

Município		Código Cliente: 900.087		Rev. R1	
 Prefeitura Municipal de ARARAQUARA		Emissão: 28/02/2024		Folhas: 22	
		Projeto: PROJETO EXECUTIVO DE PASSAGEM EM NÍVEL			
Trecho: OURO (ZOI) Km 242+634 m ARARAQUARA (ZAR) Km 253+800 m		Local: ARARAQUARA-SP			
Corredor: MALHA PAULISTA		Km: Km 248+176,32 m		Resp. Técnico Projetista: ENGº VALDO PINA	
Objeto: MÉMORIA DE CALCULO - PAVIMENTO		Resp. Técnico Contratante: Daniel Palombo Siqueira			

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

1	28/02/2024					
0	11/02/22	ENGº VALDO PINA		-	-	-
Rev.	Data	Resp. Téc. Projetista	Resp. Téc. Contratante	ANTT	Verificado ANTT	Aprovado ANTT

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	5
2. CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO	5
2.1 CARGA LEGAL	6
3. ESTUDOS GEOTÉCNICOS DO SUBLEITO	6
4. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO – MÉTODO DO DER-SP	7
4.1 ESPESSURA TOTAL DO PAVIMENTO	7
4.2 TIPO E ESPESSURA DA CAMADA DE ROLAMENTO	8
4.3 ESPESSURAS DAS DEMAIS CAMADAS	9
4.4 MATERIAIS E ESPESSURAS MÍNIMAS RECOMENDADAS.....	10
4.5 COEFICIENTES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL	12
4.6 SUPERESTRUTURA DIMENSIONADA	14
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
6. ANEXOS.....	16
6.1 BOLETIM DE SONDAGEM A TRADO	16
16	
6.2 ENSAIO DE ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA (C.B.R.)	17
6.3 ENSAIO GRANULOMÉTRICO	18
6.4 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA	19
6.5 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	20
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – ÁBACO DE DIMENSIONAMENTO.....	8
FIGURA 02 – ESQUEMA ELUCIDATIVO PARA CÁLCULO DE ESPESSURAS.....	10
FIGURA 03 – SUPERESTRUTURA DIMENSIONADA PARA TRÁFEGO LEVE.	14

ÍNDICE DE TABELA

TABELA 01 – QUADRO 4.1 – CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS – TRÁFEGO LEVE E MÉDIO.....	6
TABELA 02 – RESUMO DO ENSAIO DE GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO, COMPACTAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA.	7
TABELA 03 – VALORES TABELADOS.	8
TABELA 04 – QUADRO 4.2 – ESPESSURAS MÍNIMAS DE REVESTIMENTO.	9
TABELA 05 – QUADRO 4.3 – ESPESSURAS MÍNIMAS PARA TIPOS DISTINTOS DE BASE.	10
TABELA 06 – QUADRO 4.4 – COEFICIENTES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL.	12
TABELA 07 – QUADRO 4.5 – COEFICIENTES ESTRUTURAIS EM FUNÇÃO DAS RELAÇÕES DE CBR.....	13

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem por objetivo apresentar os estudos desenvolvidos para o dimensionamento do pavimento flexível projetado para a passagem em nível projetada no município de Araraquara localizada no km 248+176,32 m da Ferrovia. São apresentados as hipóteses adotadas e os parâmetros de projeto usados nesta análise, assim como o procedimento de cálculo utilizado. O dimensionamento foi dado pela IP/04/2004 - Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve e Médio, da SIURB/PMSP.

2. CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO

O tráfego é considerado no dimensionamento de pavimentos asfálticos através do conceito de equivalência de carga, onde se transformam todas as solicitações no número de passagens de um eixo padrão, também conhecido como número “N”. Essa transformação normalmente é feita através da aplicação do fator de veículo ao volume de veículo previsto para o período de projeto.

Para o cálculo do número de solicitações do eixo padrão foi considerado o volume de veículos leves, caminhões e ônibus, para período de projeto de 10 (dez) anos. As vias urbanas a serem pavimentadas serão classificadas de acordo com a Instrução de Projeto IP-02 - Classificação das Vias da SIURB/PMSP.

A tabela 01 resume os principais parâmetros da classificação das vias obtidas da referida instrução.

TABELA 01 – Quadro 4.1 – Classificação das Vias – Tráfego Leve e Médio

FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VIDA DE PROJETO (ANOS)	VOLUME INICIAL DA FAIXA MAIS CARREGADA		N	N Característico
			VEICULO LEVE	CAMINHÕES E ÔNIBUS		
Via Local	Leve	10	100	4	$2,7 \times 10^4$	10^5
			a	a	a	
			400	20	$1,4 \times 10^5$	
Via Local e Coletora	Médio	10	401	21	$1,4 \times 10^5$	5×10^5
			a	a	a	
			1500	100	$6,8 \times 10^5$	

Fonte: Instrução de Projeto IP-02 – Classificação das Vias da SIURB/PMSP.

2.1 CARGA LEGAL

No presente método de dimensionamento, foi considerado que a carga máxima legal para o eixo simples de rodas duplas no Brasil é de 10 toneladas por eixo simples de rodagem dupla (100 kN/ESRD).

3. ESTUDOS GEOTÉCNICOS DO SUBLEITO

O subleito em questão desenvolve se em solos de características argilosa. Foi realizado um ensaio de índice de suporte Califórnia em uma amostra representativa do subleito moldado na umidade ótima e sua correspondente massa específica seca máxima em relação ao ensaio de compactação na energia normal, e o valor obtido é de 19%.

TABELA 02 – Resumo do ensaio de granulometria por peneiramento, compactação e índice de suporte Califórnia.

LOCALIZAÇÃO	GRANULOMETRIA % QUE PASSA			LIMITES DE ATTERBERG			CLASSIFICAÇÃO	COMPACTAÇÃO ENERGIA NORMAL		ÍNDICE SUPORTE CALIFORNIA (CBR) ENERGIA NORMAL			
	2,00	0,42	0,074	LL (%)	LP (%)	IP (%)	HRB	Y0 MÁX. (g/cm³)	W. ÓTIMA (%)	Y. MOLD.	w. MOLD.	CBR (%)	Esp. (%)
ARARAQUARA KM 248+176,32m	100	92,42	23,43	20	17,13	2,87	A-2-4	1,943	10,75	1,943	10,75	19	0,03

Fonte: Stafe Engenharia e Projetos, 2022.

4. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO – MÉTODO DO DER-SP

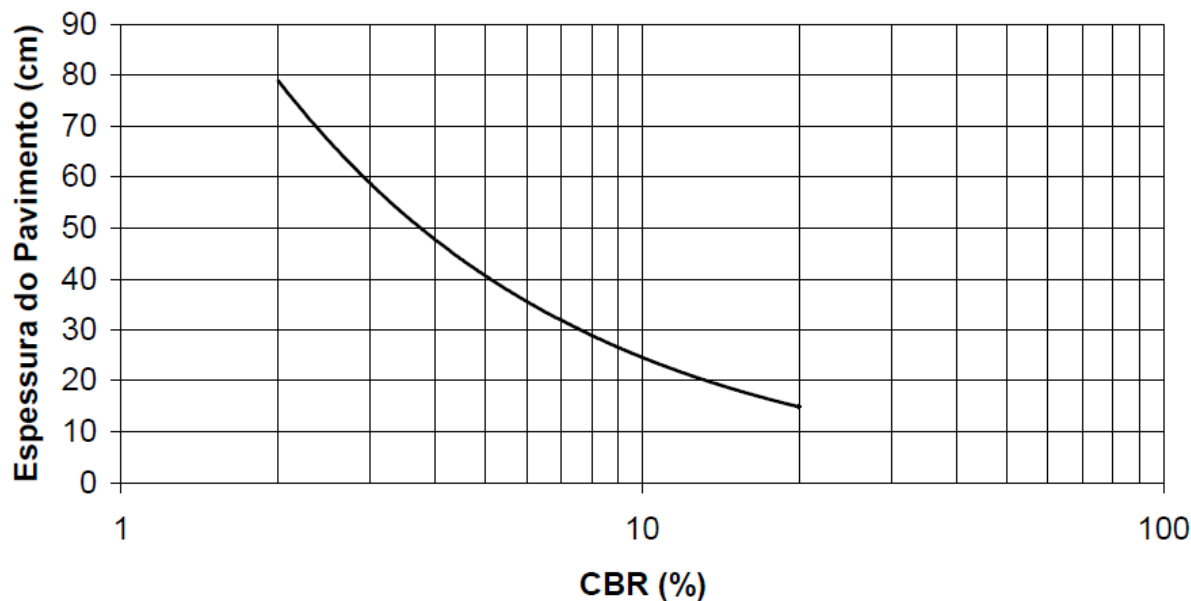
Para fins de dimensionamento, admitir-se-á para CBR de projeto o valor obtido no ensaio de CBR, portanto o pavimento será dimensionado com: **CBR = 19%**. Os tráfegos serão caracterizados conforme indicado no item 2.0, ou seja:

- **Tráfego Leve: “N” característico = 10^5 solicitações**

4.1 ESPESSURA TOTAL DO PAVIMENTO

Definido o tipo de tráfego do pavimento e determinado o suporte representativo do subleito, a espessura total básica do pavimento (HSL), em termos de material granular, será fixada de acordo com o ábaco da Figura 1.0 e valores tabelados apresentados na Tabela 03, apresentados a seguir.

FIGURA 01 – Ábaco de Dimensionamento.



Fonte: Instrução de Projeto IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego leve e Médio.

TABELA 03 – Valores Tabelados.

CBR	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20
Heq	79	59	48	41	35	32	29	27	25	23	21	18	15

Fonte: US Army Corps of Engineers.

Diante destes valores, a espessura total básica do pavimento HSL será de 17,00cm para o CBR igual a 19.

4.2 TIPO E ESPESSURA DA CAMADA DE ROLAMENTO

O revestimento asfáltico será constituído de uma camada de Pré-Misturado a Quente (PMQ) ou Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) com a espessura mínima (R) apresentada na Tabela 04.

TABELA 04 – Quadro 4.2 – Espessuras Mínimas de Revestimento.

TRÁFEGO	TIPO DE REVESTIMENTO	ESPESSURA (R) em cm
LEVE	PMQ	4,0
	CAUQ	3,5

Fonte: Instrução de Projeto IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego leve e Médio.

O revestimento asfáltico dimensionado em projeto será de uma camada de Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) com a espessura mínima R igual 3,50 cm.

4.3 ESPESSURAS DAS DEMAIS CAMADAS

Uma vez determinada a espessura total do pavimento (HSL), em termos de material granular, e fixada a espessura do revestimento (R), procede-se ao dimensionamento das espessuras das demais camadas, ou seja, da base, sub-base e do reforço do subleito, levando em conta os materiais disponíveis para cada uma delas, seus coeficientes de equivalência estrutural e suas capacidades de suporte, traduzidas pelos respectivos CBR ou Mini-CBR.

As espessuras da base (B), sub-base (hSB) e do reforço do subleito (hREF) são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

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

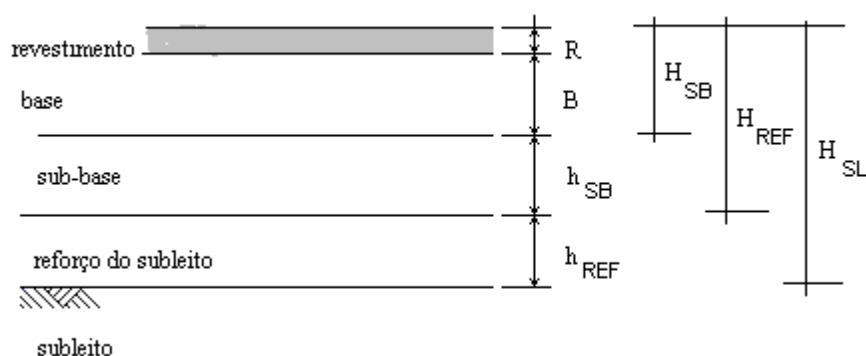
$$R \times K_R + B \times K_B + H_{SB} \times K_{SB} \geq H_{REF} \quad (2)$$

$$R \times K_R + B \times K_B + H_{SB} \times K_{SB} + H_{REF} \times K_{REF} \geq H_{SL} \quad (3)$$

onde:

K_R, K_B, K_{SB}, K_{REF} representam os coeficientes estruturais do revestimento, da base, da sub-base e do reforço do subleito, respectivamente; H_{SB}, H_{REF} e H_{SL} são as espessuras em termos de material granular, fornecidas pela Figura 02 para materiais com CBR_{SB}, CBR_{REF} e CBR_{SL} ou Mini-CBR_{SB}, Mini-CBR_{REF} e Mini-CBR_{SL}, respectivamente (ver esquema elucidativo para cálculo de espessuras abaixo).

FIGURA 02 – Esquema Elucidativo para Cálculo de Espessuras.



Fonte: Instrução de Projeto IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego leve e Médio.

4.4 MATERIAIS E ESPESSURAS MÍNIMAS RECOMENDADAS

A espessura mínima a adotar para uma camada estabilizada granulometricamente ou para qualquer camada do pavimento executada com solo ou mistura de solo agregado, deverá atender a especificação de serviço correspondente.

A base poderá ser do tipo mista convencional, constituída por macadame betuminoso e de macadame hidráulico, obedecendo as espessuras mínimas para cada tipo de tráfego, conforme Tabela 05. Podem-se usar outros tipos de bases, desde que aprovadas pelo corpo técnico da Prefeitura Municipal de Araraquara-SP.

TABELA 05 – Quadro 4.3 – Espessuras Mínimas para tipos distintos de base.

TIPO DE TRAFEGO	ESPESSURAS MÍNIMAS PARA BASES MISTAS	FAIXA GRANULOMETRICA
Leve	Macadame Betuminoso 5 cm	II
	Macadame Hidráulico/BGS 10 cm	II e III

Fonte: Instrução de Projeto IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego leve e Médio.

Para o presente estudo, a base de projeto será em Macadame Hidráulico/BGS com espessura de 10,00 cm.

No caso de sub-bases e bases estabilizadas granulometricamente, além da obediência às especificações contidas nas normas correspondentes, os materiais ou misturas de materiais deverão satisfazer às seguintes exigências de CBR mínimo e de expansão máxima medida com sobrecarga de 4,5 Kg:

Bases: CBR $\geq$ 80%
 Expansão $\leq$ 0,5%
Sub-bases: CBR $\geq$ 30 %
 Expansão $\leq$ 1,0 %

Deverá ser executado sobre a imprimação impermeabilizante da base de macadame hidráulico um tratamento superficial simples com o objetivo de melhorar a resistência da interface entre a camada de rolamento e a base, além de proporcionar uma impermeabilização da base.

Materiais próprios para reforço do subleito são os de CBR superior ao apresentado pelo subleito e com expansão inferior a 2%, medida com sobrecarga de 4,5 Kg.

4.5 COEFICIENTES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL

O coeficiente de equivalência estrutural de um material é um valor empírico definido como a relação entre as espessuras de uma base granular e de uma camada de material considerado, que apresente desempenho semelhante, ou seja, considera-se que uma camada de 10 centímetros de um material com coeficiente de equivalência estrutural igual a 1,5 apresenta comportamento igual ao de uma camada de 15 cm de base granular.

Para as camadas de pavimento executadas de acordo com as Instruções de Execução da Prefeitura do Município de São Paulo, são adotados os coeficientes de equivalência estrutural apresentados na tabela 06.

TABELA 06 – Quadro 4.4 – Coeficientes de Equivalência Estrutural.

CAMADA DO PAVIMENTO	COEFICIENTE ESTRUTURAL (K)
Base ou Revestimento de Concreto Asfáltico	2,00
Base ou Revestimento de Concreto Magro/Compactado com Rolo	2,00
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Quente, de Graduação Densa / Binder	1,80
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,40
Base ou Revestimento Asfáltico por Penetração	1,20
Paralelepípedos	1,00
Base de Brita Graduada Simples, Macadame Hidráulico e Estabilizadas Granulometricamente	1,00
Sub-bases Granulares ou Estabilizadas com Aditivos	≤ 1,00
Reforço do Subleito	≤ 1,00
Base de Solo-Cimento ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,70
Base de BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, entre 2,8 e 4,5 MPa	1,40
Base de Solo-Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,20
Base de Solo melhorado com Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 MPa	1,00

Fonte: Instrução de Projeto IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego leve e Médio.

Os coeficientes estruturais da sub-base granular, do agregado reciclado e do reforço do subleito serão obtidos pelas expressões:

$$K_{SB} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{SB}}{3CBR_{SL}}} \leq 1 \quad \text{e} \quad K_{REF} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{REF}}{3CBR_{SL}}} \leq 1$$

onde:

CBRSB, CBRREF e CBRSL são os suportes da sub-base, reforço e subleito.

Destas expressões, resultam os coeficientes estruturais apresentados na tabela 07, em função das relações CBRSB/CBRSL e CBRREF/CBRSL:

TABELA 07 – Quadro 4.5 – Coeficientes Estruturais em Função das Relações de CBR.

RELAÇÃO DE CBR	K
1,1	0,72
1,2	0,75
1,3	0,76
1,4	0,78
1,5	0,80
1,6	0,82
1,7	0,83
1,8	0,85
1,9	0,86
2,0	0,88
2,1	0,90
2,2	0,91
2,3	0,92
2,4	0,94
2,5	0,95
2,6	0,96
2,7	0,97
2,8	0,98
2,9	0,99
≥ 3,0	1,00

Fonte: Instrução de Projeto IP-04 – Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego leve e Médio.

Desta forma, as espessuras calculadas são:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{REF} \quad (2)$$

$$3,50 \times 2,0 + 10,0 \times 1,0 \geq H_{REF}$$

$$H_{REF} = 17,0 \text{ cm}$$

$$R \times K_R + B \times K_B + H_{REF} \times K_{REF} \geq H_{SL} \quad (3)$$

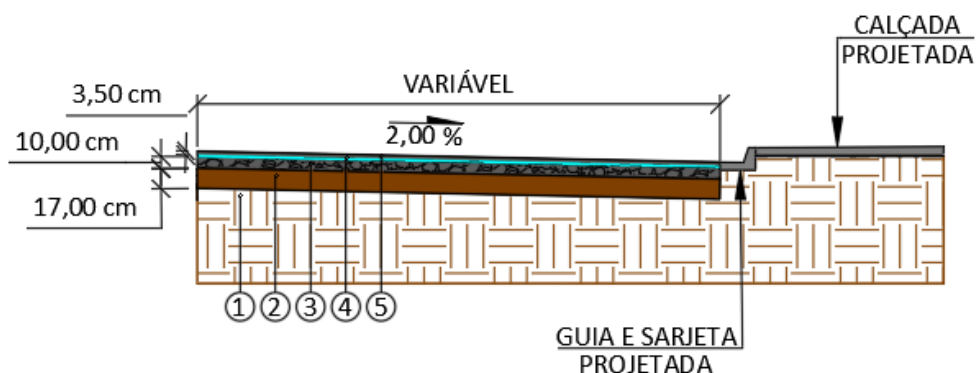
$$3,50 \times 2,0 + 10,0 \times 1,0 + 17,0 \times 1,0 \geq H_{SL}$$

$$H_{SL} = 34,00 \text{ cm}$$

Portanto, a espessura equivalente total é de 34,00 cm.

4.6 SUPERESTRUTURA DIMENSIONADA

FIGURA 03 – Superestrutura Dimensionada para Tráfego Leve.



CAMADA	DENOMINAÇÃO
1	ATERRO PROJETADO
2	SUBLEITO COMPACTADO A 100% DA ENERGIA NORMAL CBR $\geq$ 11% - h=17,00 cm
3	BASE MACADAME HIDRÁULICO / BGS - h=10,00 cm
4	CAMADA DE TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES - h=1,00 cm
5	CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE - CAUQ - h=3,50 cm

Fonte: Stafe Projetos, 2022.

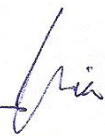
Nota: Outras estruturas podem ser utilizadas desde que atendam o método em questão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para tráfego leve, não é obrigatória a verificação das tensões e deformações através dos métodos mecanicistas, porém recomenda-se, quando necessário, o uso do procedimento para a escolha de alternativas diferentes de estrutura de pavimento.

Para cargas excepcionais que porventura tenham que trafegar sobre o pavimento dimensionado, deverá ser avaliado, por engenheiro especialista na área, o possível dano na estrutura do pavimento projetado segundo os procedimentos de dimensionamento de pavimentos flexíveis.

Araraquara, 28/02/2024


Ivaldo Roberto Martins Pina
Engenheiro Civil
CREA Nº 0641280774

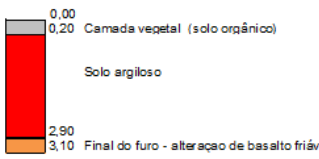
Daniel Palombo Siqueira
Engenheiro Civil
CREA 5069039305

Marcos Roberto de Oliveira
Engenheiro Civil
CREA 5061118088



6. ANEXOS

6.1 BOLETIM DE SONDAAGEM A TRADO

JMF	OBJETO: Travessia sob a Ferrovia - Concessionária Rumo Logística - Araraquara SP.						CERT. TEC.	FOLHA					
	LOCAL: Km 248 + 176,32 m						D.S. Nº	F.S. Nº					
	COTA (m): 654,00						COORDENADAS: N=7586345.7087 E=796967.7556	INÍCIO: 24/01/2022	TERMINO: 24/01/2022	SONDADOR: Alex	FISCAL:	GEOL:	
NORMA NBR 9603		BOLETIM DE SONDAAGEM A TRADO										ST- 1	
LOCALIZAÇÃO ESTACA ST - 1		INÍCIO	FIM	ESP.	DESCRIÇÃO DO MATERIAL						COLETA		
											AMOSTRANº	PROF. (m)	
		0,00	0,20	0,20	Camada vegetal								
		0,20	2,90	2,70	Solo argiloso vermelho								
		2,90	3,10	0,20	Alteração de basalto friável								
INSTRUMENTO		PERFIL GEOTÉCNICO											
N. A.													
DATA	HORA	PROF. (m)											



6.2 ENSAIO DE ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA (C.B.R.)

JMF		PROJETOS E CONSULTORIA S/S.		Rua Gastão Vieira, 214 - Pq. Santa Felícia São Carlos - SP Fone/Fax. (16) 3374-9197				
ENSAIO DE ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (C.B.R.)								
Identificação: Passagem em Nível - Município de Araraquara - SP								
Localização: Km 248+176mts				Furo: 1		Amostra: 1		
Profundidade: -								
Umidade ótima (%) 10,75				Dens. Seca Máxima (g/cm³) 1,943				
		Teor de Umidade		Wsat.	Compactação		Penetração	
Caps. No.	10	11	4	Cilindro Nº	C4	mm	Leit. Anel	Carga
Mh+Tara	241,82	273,50	265,72	Mh+Cil.	9615	0,63		57
Ms+Tara	222,66	250,76	242,25	Cilindro	4522	1,25		110
M. Água	19,16	22,74	23,47	M. Úmida	5093	2,50		210
Tara	43,57	40,95	42,42	M. Seca	4598	5,00		380
M. Seca	179,09	209,81	199,83	Volume	2363	7,50		517
Umidade	10,70	10,84	11,74	D. Seca	1,946	10,00		634
Média	10,77			Grau (%)	100,14	12,50		743
Expansão	1a. Leitura	0,01	2a. Leitura	0,04	3a. Leitura	0,04	4a. Leitura	0,04

--	--	--	--	--	--	--	--

CBR1	16	CBR2	19	CBR Final	19	Expansão	0,03%
Visto	Guilherme			Data	03/02/22		
Observações	Alex						
Operador (es)							
Energia	Normal						

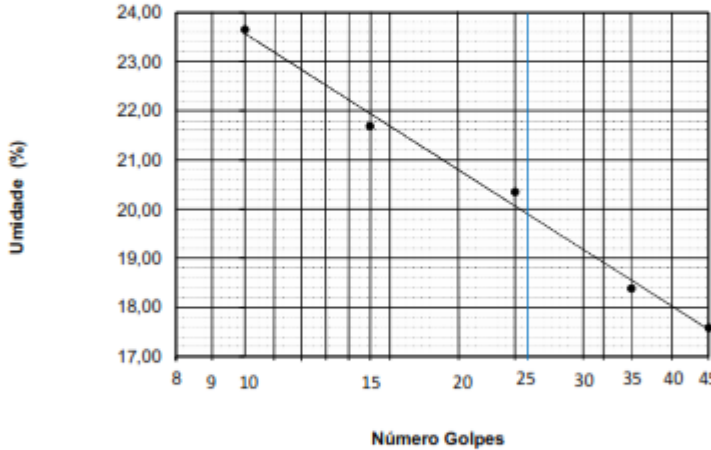


6.3 ENSAIO GRANULOMÉTRICO

JMF PROJETOS E CONSULTORIA S/S.		Rua Gastão Vieira, 214 - Pq. Santa Felícia São Carlos - SP Fone/Fax. (16) 3374-9197	
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA SIMPLES			
Localização: KM 248+176 mts - Araraquara		F:	1
Procedência Prefeitura de Araraquara - SP		AM:	1
Profundidade:		Peso Específico do Material:	g/cm ³
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE			
Cápsula N.º		24	25
Solo + Tara + Água		281,88	285,12 g
Solo + Tara		273,61	276,21 g
Água		8,27	8,91 g
Tara das Cápsulas		42,36	43,78 g
Solo Seco		231,25	232,43 g
Teores de Umidade		3,58	3,83 %
Teor de Umidade Médio		3,70	%
Fator de Conversão $F_c = 100 / (100 + h)$		0,9643	%
GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO			
PENEIRAS	MATERIAL	MATERIAL	PORCENTAGEM
#	RETIDO	PASSADO	PASSADA
2,00	0,00	165,88	100,00
1,19	0,00	165,88	100,00
0,42	12,58	153,30	92,42
0,074	127,01	38,87	23,43
OPERADOR (ES): ALEX		VISTO: GUILHERME	DATA: 10/02/2022
		SOLO UMIDO (Mh): 172,03 g	
		Mh x Fc = Ms	
		SOLO SECO Ms = 165,88 g	

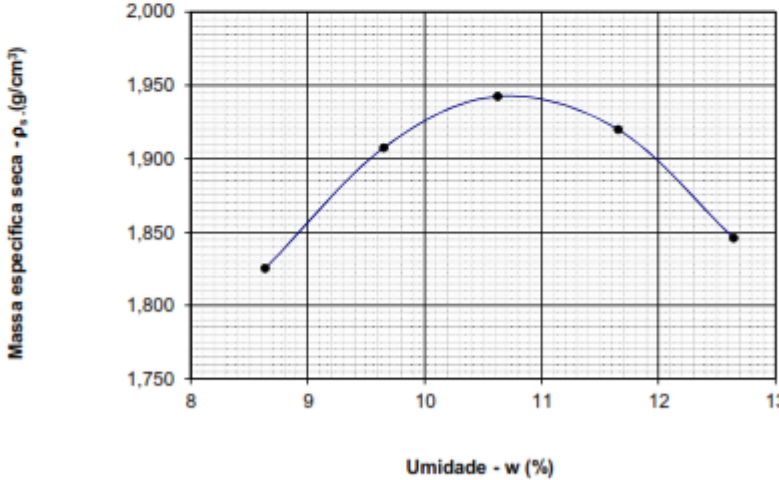


6.4 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA

JMF	PROJETOS E CONSULTORIA S/S.		Rua Gastão Vieira, 214 - Pq. Santa Felícia São Carlos - SP Fone/Fax: (16) 3374-9197			
ENSAIOS DE CONSISTÊNCIA DE SOLOS						
Procedência: Prefeitura Municipal			Cidade: Araraquara - SP			
Localização: Km 248+176mts			Furo nº	1	Am. nº	1
Profundidade de coleta da amostra:			-			
LIMITE DE LIQUIDEZ						
Cápsula Nº	22	23	24	25	26	-
Amostra + Tara + Água (g)	24,10	26,70	27,87	29,75	30,31	
Amostra + Tara (g)	22,35	24,71	25,22	26,73	26,87	
Água (g)	1,75	1,99	2,65	3,02	3,44	
Tara da cápsula (g)	12,40	13,89	12,20	12,81	12,33	-
Amostra seca (g)	9,95	10,82	13,02	13,92	14,54	
Umidade - w (%)	17,59	18,39	20,35	21,70	23,66	
Número de Golpes	45	35	24	15	10	
						
LIMITE DE PLASTICIDADE						
Cápsula Nº	1	2	3	4	5	-
Amostra + Tara + Água (g)	20,37	19,09	19,09	20,07	18,25	
Amostra + Tara (g)	19,55	18,45	18,52	19,42	17,68	
Água (g)	0,82	0,64	0,57	0,65	0,57	
Tara da cápsula (g)	14,73	14,88	15,08	15,60	14,35	-
Amostra seca (g)	4,82	3,57	3,44	3,82	3,33	
Umidade - w (%)	17,01	17,93	16,57	17,02	17,12	
Operador (es): Mario			Data de coleta:			
Classificação HRB → A-2-4 e IG ≤ 0			Data do ensaio: 10/02/22			
			Limite de Liquidez		LL =	20,00%
			Limite de Plasticidade		LP =	17,13%
			Índice de Plasticidade = LL-LP = IP = 2,87%			



6.5 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

JMF	PROJETOS E CONSULTORIA S/S.		Rua Gastão Vieira, 214 - Pq. Santa Felícia São Carlos - SP Fone/Fax. (16) 3374-9197			
ENSAIO DE COMPACTAÇÃO DE SOLOS						
Material: Solo local						
Procedência: Prefeitura Municipal de Araraquara - SP						
Localização: Km 248+176m			Furo nº	1	Am. nº	1
Profundidade de coleta da amostra:						
Compactação						
Determinação	1	2	3	4	5	
Volume do molde (cm ³)	995,89	995,89	995,89	995,89	995,89	
Cilindro com solo úmido (g)	4380	4488	4545	4540	4476	
Tara do cilindro (g)	2405	2405	2405	2405	2405	
Solo úmido (g)	1975	2083	2140	2135	2071	
Massa específica (g/cm ³)	1,983	2,092	2,149	2,144	2,080	
Massa específica seca (g/cm ³)	1,825	1,908	1,942	1,920	1,846	
Teor de umidade						
Cápsula no.	16	17	18	19	20	-
Cápsula com solo úmido (g)	310,68	289,20	282,83	305,78	301,22	
Cápsula com solo seco (g)	289,60	267,82	260,16	278,47	273,14	
Água (g)	21,08	21,38	22,67	27,31	28,08	
Tara da cápsula (g)	45,55	46,27	46,78	44,15	51,05	-
Solo seco (g)	244,05	221,55	213,38	234,32	222,09	
Umidade - w (%)	8,64	9,65	10,62	11,66	12,64	
						
Umidade ótima = 10,75% Massa específica seca máxima = 1,943 g/cm³						
Energia: Normal			DATA: 10/02/2022			
Operador: Alex e Mário						
OBS:						

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SIURB/PMSP - Instrução de Projeto IP-04 - Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis para Tráfego Leve e Médio. SP. 2004.
- SIURB/PMSP - Instrução de Projeto IP-02 – Classificação das Vias. SP. 2004.
- American Association of State Highway and Transportation Officials - *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D.C.. USA. 1986.
- Cardoso, S.H. e outros – *Concreto rolado para pavimentação: estudo do comportamento à fadiga*. 25ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo, SP. 1991. Volume 1, p. 255-288.
- Ceratti, J.A.P. – *Estudo do comportamento à fadiga de solos estabilizados com cimento*. Tese de Doutorado. COPPE-UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. 1991.
- DER-SP - *Manual de Pavimentação*. São Paulo. SP. 1991.
- DER-SP – *Instrução de Projeto IP-DE-P00/001*. São Paulo. SP. 2006.
- Gomes, J.; Scholer, C.F. – *Fatigue strength of roller compacted concrete*. *International Conference on Concrete Pavement design and rehabilitation*, 4., West Lafayette, 1989. Proceedings. Indiana, Purdue University, 1989. p. 505-518.
- Huang, Y. H. - *Pavement Analysis and Design*. Prentice Hall. 1993.
- Kolias, S.; Willians, R.I.T. – *Cement-bound road materials: strength and elastic properties measured in laboratory*. Transportation and Road Research Laboratory. Crowthorne, 1978. (Special Report 344).
- Medina, J.; Motta, L.M.G – *Mecânica dos Pavimentos*. 2ª Edição. Rio de Janeiro, RJ. 2005.
- Nagao, E. M - *Considerações de parâmetros de curvatura da bacia de deformação e do número estrutural no dimensionamento de reforço de pavimentos flexíveis*. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da USP. São Paulo. SP. 2001.
- Otte, E – *A structural design procedure for cement-treated layers in pavements*. Dissertation. Faculty of Engineering, University of Pretoria, Pretoria. 1978.
- Ruth, B.E.; Corven II, J.A. – *Method for estimation of properties and costs for concrete pavement design*. Gainesville, Department of Civil Engineering of University of Florida, 1980. 159p. (Final Report, project 245U02).

Suzuki, C. Y. - *Contribuição ao estudo de pavimentos rodoviários com estrutura invertida (sub-base cimentada)*. Tese de doutorado. Escola Politécnica da USP. São Paulo. SP. 1992.

Tayabji, S.D.; Halpenny, D.J. – *Thickness design of roller compacted concrete pavements*. Transportation Research Board. Pavement Design. Washington, 1987. p. 23-32. (TRR 1136).

Revista de Engenharia Civil IMED, 3(2), jul./dez. 2016. p. 77-82.