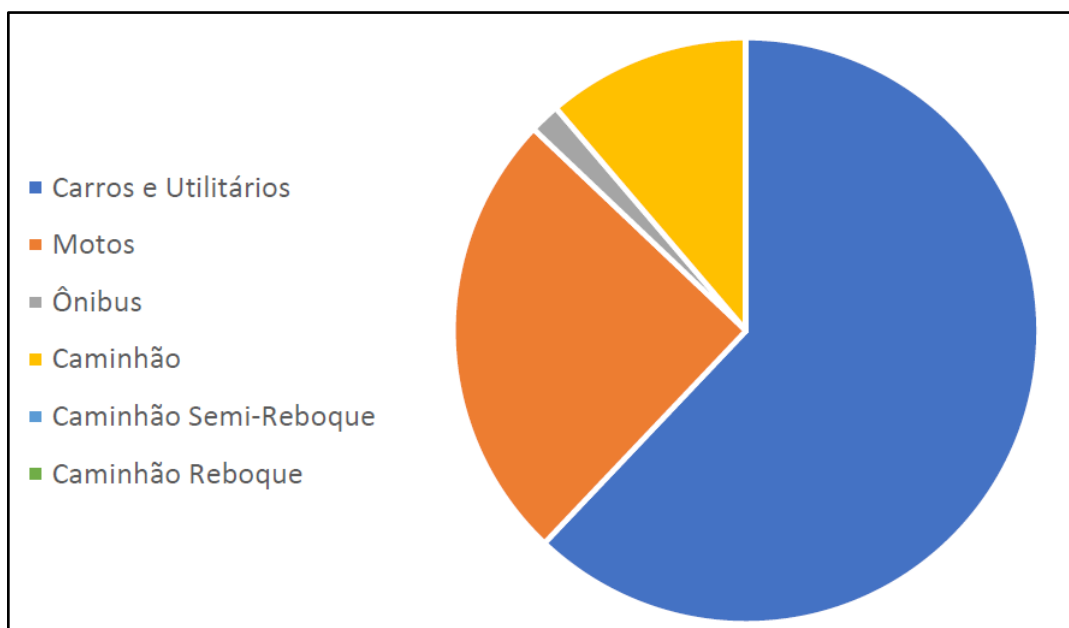


Figura 3 – Composição do Tráfego

Como pode-se observar na **Figura 2**, o tráfego local é leve, possuindo um baixo volume de caminhões leves e ônibus. Os caminhões mais pesados como semi-reboques e reboques não foram observados nos dias de contagens realizadas.

Fatores de Correção de Sazonalidade

Como o tráfego sofre variações durante o ano, torna-se necessário realizar uma correção sazonal, onde seja possível, por meio da utilização de dados existentes, para expandir o tráfego encontrado. Desta forma, se faz a relação entre o período do ano que será aplicada a Correção Sazonal com o restante do ano, encontrando assim os fatores de expansão sazonal anual. A seguir apresenta-se a fórmula que será utilizada para se chegar aos fatores. $f_a = \frac{\text{Volume Anual}}{\text{Volume Mensal}}$

Também conforme descrito anteriormente a contagem não se deu ao longo da semana, podendo haver uma discrepância entre os dias contados e a média relativa a semana. Por isso, também se levou em consideração a correção sazonal referente aos dias da semana contados.

Projeção de Crescimento do Tráfego

Conforme a Instrução de Serviços do DNIT, IS-201, o crescimento do tráfego durante o período de projeto é baseado em dados históricos obtidos com estudo econômicos consistentes, que podem levar em consideração outros planos de expansão da região. Porém, onde não houver estudos que balizem o crescimento, a metodologia para o crescimento pode ser discutida com o setor competente do órgão. Taxas acima de 3,0% somente serão admitidas em locais de fronteiras agrícolas comprovadas em estudos econômicos.

Sendo assim, estima-se, para o período 2022-2032, que corresponde ao período de projeto de 10 anos (2024-2034) uma taxa de crescimento médio de 3% para automóveis e 3% para caminhões e ônibus.

Fatores de Veículos

Os fatores de veículos serão calculados por meio de consulta à bibliografia, no caso o “Manual de Estudos de Tráfego do DNIT” e a dissertação de mestrado de PETERLINI, (UFSC, 2006), admitindo-se, ainda, as seguintes hipóteses de carregamentos:

- Ônibus III-2 e III-4, 80% trafegam com carga legal e 20% com carga legal mais a tolerância de 7,5%, permitida pela Resolução nº. 258/2007 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN);
- Caminhões rígidos I-2, I-3 e I-6, 70% trafegam com carga legal, 25% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 5% trafegam vazios;
- Caminhões semi-reboques I-10, I-12 e I-13, 55% trafegam com carga legal, 40% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 5% trafegam vazios;
- Caminhão semi-reboque I-18, 80% trafegam com carga legal, 10% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 10% trafegam vazios;
- Caminhões semi-reboques I-20, I-22, I-26, I-64 e II-19, 60% trafegam com carga legal, 30% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 10% trafegam vazios;
- Caminhões reboques II-6 e II-35, 60% trafegam com carga legal, 30% com carga legal mais a tolerância de 7,5% e 10% trafegam vazios.

O Quadro 1.0 mostra os cálculos de Fator de Equivalência de Carga (FEC) com as condições de carregamento citadas.

Quadro 1.0 – Fator de equivalência de cargas

Veículo		Eixo	FATOR DE VEÍCULO - AASHTO						FATOR DE VEÍCULO - USACE								
			Carga Legal		Carga legal + 7,5%		Vazio		Fator de Veículo	Carga Legal		Carga legal + 7,5%		Vazio		Fator de Veículo	
			Carga (t)	FC	Carga (t)	FC	Carga (t)	FC		Carga (t)	FC	Carga (t)	FC	Carga (t)	FC		
Ônibus	III-2	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	2,100	0,004	2,92	6,000	0,278	6,450	0,372	2,100	0,004	3,96	
		Eixo Traseiro	10,000	2,394	10,750	3,273	3,200	0,017		10,000	3,289	10,750	5,171	3,200	0,022		
		Total	16,000	2,722	17,200	3,720	5,300	0,021		16,000	3,567	17,200	5,542	5,300	0,026		
	III-4	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	2,400	0,006	1,03	6,000	0,278	6,450	0,372	2,400	0,007	2,95	
		Eixo Traseiro	13,500	0,632	14,513	0,853	4,000	0,004		13,500	2,415	14,513	3,590	4,000	0,020		
		Total	19,500	0,960	20,963	1,301	6,400	0,010		19,500	2,693	20,963	3,962	6,400	0,027		
Caminhões Rígidos	I-2	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	2,400	0,006	2,84	6,000	0,278	6,450	0,372	2,400	0,007	3,88	
		Eixo Traseiro	10,000	2,394	10,750	3,273	3,600	0,029		10,000	3,289	10,750	5,171	3,600	0,036		
		Total	16,000	2,722	17,200	3,720	6,000	0,035		16,000	3,567	17,200	5,542	6,000	0,043		
	I-3	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	2,600	0,009	2,05	6,000	0,278	6,450	0,372	2,600	0,010	9,45	
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	5,000	0,010		17,000	8,549	18,275	12,710	5,000	0,043		
		Total	23,000	1,970	24,725	2,663	7,600	0,019		23,000	8,827	24,725	13,082	7,600	0,052		
	I-6	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,400	0,086	2,39	6,000	0,327	6,450	0,447	4,400	0,086	9,66	
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052		
		Total	29,000	2,297	31,175	3,110	14,100	0,185		29,000	9,011	31,175	13,369	14,100	0,218		
	Caminhões Semi-Reboques	I-10	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,400	0,086	5,42	6,000	0,278	6,450	0,372	4,400	0,080	13,98
			Eixo Traseiro	10,000	2,394	10,750	4,065	5,200	0,176		10,000	3,289	10,750	5,171	5,200	0,156	
			Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052	
		I-12	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	5,34	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	14,87
			Eixo Traseiro	10,000	2,394	10,750	4,065	4,800	0,125		10,000	3,289	10,750	5,171	4,800	0,113	
			Semi-reboque	25,500	1,560	27,413	2,117	5,700	0,003		25,500	9,300	27,413	13,922	5,700	0,028	
		I-13	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	8,70	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	17,87
			Eixo Traseiro	10,000	2,394	10,750	4,065	4,800	0,125		10,000	3,289	10,750	5,171	4,800	0,113	
			Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	6,700	0,035		17,000	8,549	18,275	12,710	6,700	0,118	
I-18		Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	3,32	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	17,23	
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,300	0,050		17,000	8,549	18,275	12,710	7,300	0,158		
		Semi-reboque	25,500	1,560	27,413	2,117	6,700	0,006		25,500	9,300	27,413	13,922	6,700	0,047		
		Total	48,500	3,530	52,138	4,780	18,600	0,159	48,500	18,127	52,138	27,004	18,600	0,301			

Quadro 2 – Fator de equivalência de cargas (continuação)

Caminhões Semi-Reboques	I-20	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	6,08	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	21,74
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,300	0,050		17,000	8,549	18,275	12,710	7,300	0,158	
		Semi-reboque	10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167		10,000	3,289	10,750	5,171	5,400	0,182	
			17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052	
		Total	50,000	6,007	53,750	8,151	22,600	0,334		50,000	20,665	53,750	30,963	22,600	0,488	
	I-22	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	9,30	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	19,88
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,300	0,050		17,000	8,549	18,275	12,710	7,300	0,158	
		Semi-reboque	10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167		10,000	3,289	10,750	5,171	5,400	0,182	
			10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167		10,000	3,289	10,750	5,171	5,400	0,182	
		Total	53,000	9,153	56,975	12,481	28,100	0,655		53,000	18,695	56,975	28,594	23,500	0,800	
	I-26	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	3,65	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	18,19
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,400	0,052		17,000	8,549	18,275	12,710	7,400	0,166	
		Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052	
			40,000	3,612	43,000	4,879	17,300	0,170		40,000	17,376	43,000	25,792	17,300	0,314	
		Total	60,000	5,581	63,175	7,532	29,300	0,326		60,000	26,203	63,175	30,212	29,300	0,462	
	I-64	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	5,30	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	27,14
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,400	0,052		17,000	8,549	18,275	12,710	7,400	0,166	
		Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052	
			17,000	1,642	18,275	2,216	5,300	0,013		17,000	8,549	18,275	12,710	5,300	0,052	
		Total	57,000	5,255	61,275	7,094	22,600	0,183		57,000	25,924	61,275	38,502	22,600	0,366	
	II-19	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	5,14	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	28,77
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,400	0,052		17,000	8,549	18,275	12,710	7,400	0,166	
		Semi-reboque	25,500	1,560	27,413	2,117	5,700	0,003		25,500	9,300	27,413	13,922	5,700	0,028	
			25,500	1,560	27,413	2,117	5,700	0,003		25,500	9,300	27,413	13,922	5,700	0,028	
		Total	74,000	5,090	79,550	6,896	23,400	0,162		74,000	27,426	79,550	40,926	23,400	0,317	
Caminhões Reboque	II-6	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	6,95	6,000	0,278	6,450	0,372	4,600	0,096	36,09
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	7,400	0,052		17,000	8,549	18,275	12,710	7,400	0,166	
		Semi-reboque	17,000	1,642	18,275	2,216	5,700	0,018		17,000	8,549	18,275	12,710	5,700	0,067	
			17,000	1,642	18,275	2,216	5,700	0,018		17,000	8,549	18,275	12,710	5,700	0,067	
		Total	74,000	6,897	79,550	9,310	29,100	0,210		74,000	34,473	79,550	51,212	29,100	0,463	
	II-35	Eixo Dianteiro	6,000	0,327	6,450	0,447	4,600	0,104	6,86	6,000	0,327	6,450	0,372	4,600	0,096	16,36
		Eixo Traseiro	17,000	1,642	18,275	2,216	6,500	0,031		17,000	8,549	18,275	12,710	6,500	0,106	
		Reboque	10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167		10,000	3,289	10,750	5,171	5,400	0,182	
			10,000	2,394	10,750	3,273	5,400	0,167		10,000	3,289	10,750	5,171	5,400	0,182	
		Total	43,000	6,759	46,225	9,208	21,900	0,469		43,000	15,455	46,225	23,423	21,900	0,565	

Cálculo do Número “N”

O valor do número N anual, número de operações equivalentes do eixo padrão no ano considerado, é obtido pela seguinte equação:

$$N = 365 \times k \times FV \times TMDA$$

Onde:

- k = Fator direcional, tomado igual a 0,45;
- FV = Fator de Veículo (FEC da AASHTO e USACE);
- TMDA = Tráfego Médio Diário Anual (somente comercial) do ano do período de projeto considerado.

Considerou-se, ainda, um fator climático regional igual a 1. O Quadro 2.0 mostra o cálculo do número “N” da rodovia.

Quadro 3 – Cálculo do número “N”

VEÍCULOS		Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques										Caminhões Reboques		TOTAL VEÍCULOS LEVES	TOTAL COMERCIAL	TOTAL SENTIDO (LEVE + COMERCIAL)
		Carros e Util.	Motos	II-2	II-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-20	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	I-10	I-35	II-6				
VMD		65	26	1	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	15	105		
TDMA		75	30	2	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	16	120		
%		62,08%	25,00%	1,67%	0,00%	10,42%	0,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	87,08%	12,92%	100,00%		
VDM COMERCIAL		-	-	-	1	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	15	15		
TDMA COMERCIAL		-	-	-	2	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	16	16		
%		-	-	-	12,00%	0,00%	80,65%	6,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-	100,00%	100,00%		
FATOR DE VEÍCULO		-	-	-	2,92	1,03	2,84	2,05	2,39	5,42	3,85	5,34	8,70	6,08	9,30	3,32	5,30	5,14	6,88	8,05	-		
PRODUTOS		-	-	-	3,96	2,95	3,88	9,45	9,88	13,98	18,19	14,37	17,87	21,74	19,88	17,23	27,14	26,37	16,38	38,09	-		
FV x %		-	-	-	37,70	0,00	228,79	13,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-		
USACE		-	-	-	51,13	0,00	313,30	60,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-		

DADOS	Taxas de Crescimento de Tráfego (% ao ano)						FATOR DIRECIONAL		FATOR CLIMÁTICO		FATOR MÉDIO DE VEÍCULOS DA FROTA			
	CARROS, UTIL. E MOTOS		ÔNIBUS		CAMINHÕES		Pista Simples		Regional		AASHTO		USACE	
	3,00%		3,00%		3,00%		0,50		1,00		2,80		4,25	

NÚMERO "N" AO LONGO DO PERÍODO DE ANÁLISE

Ano	TIPOS DE VEÍCULOS																		TDMA	Número "N" AASHTO	Número "N" USACE			
	Veículos Leves		Ônibus		Caminhões Rígidos			Caminhões Semi-Reboques										Caminhões Reboques						
	Carros e Util.	Motos	II-2	II-4	I-2	I-3	I-6	I-10	I-20	I-12	I-13	I-20	I-22	I-18	I-64	I-10	I-35	II-6						
2021	Contagem	75	30	2	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	-	-	-	-	-
2022	Projeto	77	31	2	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	-	-	-	-	-
2023	Lotação	79	32	2	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	-	-	-	-	-
2024	Construção	81	33	2	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	-	-	-	-	-
2025	Construção	84	34	2	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	-	-	-	-	-
2026	1	86	35	2	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	8,88E+03	6,88E+03	1,32E+04	1,32E+04	
2027	2	89	36	2	0	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	9,19E+03	1,79E+04	1,40E+04	2,72E+04	
2028	3	92	37	2	0	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	9,19E+03	2,71E+04	1,40E+04	4,11E+04	
2029	4	94	38	3	0	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1,02E+04	3,73E+04	1,55E+04	5,87E+04	
2030	5	97	39	3	0	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1,02E+04	4,75E+04	1,55E+04	7,22E+04	
2031	6	100	40	3	0	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	1,07E+04	5,82E+04	1,63E+04	8,85E+04	
2032	7	103	42	3	0	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	1,07E+04	6,89E+04	1,63E+04	1,05E+05	
2033	8	106	43	3	0	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	1,12E+04	8,01E+04	1,71E+04	1,22E+05	
2034	9	109	44	3	0	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	1,12E+04	9,14E+04	1,71E+04	1,39E+05	
2035	10	113	45	3	0	19	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	1,23E+04	1,04E+05	1,86E+04	1,58E+05	

Sendo assim, obtêm-se os valores do Número "N" (número equivalente de operações do eixo padrão) com a metodologia AASHTO de 1,04 x 105 e através da metodologia USACE 1,58 x 105. O valor a ser adotado é o maior, ou seja, o encontrado com a metodologia da USACE.

Definição do Número "N"

Conforme calculado o Número "N" mostra um valor baixo, para isso, para se chegar ao valor do Número N de projeto optou-se em utilizar a Instrução de Projeto 02 da Prefeitura Municipal de São Paulo de 2004 (IP-02/04), onde se classifica as vias de acordo com o tráfego existente. E buscando uma classificação adequada para a via, pode-se admitir que a via em questão possui um tráfego leve, que de acordo com a instrução apresenta um volume previsto para veículos pesados entre caminhões e ônibus de menor que 20 passagens por dia em cada uma das faixas mais carregadas. Com isso a via poderia atender uma possível elevação de veículos após as conclusões das benfeitorias a serem implantadas.

Conclui-se, que o Número N para o projeto com base na IP-02/04 é de **5x10⁴**.

4.2 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Para a elaboração dos Estudos Geotécnicos, foram seguidas as orientações da Instrução de Serviço IS-206 (Estudos Geotécnicos).

Os estudos geotécnicos são fundamentos indispensáveis para o correto embasamento do dimensionamento do pavimento. O conhecimento do solo que servirá de suporte à futura estrutura a ser construída. O solo de fundação, onde será assentado o pavimento será conhecido por meio da realização dos estudos geotécnicos, possibilitam o seu reconhecimento, identificação e quantificação das suas características físicas e mecânicas, assim como a obtenção dos seus parâmetros geotécnicos necessários ao dimensionamento da estrutura.

Para determinação destas características foram realizadas 05 sondagens a trado ao longo do trecho em estudo.

4.3 Sondagens a Trado

Sondagens realizadas por meio do método de tradagem, com a coleta de amostras para ensaios em laboratório, além dos ensaios de densidade e umidade, em campo. Para as coletas fez-se uso de trado manual e mecanizado. Os pontos de sondagens foram realizados em locais no leito da estrada.

Após a conclusão de cada sondagem foi avaliado o nível d'água com auxílio de trena e fechamento com material local.

4.4 Característica Geológica Regional e Locais

A característica dos materiais (sedimentos) observados durante a perfuração são provenientes de alteração de rocha basáltica pertencentes a Formação Escarpa Devoniana.

Em todo trecho, observou-se semelhança nas características do perfil de solo devido a homogeneidade do local, geralmente argila siltosa marrom a vermelha em alguns casos com fragmentos de rocha, alternando para alteração de rocha basáltica marrom a amarelada.

São representadas abaixo os boletins de sondagem, com as profundidades e descrição das camadas de solo.

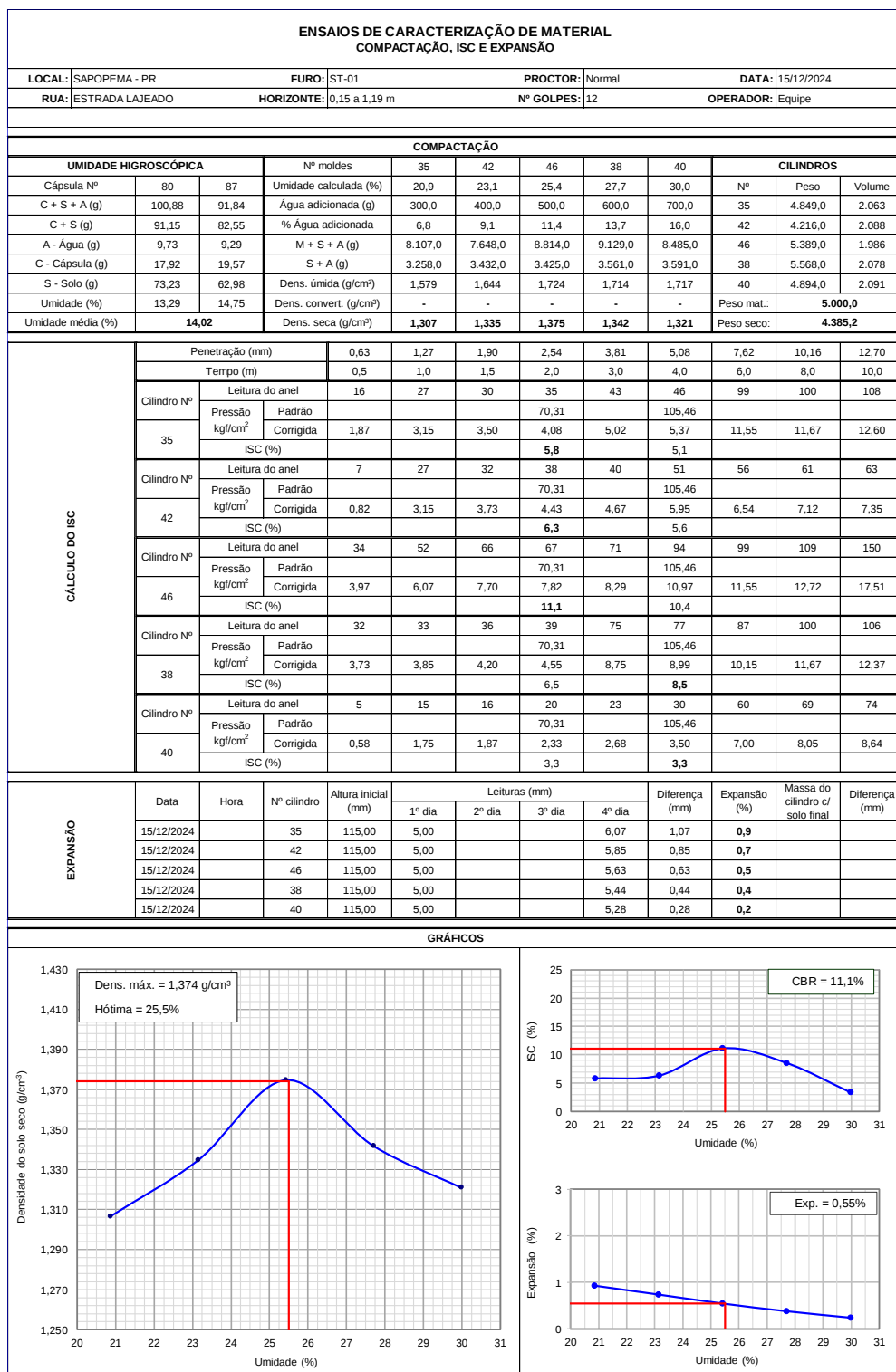


Figura 4 Sondagem e Ensaios SAPOPEMA

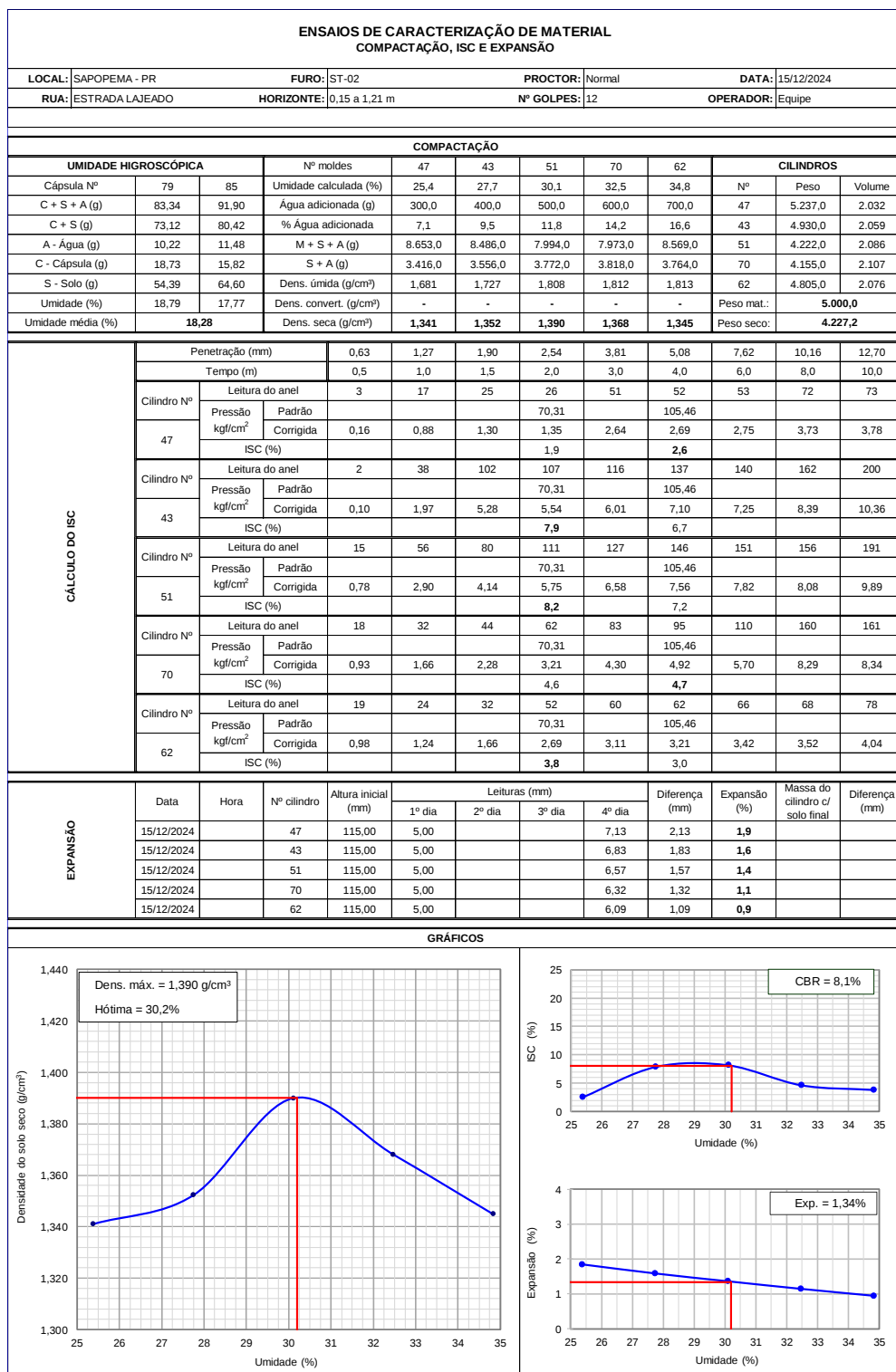


Figura 5 Sondagem e Ensaios SAPOPEMA

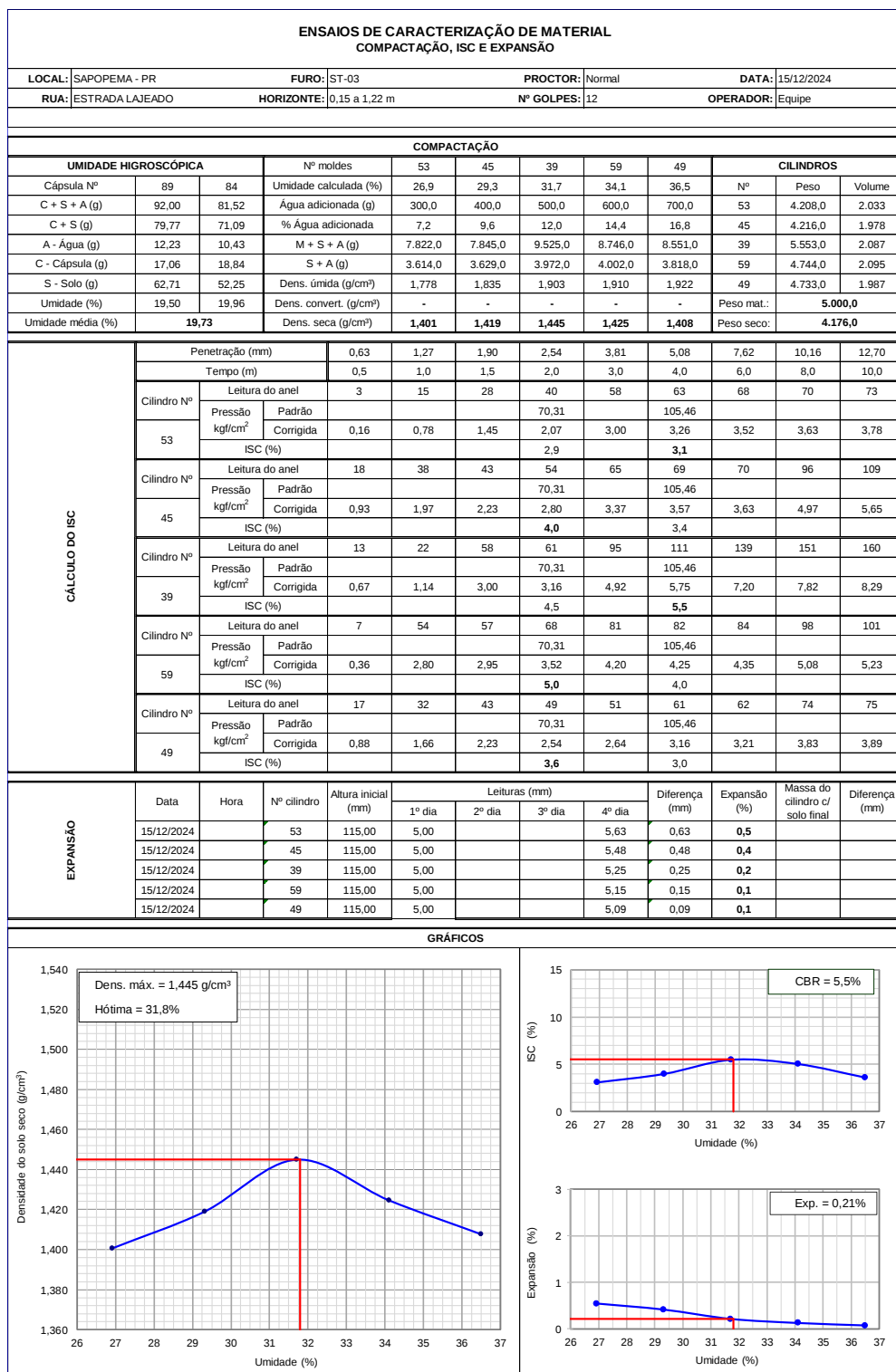


Figura 6 Sondagem e Ensaios SAPOPEMA

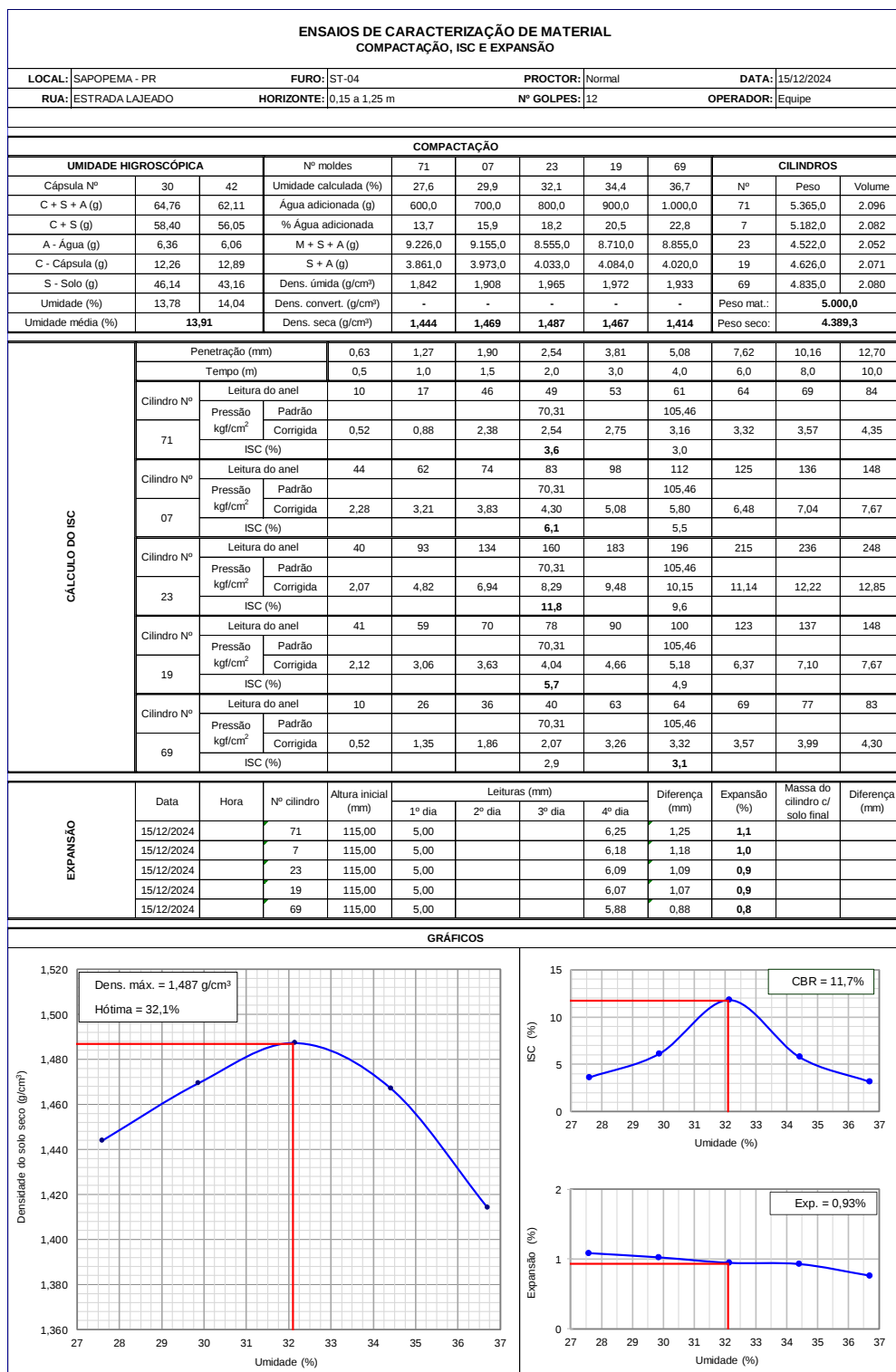


Figura 7 Sondagem e Ensaios SAPOPEMA



Figura 8 Sondagem e SAPOPEMA

Adicional os ensaios de campo foram efetuados também análise das defleções de pavimento para verificar se haveria necessidade de reforço do subleito, porém os ensaios apresentaram parâmetros satisfatório, ou seja, não precisa de reforço.

 LEVANTAMENTO DEFLECTOMÉTRICO POR VIGA BENKELMAN (DNER-ME-024/94)					
RESUMO DAS DEFLEÇÃO					
Local	Nome	Valor Médio Levantado	Valor Admissível ≤ 92	Status	Reforço
Rua	ESTRADA LAJEADO	36	92	Aprovado	Não precisa de Reforço
Rua	ESTRADA LAJEADO	52	92	Aprovado	Não precisa de Reforço
Rua	ESTRADA LAJEADO	59	92	Aprovado	Não precisa de Reforço
Rua	ESTRADA LAJEADO	65	92	Aprovado	Não precisa de Reforço
Rua	ESTRADA LAJEADO	49	92	Aprovado	Não precisa de Reforço

5. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

Na sequência, são descritos os projetos elaborados, de acordo com as premissas do Edital, que são:

- Projeto de Pavimentação;

A documentação gráfica ilustrativa dos Projetos acima mencionados será apresentada neste volume.

5.1 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O Projeto de Pavimentação tem como objetivo definir as concepções do projeto e as estruturas de pavimentos a serem implantados. Os procedimentos adotados no projeto seguem às orientações do Termo de Referência e principalmente as seguintes publicações do DNIT:

- Manual de Pavimentação – IPR - 719 (DNIT, 2006);
- Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – IPR – 726 (DNIT, 2006).

No dimensionamento do pavimento devem ser considerados os materiais disponíveis, o tráfego previsto para o período de projeto e as características locais (geológicas e geotécnicas) e obtida uma estrutura que atenua as tensões verticais cisalhantes que solicitam o subleito e as tensões

horizontais que solicitam as camadas estabilizadas com ligantes e que promovem a fadiga decorrente do carregamento cíclico do tráfego.

Na fase preliminar de estudos são apresentados os critérios técnicos e econômicos considerados na escolha das alternativas de pavimentação da via, que resultaram pela escolha de solução em pavimento flexível devido ao volume de tráfego.

Inicialmente serão descritos os critérios considerados na seleção das soluções de pavimentação e na divisão dos segmentos de análise para efeito de dimensionamento do pavimento. Em seguida, os procedimentos e resultados dos dimensionamentos dos pavimentos flexíveis.

No dimensionamento das soluções de implantação de pavimentos, foram empregados os seguintes métodos ou critérios:

- DNER 667/22 (1981) – Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos (base cimentada), preconizado pelo Eng.º Murillo Lopes de Souza;
- Critério Mecanístico – empregados no dimensionamento de implantação de pavimento flexível.

5.1.1 Dimensionamento de implantação em pavimento flexível

As soluções em pavimento flexível nos locais de implantação, foram dimensionadas pelo método do DNER preconizado pelo Eng. Murillo Lopes de Sousa e posteriormente verificadas pela análise mecanística.

Para os dimensionamentos, foram utilizados os dados dos Estudos de Tráfego e os dados de CBR, conforme resumidos.

❖ Método do DNER

O método tem por base o trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume” de autoria de Turnbull, Foster e Ahlvin, do USACE, e análises obtidas na pista experimental da AASHTO e foi adotado para o dimensionamento das estruturas de implantação de pavimentos flexíveis (marginais e ramos).

Através deste método, determina-se a espessura total necessária para o pavimento, dada em termos de material granular, em função dos dados geotécnicos e das características de tráfego solicitante. O tráfego também é utilizado para a determinação da espessura mínima do revestimento asfáltico.

No que diz respeito às camadas betuminosas, recomenda-se a adoção de uma espessura mínima no intuito de se proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego e evitar a ruptura do revestimento por esforços repetidos de tração na flexão. Esses valores mínimos para a espessura de revestimento são apresentados a seguir.

Quadro 1 – Espessura mínima de revestimento pelo Método do DNER

PARÂMETRO DE TRÁFEGO	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

A partir do número N e da capacidade de suporte da camada em análise é possível definir a espessura equivalente em material granular necessária para a proteção da mesma. Portanto, a definição das espessuras equivalentes para a proteção de cada camada é realizada para o subleito, o reforço do subleito e a sub-base separadamente, ou seja, H_m , H_n e H_{20} respectivamente, conforme a Figura 9 apresentada na sequência.

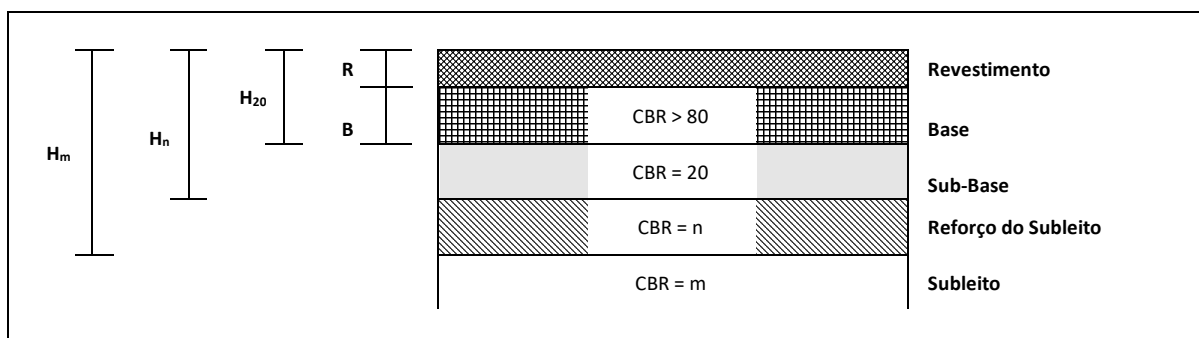


Figura 9 – Espessuras equivalentes

O dimensionamento das camadas é feito pelas seguintes equações:

$$R.K_R + B.K_B \geq H_{20}$$

$$R.K_R + B.K_B + h_{20}.K_S \geq H_n$$

$$R.K_R + B.K_B + h_{20}.K_S + h_n.K_{ref} \geq H_m$$

onde:

R = Espessura do revestimento;

B = Espessura da base;

H_{20} = Espessura sobre a sub-base;

h_{20} = Espessura da sub-base;
 H_n = Espessura sobre o reforço do subleito;
 h_n = Espessura do reforço do subleito;
 H_m = Espessura do pavimento;
 K_R, K_B, K_S, K_{ref} = coeficientes de equivalência estrutural.

No dimensionamento das estruturas do pavimento foram considerados os seguintes coeficientes estruturais, para os materiais indicados:

CBUQ FAIXA C $k_R = 2,00$
 Brita graduada simples $k_B = 1,00$

CAMADA	MATERIAL	ESPESSURA
		cm
Revestimento	CBUQ	4
Base	Brita graduada simples	12

Quadro 2 – Dimensionamento dos pavimentos flexíveis pelo Método DNER

O resultado do dimensionamento das espessuras das camadas de acordo com o Método DNER 667/22 (1981) para os locais indicados é apresentado no Quadro 2.

5.1.2 Dimensionamento do Pavimento de Projeto

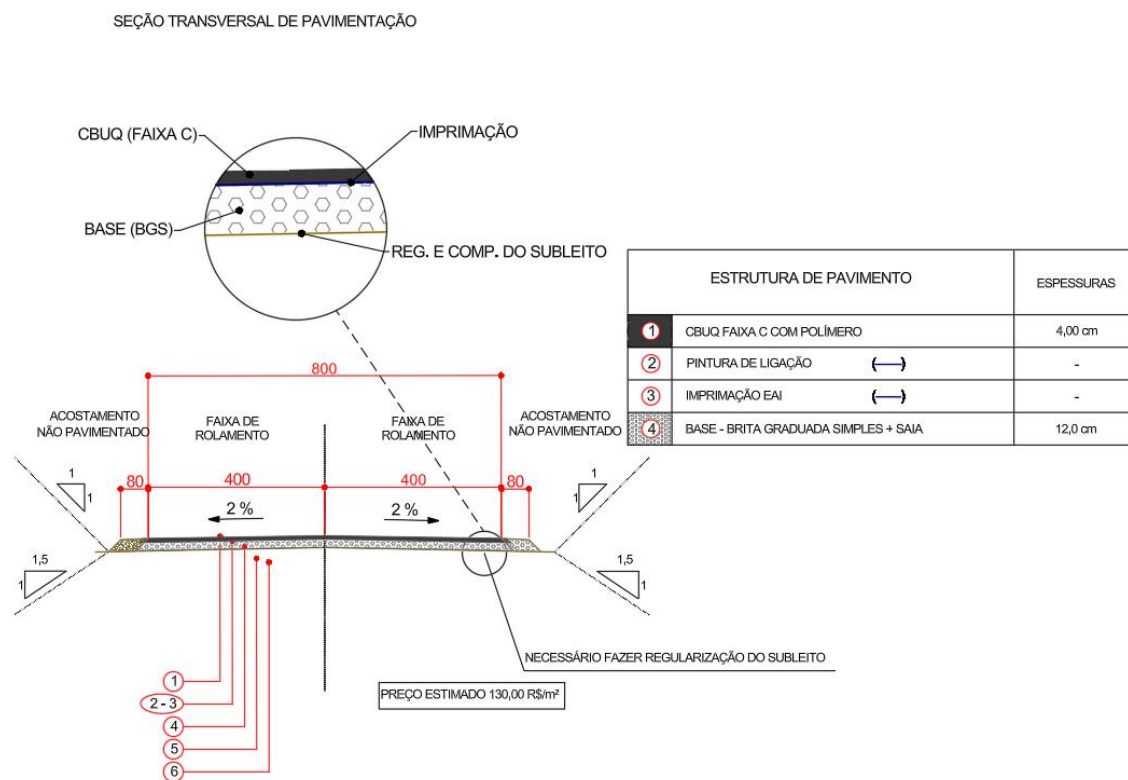
Tendo em vista as condicionantes técnicas acerca da condição de suporte do subleito e solicitações de tráfego, foram dimensionadas as soluções de pavimento.

Tem-se as seguintes premissas:

- O trecho predominante urbano que se inicia será constituído em pavimento flexível com revestimento em CBUQ FAIXA C e Brita graduada.

- Em todo o trecho, será executado com macadame seco na camada de sub-base e Brita Graduada Simples (BGS) na camada de base;
- No Estudo de Tráfego e Capacidade foram definidos volumes de tráfego em ambas as faixas de tráfego. Para fins de dimensionamento foram adotados os maiores volumes de tráfego na faixa da direita ou da esquerda.

5.1.3 Estrutura de Pavimento Adotada



Quadro 3 – Estruturas de Pavimento adotada

5.1.4 Controle Defletométrico (ENSAIO DE VIGA BECKMAN)

Quadro 4 – Critérios de aceitação de deflexão (10-2 mm)

Ponto de verificação da deflexão	Material	Valor desejável	Valor aceitável
Topo da camada de revestimento (capa)	FAIXA C	≤ 48	≤ 53
Topo da camada de base	Brita Graduada Simples (BGS)	≤ 54	≤ 59
Topo da camada de subleito	Solo natural	≤ 78	≤ 86

5.1.5 Especificações de serviço

Quadro 5 – Especificações de Serviço

SERVIÇO	ESPECIFICAÇÃO
Regularização do subleito	DER/PR ES-P 01/05
Macadame seco	DNER-ES 301/97
Brita graduada simples (BGS)	DER/PR ES-P 05/18
Imprimação com ligante asfáltico	DER/PR ES-P 17/17
Concreto asfáltico usinado à quente	DER/PR ES-P 28/18

6. TERMO DE ENCERRAMENTO

RUA : ESTRADA LAJEADO

Extensão: 500 m de 4 cm de CBUQ Faixa C e 12 cm de Brita Graduada

Objeto: Projeto de Pavimentação e melhoramento da capacidade

Após a verificação da conformidade das soluções do projeto de acordo com as especificações técnicas do Termo de Referência da Concorrência, o projeto foi considerado em condições de entrega e o presente Volume 1 - Memorial Descritivo, encerra-se nessa folha página, contendo 28 (vinte e duas) páginas numeradas.

Curitiba, 12 de Janeiro de 2024.

Engenheiro Wigor Jr de Oliveira.

CREA: 170736.