



DOCUMENTO TÉCNICO

CONSÓRCIO LENC-GTP

EMITENTE		CONTRATO		
CONSÓRCIO LENC-GTP		16.206-1		
EMPREENDIMENTO				
VICINAL PRP-138				
TRECHO		SUB-TRECHO		
RINÓPOLIS – BASTOS		km 0,000 ao km 24,300		
TÍTULO				
MEMÓRIA DE CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO NOVO				
ELABORAÇÃO	RESP. TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO DO DER	APROVAÇÃO DER
Eng.º Taís Sachet	Eng.º Alexandre Z. Neto	Eng.ª Débora N. Targas		

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

____. **Ensaio Geotécnicos de Laboratório.** RT-PRP00138-000.024-000-G13/001. São Paulo, 2009.

____. **Estudo de Tráfego.** RT-PRP000138-000.024-000-J04/001. São Paulo, 2009.

DOCUMENTOS RESULTANTES

____. **Projeto de Pavimento, Planta de Distribuição de Pavimentos.** DE-PRP000138.000-024-P02/001 a 017. São Paulo, 2010.

____. **Projeto de Pavimento, Seções e Detalhes.** DE-PRP000138-000.024-000-P05/001. São Paulo, 2010.

OBSERVAÇÕES

PROGRAMA DE PAVIMENTAÇÃO DE VICINAIS – 2ª FASE

REVISÃO	DATA	RESP. TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO	APROVAÇÃO
A	AGOSTO/2010	A.Z.N.			



ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	3
2. CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
3. PARÂMETROS DE PROJETO	5
3.1. Tráfego.....	5
3.2. Considerações Geotécnicas	5
3.2.1. Caracterização do Material de Subleito	5
3.2.2. Caracterização do Material de Jazida	8
4. PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE PAVIMENTOS NOVOS	10
4.1. Conceitos Básicos	10
4.2. Pressuposto Básicos	12
4.3. Dimensionamento da Estrutura Pista Principal	13
5. VERIFICAÇÃO MECANICISTA DAS ESTRUTURAS OBTIDAS ATRAVÉS DO MÉTODO EMPÍRICO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS DO DER/SP	16
5.1. Conceitos	16
5.2. Modelos de Fadiga.....	17
5.3. Análise da Estrutura Projetada para a Pista Principal.....	18
6. SOLUÇÕES DE IMPLANTAÇÃO A SEREM ADOTADAS	21
6.1. Pista Principal.....	21
7. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE MATERIAIS E SERVIÇOS	22
ANEXOS	23
RESULTADOS OBTIDOS ELSYM-5	23



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento técnico tem por objetivo apresentar ao DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER/SP o dimensionamento das estruturas dos pavimentos referente a elaboração do projeto executivo de melhoramento e pavimentação da Estrada Vicinal PRP-138 – Rinópolis – Parapuã - Bastos, objeto do contrato N° 16.206-1.

O trecho em questão tem início no Km 0,000 e se estende até o Km 24,300 interligando o Município de Rinópolis ao Município de Bastos totalizando uma extensão de 24,300 km, conforme indicado no croqui de localização. A Figura 01 ilustra a localização da Estrada Vicinal PRP – 138.

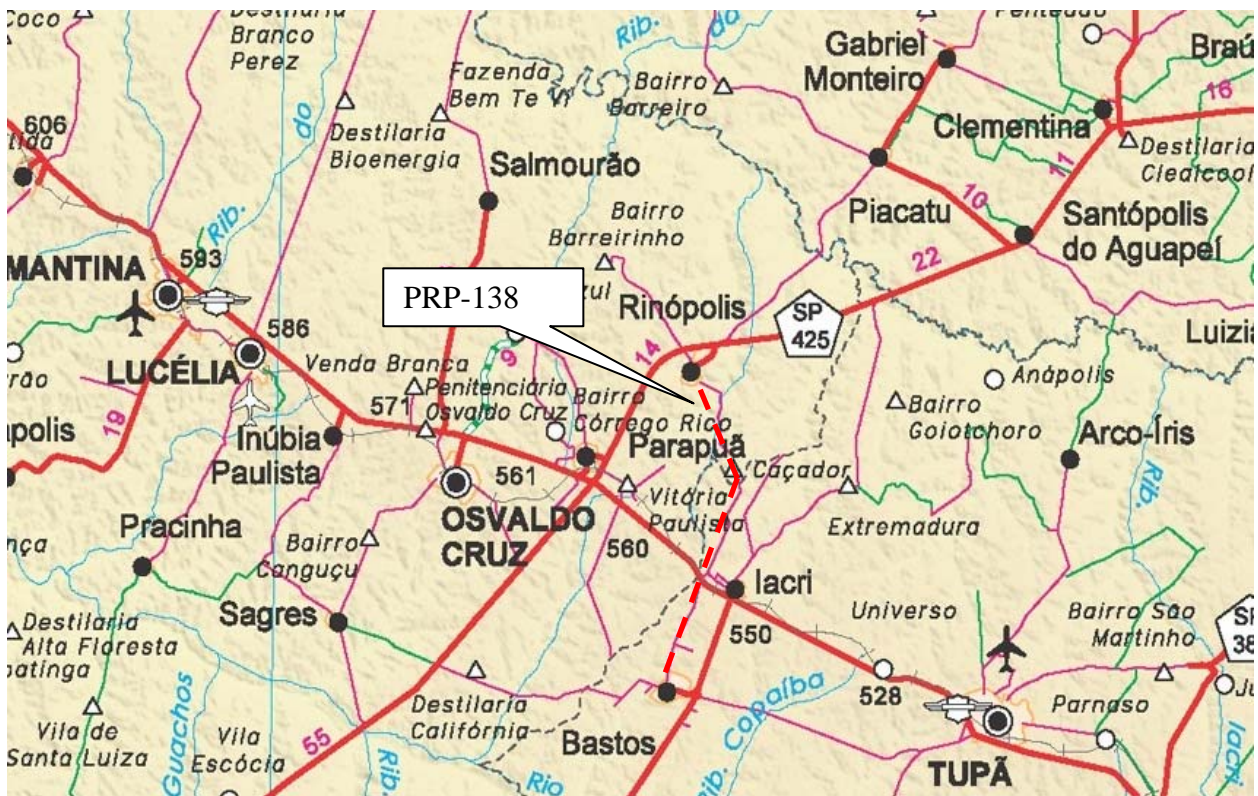


Figura 01: Localização da Vicinal PRP- 138



CÓDIGO	MC-PRP000138-000.024-000-P05/001	REV.	A
EMISSÃO	25 de Fevereiro de 2010	FOLHA	4 de 26
EMITENTE	Consórcio LENC-GTP		

DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Atualmente o trecho da Estrada Vicinal PRP - 138 - Rinópolis – Bastos não é pavimentado, possuindo alguns segmentos com revestimento primário e largura variável.

A seguir são apresentadas as metodologias empregadas no elaboração deste trabalho bem como os resultados dos ensaios e estudos realizados referentes ao dimensionamento das estruturas do pavimento a serem implantadas na referida Estrada Vicinal.



3. PARÂMETROS DE PROJETO

3.1. Tráfego

Um fator de fundamental importância para o dimensionamento das estruturas de um pavimento é o tipo e o volume de tráfego solicitante, uma vez que os esforços internos atuantes estão diretamente relacionados à configuração dos eixos e a magnitude das cargas aplicadas.

Para efeito de dimensionamento da estrutura de pavimentos flexíveis ou semi-rígidos, o volume de veículos comerciais deve ser convertido no número "N" de solicitações equivalentes de um eixo simples de rodas duplas com carregamento de 8,2 tf, denominado de eixo padrão, conforme o Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DER/SP.

O tráfego foi avaliado através de contagens e os resultados e metodologias utilizadas acham-se no relatório técnico RT- PRP000138-000.024-000.J04/001. De acordo com os dados coletados o tráfego é caracterizado pelo número "N" indicado na Tabela 01, os quais foram obtidos pelas metodologias do USACE e AASHTO para o período de projeto de 10 anos.

Tabela 01: Numero de Solicitações "N"		
Trecho	N _{USACE}	N _{AASHTO}
Rinópolis – Bastos	4,15 x 10 ⁶	1,00 x 10 ⁶

3.2. Considerações Geotécnicas

3.2.1. Caracterização do Material de Subleito

Foram realizadas sondagens a trado com a finalidade de identificar as características geológicas-geotécnicas da região, determinar a capacidade de suporte do solo que compõe o subleito e definir possíveis jazidas para o dimensionamento da estrutura do pavimento a ser implantado na Estrada Vicinal PRP - 138 – Rinópolis – Parapuã – Bastos.

Os boletins de sondagem e os resultados de todos os ensaios realizados acham-se no relatório técnico RT- PRP000138-000.024-000.G13/001.

Na Tabela 02 estão ilustrados os resultados dos ensaios geotécnicos realizados com amostras de solos do subleito coletadas ao longo da referida estrada.



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

Tabela 02: Caracterização do Material do Subleito																		
Estaca / Local da Coleta	Furo/ Amostra Lote 05	Prof. (m)	Classif. Táctil Visual	Compactação Proctor		Índice Suporte		Classificação (Pastilha MCT)	Granulometria por peneiramento, (%) passada									
				γs máx. (g/cm³)	h ótima (%)	CBR (%)	Exp (%)		Peneiras (mm)									
									19,1	9,52	4,76	2,00	1,2	0,60	0,42	0,25	0,15	0,074
0+00 LD Pista	ST 01/01	0,00/1,50	Areia Argilosa Vermelha	1,89	13,8	23	0,79	LA-LA'	---	---	100,00	99,86	99,86	99,56	99,41	97,59	79,38	44,11
20+00 LD Pista	ST 03/01	0,00/1,50	Areia Argilosa Marrom	1,91	11,6	34	0,08	LA-LA'	---	---	---	100,00	99,85	99,75	99,64	97,72	67,79	35,27
40+00 LD Pista	ST 05/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,86	14,6	10	0,09	NS'-NA'	---	---	100,00	99,93	99,73	99,44	99,24	97,84	81,76	44,67
60+00 LD Pista	ST 07/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,83	15,5	8,0	0,7	NS'/NA'	---	---	---	100,00	100,00	100,00	100,00	98,68	83,32	45,58
80+00 LD Pista	ST 09/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Vermelho	1,98	16,9	8	0,43	NA	---	---	100,00	99,95	99,80	99,69	99,52	98,19	82,98	46,03
100+00 LD Pista	ST 11/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Vermelho	1,98	10,7	30	0,16	NA	---	---	---	100,00	100,00	100,00	100,00	98,07	68,86	35,69
120+00 LD Pista	ST 13/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Marrom	1,91	11,9	18	0,44	NA/NS'	---	100,00	99,02	97,76	97,68	97,56	97,50	94,50	66,29	36,44
140+00 LD Pista	ST 15/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,94	12,4	34	0,52	NA-NS'	---	---	---	100,00	100,00	99,80	99,60	97,59	68,28	33,04
160+00 LD Pista	ST 17/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,88	13,7	23,0	0,79	NA'-NS'	---	---	---	100,00	100,00	99,81	99,66	97,71	79,38	44,61
180+00 LD Pista	ST 19/01	0,00/1,50	Areia Marrom	1,84	12,7	9	0,78	LA	---	---	100,00	95,30	94,97	94,54	94,12	92,90	76,61	38,94
200+00 LD Pista	ST 21/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,57	23,0	14	0,27	NS'-NA'	---	100,00	85,07	54,03	51,37	47,34	45,98	44,93	43,68	36,19
220+00 LD Pista	ST 23/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,92	12,3	22	0,52	NS'/NA'	---	---	---	100,00	100,00	100,00	100,00	98,66	78,19	42,15
240+00 LD Pista	ST 25/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,62	17,8	13	0,34	NS'/NA'	---	100,00	98,55	78,91	74,59	69,09	67,14	65,55	62,21	42,21
260+00 LD Pista	ST 27/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,95	12,0	20	0,61	NA-NS'	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,80	97,92	76,66	42,55
280+00 LD Pista	ST 29/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Amarelo	1,79	11,6	21,0	0,09	NA	---	100,00	99,87	98,98	98,42	97,48	96,92	92,75	62,21	28,95
300+00 LD Pista	ST 31/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Marrom	1,98	10,3	28	0,7	NS'/NA'	---	---	---	100,00	99,76	99,57	99,04	95,35	64,98	31,83
320+00 LD Pista	ST 33/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Marrom	1,77	13,6	15	0,44	NA	---	100,00	99,82	99,69	99,30	98,68	98,18	94,61	65,57	28,04
340+00 LD Pista	ST 35/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	2	11,0	21	1,57	NA-NS'	---	---	---	100,00	100,00	99,85	99,25	96,02	67,88	36,01
360+00 LD Pista	ST 37/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,99	10,8	12	0,53	NA/NS'	---	---	---	100,00	100,00	99,70	99,36	95,47	69,42	36,13
380+00 LD Pista	ST 39/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Marrom	1,99	10,7	36	0,01	NA-NS'	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,81	96,35	70,06	35,79
400+00 LD Pista	ST 41/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	2,02	10,6	35	0,03	NA-NS'	---	---	---	100,00	100,00	100,00	100,00	98,39	78,36	41,58
420+00 LD Pista	ST 43/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Marrom	1,93	11,1	11,0	0,43	NA-NS'	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,81	96,99	66,51	33,31
440+00 LD Pista	ST 45/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,96	10,5	36	0,23	NS'/NA'	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,80	96,49	65,65	32,91
460+00 LD Pista	ST 47/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,97	9,8	33	0,61	NA-NS'	---	---	---	100,00	100,00	99,91	99,67	95,79	67,63	35,59
480+00 LD Pista	ST 49/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Marrom	1,97	9,3	7	0,12	NA/NS'	---	100,00	99,86	99,81	99,81	99,49	98,86	95,00	73,03	36,16
500+00 LD Pista	ST 51/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Marrom	1,92	12,0	6	0,18	NA'-NS'	---	100,00	98,65	97,52	97,04	96,42	95,66	91,96	70,72	35,80
520+00 LD Pista	ST 53/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Marrom	1,95	11,3	31	0,08	NA	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,39	95,76	74,92	37,72
540+00 LD Pista	ST 55/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Marrom	1,98	10,3	39	0,01	NA	---	---	---	100,00	100,00	99,76	99,04	94,88	73,37	36,12
560+00 LD Pista	ST 57/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Vermelho	1,94	12,1	29,0	0,43	NA	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,40	95,54	73,26	36,70
580+00 LD Pista	ST 59/01	0,00/1,50	Areia Argilosa Vermelha	1,98	8,8	25	0,04	LA-LA'	---	---	---	100,00	100,00	99,75	99,06	95,17	73,61	36,48
600+00 LD Pista	ST 61/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Marrom	1,94	11,2	31	0,43	NA	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,35	94,57	80,11	34,73

Continua



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

Continuação

Estaca / Local da Coleta	Furo/ Amostra Lote 05	Prof. (m)	Classif. Táctil Visual	Compactação Proctor		Índice Suporte		Classificação (Pastilha MCT)	Granulometria por peneiramento, (%) passada									
				γs máx. (g/cm³)	h ótima (%)	CBR (%)	Exp (%)		Peneiras (mm)									
									19,1	9,52	4,76	2,00	1,2	0,60	0,42	0,25	0,15	0,074
660+00 LD Pista	ST 67/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,84	14,2	7	0,61	NS'-NA'	---	---	100,00	98,60	98,16	96,54	95,35	93,43	80,54	54,56
680+00 LD Pista	ST 69/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Vermelho	1,94	10,7	36	0,08	NA	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,40	95,58	72,92	36,46
700+00 LD Pista	ST 71/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Marron	1,94	11,7	22,0	0,43	NA	---	---	---	100,00	100,00	99,79	99,16	95,07	72,82	37,03
720+00 LD Pista	ST 73/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Marron	1,95	10,5	31	0,87	NA	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,41	95,62	74,56	39,08
740+00 LD Pista	ST 75/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Marron	1,96	10,0	30	0,08	NA	---	---	---	100,00	99,75	99,30	98,26	93,58	69,30	34,01
760+00 LD Pista	ST 77/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,94	11,1	13	0,35	NA'/NS'	---	---	---	100,00	100,00	99,85	99,16	94,94	73,14	36,96
780+00 LD Pista	ST 79/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Vermelho	1,92	11,8	13	0,61	NA	---	---	---	100,00	100,00	100,00	99,38	95,43	73,73	35,72
800+00 LD Pista	ST 81/01	0,00/1,50	Areia Vermelha	1,93	11,4	15	0,61	LA	---	---	---	100,00	100,00	99,85	99,20	95,43	74,24	38,19
820+00 LD Pista	ST 83/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Vermelho	1,95	11,3	27	0,7	NA	---	---	---	100,00	100,00	99,70	98,69	94,65	72,61	39,18
840+00 LD Pista	ST 85/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Vermelho	1,95	10,9	24,0	0,7	NA	---	100,00	99,85	99,82	99,82	99,57	98,79	94,32	72,38	35,46
860+00 LD Pista	ST 87/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Marron	1,95	10,3	37	0,01	NA	---	---	---	100,00	100,00	99,70	98,95	95,12	74,90	39,45
880+00 LD Pista	ST 89/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,9	11,8	15	0,61	NA-NS'	---	100,00	98,64	94,84	94,72	94,60	94,40	93,22	70,68	35,43
900+00 LD Pista	ST 91/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,83	16,1	8	0,43	NS'/NA'	---	100,00	66,38	41,07	39,96	38,15	37,32	36,40	31,25	21,89
930+00 LD Pista	ST 94/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,83	13,4	26	0,61	NS'/NA'	---	100,00	70,61	54,49	53,85	52,33	51,56	50,33	42,63	26,19
950+00 LD Pista	ST 96/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,91	13,0	13	0,09	NS'/NA'	---	100,00	74,99	53,81	53,01	51,11	50,33	49,32	43,10	30,16
970+00 LD Pista	ST 98/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,84	13,6	14	0,78	NA-NS'	---	100,00	80,82	70,80	70,02	69,64	68,44	67,21	53,06	28,91
1030+00 LD Pista	ST 104/01	0,00/1,50	Silte Argiloso Vermelho	1,86	13,3	23	0,15	NS'/NG'	---	---	100,00	96,71	96,26	95,45	94,85	93,75	83,25	58,48
1050+00 LD Pista	ST 106/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,89	12,1	24,0	0,07	NA-NS'	---	100,00	98,65	98,48	97,84	97,24	96,99	95,69	75,70	39,40
1070+00 LD Pista	ST 108/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,87	14,0	11	0,52	NS'-NA'	---	100,00	99,23	96,14	95,52	94,00	93,34	92,11	78,93	50,01
1090+00 LD Pista	ST 110/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,78	16,5	8	0,52	NS'-NA'	---	100,00	99,72	98,09	97,39	95,50	94,81	93,62	83,54	58,18
1110+00 LD Pista	ST 112/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Vermelho	1,93	11,2	37	0,05	NA	---	100,00	97,56	94,75	94,59	94,52	94,39	93,40	74,74	39,06
1130+00 LD Pista	ST 114/01	0,00/1,50	Areia Argilosa Vermelha	1,89	12,5	29	0,09	LA'	---	100,00	99,39	94,09	92,83	89,50	87,84	86,03	76,50	54,32
1150+00 LD Pista	ST 116/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,87	13,0	12	0,61	NA'/NS'	---	---	---	100,00	99,95	98,13	96,79	94,25	81,74	53,27
1170+00 LD Pista	ST 118/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Amarelo	1,87	15,3	37	0,01	NS'/NA'	---	---	100,00	98,55	97,55	95,24	93,97	92,15	75,03	44,55
1200+00 LD Pista	ST 121/01	0,00/1,50	Areia e Siltes Vermelho	1,91	11,2	32	0,52	NA	---	100,00	99,41	97,88	97,88	97,67	97,62	96,02	74,39	37,92
1220+00 LD Pista	ST 123/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,9	12,2	24	0,09	NS'/NA'	---	---	100,00	94,09	93,56	91,83	91,07	89,74	76,26	48,91
1240+00 LD Pista	ST 125/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,8	13,5	24	0,28	NS'/NA'	---	100,00	71,16	59,31	58,79	57,62	56,89	55,40	44,23	25,89
1260+00 LD Pista	ST 127/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,94	13,1	12,0	0,61	NA'/NS'	---	100,00	69,28	57,66	55,66	52,88	51,75	50,39	41,76	25,77
1280+00 LD Pista	ST 129/01	0,00/1,50	Areia Siltosa, Argila Siltosa Vermelha	1,93	12,6	17	0,21	NA'/(NG'-NS')	---	100,00	99,50	95,85	94,29	92,04	90,89	89,19	80,33	56,30
1300+00 LD Pista	ST 131/01	0,00/1,50	Silte Arenoso Vermelho	1,93	11,9	34	0,61	NS'/NA'	---	100,00	65,06	38,43	37,94	36,64	35,98	35,22	30,35	19,97
1320+00 LD Pista	ST 133/01	0,00/1,50	Areia Siltosa Vermelha	1,91	11,8	33	0,57	NA'/NS'	---	100,00	92,77	78,30	78,12	73,81	72,64	71,45	61,35	40,35

Não foi verificada a presença de lençol freático (nível d'água) nos furos de sondagem após 48 horas.

Através dos ensaios geotécnicos observou-se que o valor da capacidade de suporte (CBR) dos solos do subleito variou entre 7% e 39% e os valores de expansão variaram entre 0,01% e 0,87%. De



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

acordo com a classificação MCT (Miniatura Compactada Tropical) predominam os solos dos tipos NA e NA', caracterizados como areia siltosa. Estes solos apresentam capacidade de suporte variando de média a alta e expansão predominantemente baixa.

Com base nos valores atribuídos para a capacidade de suporte na Energia Normal, procedeu-se ao cálculo do CBR estatístico segundo o método de dimensionamento do DER através da distribuição estatística "t" de Student (Tabela 03).

Tabela 03: Dados de CBR	
Parâmetro	Trecho Total (ext. 23,51km)
$\overline{\text{CBR}}$ (%)	22,82
S	10,57
n	62
$t_{0,90}$	1,30
CBR_P (%)	21,0
CBR_P adotado (%)	14,0

Onde CBR_P é calculado pela seguinte equação:

$$\text{CBR}_P = \overline{\text{CBR}} - \frac{S \times t_{0,90}}{\sqrt{n-1}}$$

Após a análise estatística dos resultados dos ensaios de CBR, adotou-se para efeito de dimensionamento das estruturas dos pavimentos o valor da capacidade de suporte $\text{CBR}_P=14\%$, a qual resulta em menores locais para substituição de solos.

3.2.2. Caracterização do Material de Jazida

Foram realizadas sondagens a trado a uma profundidade de 1,50 m com a finalidade de identificar as características geológicas-geotécnicas e determinar a capacidade de suporte do solo que compõe as jazidas para o dimensionamento da estrutura do pavimento a ser implantado na Estrada Vicinal PRP - 138 – Rinópolis – Parapuã – Bastos. A tabela 04 apresenta a caracterização do material de jazida.



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

Tabela 04: Caracterização do Material da Jazida																		
Estaca / Local da Coleta	Furo/ Amostra Lote 04	Prof. (m)	Classif. Táctil Visual	Compactação Proctor		Índice Suporte Califórnia		Classificação (Pastilha MCT)	Granulometria por peneiramento, (%) passada									
				γ_s máx. (g/cm ³)	h ótima (%)	CBR (%)	Exp (%)		Peneiras (mm)									
									19,1	9,52	4,76	2,00	1,2	0,60	0,42	0,25	0,15	0,074
02+00 Eixo	Jazida 01/01	0,00/5,00	Areia Vermelha	1,89	8,2	28,9	0,55	LA	--	--	--	--	--	100,00	99,80	93,56	48,23	33,68
20+00 Eixo	Jazida 01/02	0,00/5,00	Areia Siltosa Vermelha	1,74	8,4	22,0	0,3	NA-NS'	--	--	--	--	100,00	99,73	99,13	91,00	90,66	10,02
62+00 Eixo	Jazida 02/01	0,00/5,00	Areia Argilosa Vermelha	1,91	14,1	18,0	0,28	NA	--	--	--	--	--	100,00	94,93	46,63	27,48	
64+00 Eixo	Jazida 02/02	0,00/5,00	Areia Vermelha	1,88	9,2	39,0	0,18	LA	--	--	--	--	--	100,00	93,22	49,47	27,13	
125+00 Eixo	Jazida 03/01	0,00/5,00	Areia Siltosa Vermelha	1,88	10,3	27,0	0,21	NA-NS'	--	--	--	100,00	99,86	99,59	99,18	84,54	30,46	16,97
135+00 Eixo	Jazida 03/02	0,00/5,00	Areia Argilosa Vermelha	1,88	12,6	42,0	0,25	NA	--	--	--	100,00	99,73	99,18	98,64	89,22	46,93	17,80

Através dos ensaios geotécnicos observou-se que o valor da capacidade de suporte (CBR) dos solos da jazida variou entre 18% e 42% e os valores de expansão variaram entre 0,18% e 0,55%. De acordo com a classificação MCT (Miniatura Compactada Tropical) predominam os solos dos tipos LA e NA, caracterizados como areia siltosa. Estes solos apresentam capacidade de suporte alta e expansão predominantemente baixa.

Com base nos valores atribuídos para a capacidade de suporte na Energia Normal, procedeu-se ao cálculo do CBR estatístico segundo o método de dimensionamento do DER através da distribuição estatística "t" de Student (Tabela 05).

Tabela 05: Dados de CBR	
Parâmetro	Trecho Total
\overline{CBR} (%)	31,50
S	11,09
n	6
$t_{0,90}$	1,48
CBR_p (%)	24,16
CBR_p adotado (%)	22,00

Onde CBR_p é calculado pela seguinte equação:

$$CBR_p = \overline{CBR} - \frac{S \times t_{0,90}}{\sqrt{n-1}}$$



Após a análise estatística dos resultados dos ensaios de CBR, adotou-se para efeito de dimensionamento das estruturas dos pavimentos o valor da capacidade de suporte para o **material de reforço CBR_p=22%**.

Sempre que um segmento apresentar capacidade de suporte do subleito CBR_{SL} inferior ao valor do CBR_p (de projeto) e/ou expansão superior a 2,0% deverá haver substituição de solos em toda a largura da plataforma por solos provenientes de caixas de empréstimos que tenham CBR superior ao preconizado no projeto na espessura determinada na Tabela 06.

Tabela 06: Espessuras Mínimas Recomendadas para Substituição de Solos Considerados Inadequados		
Capacidade de Suporte CBR (%)	Expansão (%)	Espessura Mínima de Substituição de Solos
2% ≤ CBR < 4%	2% < Exp. ≤ 5%	60,0 cm
4% ≤ CBR < 8%	2% < Exp. ≤ 5%	30,0 cm
8% ≤ CBR < 11%	2% < Exp. ≤ 5%	20,0 cm

Os locais sujeitos a substituição de solo estão apresentados na Tabela 07.

Tabela 07: Locais com Necessidade de Substituição de Solos		
Capacidade de Suporte CBR (%)	Estaca	Espessura Mínima de Substituição de Solos
10	40+00	20,0 cm
8	60+00 a 80+00	30,0 cm
9	18+00	20,0 cm
11	420+00	20,0 cm
7	480+00 a 500+00	30,0 cm
7	660+00	30,0 cm
8	900+00	20,0 cm
11	1070+00 a 1090+00	20,0 cm

4. PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE PAVIMENTOS NOVOS

4.1. Conceitos Básicos

O dimensionamento das estruturas de pavimentos seguirá a Instrução de Projeto IP-DE-P00/001 “Projeto de Pavimentação” do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP de janeiro de 2006. Este procedimento é embasado na metodologia clássica do DNER, que



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

tem por base o trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads ant Traffic Volume” de autoria de Turnbull, Foster e Ahlvin, do USACE, e em conclusões obtidas na pista experimental da AASHTO. O objetivo principal deste método é a proteção contra a ruptura por tensões de cisalhamento da camada de subleito.

Após a definição preliminar das estruturas dos pavimentos obtidas pela Instrução de Projeto IP-DE-P00/001, serão realizadas verificações das estruturas através de procedimentos mecanicistas, utilizando-se para tal, o Programa Computacional ELSYM-5.

O dimensionamento dos pavimentos será realizado a partir da capacidade de suporte do subleito, traduzida pelo CBR de projeto e do número de operações do eixo simples padrão equivalente para o período de projeto de 10 anos.

Para o dimensionamento das estruturas de pavimento a serem implantadas serão utilizadas as inequações e conceitos descritos na Instrução de Projeto IP-DE-P00/001 e seção 6.04 do DER/SP.

- $Rx K_R + Bx K_B \geq H_{20}$ (1)
- $Rx K_R + Bx K_B + h_{20} \times K_s \geq H_n$ (2)
- $Rx K_R + Bx K_B + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{REF} \geq H_m$ (3)

Onde:

K_R , K_B , K_S , K_{REF} representam os coeficientes estruturais do revestimento, da base, da sub-base e do reforço do subleito, respectivamente; h_{20} a espessura da camada para material em CBR = 20%, H_n a espessura correspondente ao CBR = n e H_m a espessura relativa ao CBR = m.

As espessuras mínimas de revestimento asfáltico são obtidas em função do número “N”, conforme ilustrado na Tabela 08.

Tabela 08: Espessuras Mínimas Recomendadas para Revestimento Betuminoso	
N	Tipo e Espessura do Revestimento
$N \leq 1,0 \times 10^6$	Tratamentos Superficiais Duplos e Triplos
$1,0 \times 10^6 < N \leq 5,0 \times 10^6$	Concreto asfáltico com 5,0 cm de espessura
$5,0 \times 10^6 < N \leq 1,0 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 7,5 cm de espessura
$1,0 \times 10^7 < N \leq 2,5 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 10,0 cm de espessura
$2,5 \times 10^7 < N \leq 5,0 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 12,5 cm de espessura
$N > 5,0 \times 10^7$	Concreto asfáltico com 15,0 cm de espessura



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

Sendo que para o projeto em questão com $N = 4,15 \times 10^6$ a espessura da camada de concreto asfáltico mínima estabelecida foi de $R = 5$ cm.

As espessuras equivalentes H_m , H_n , H_{20} são obtidas através do ábaco de dimensionamento (seção 6.04 DER/SP) Figura 02, onde a espessura em termos de material granular é função do número N e do valor de CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.

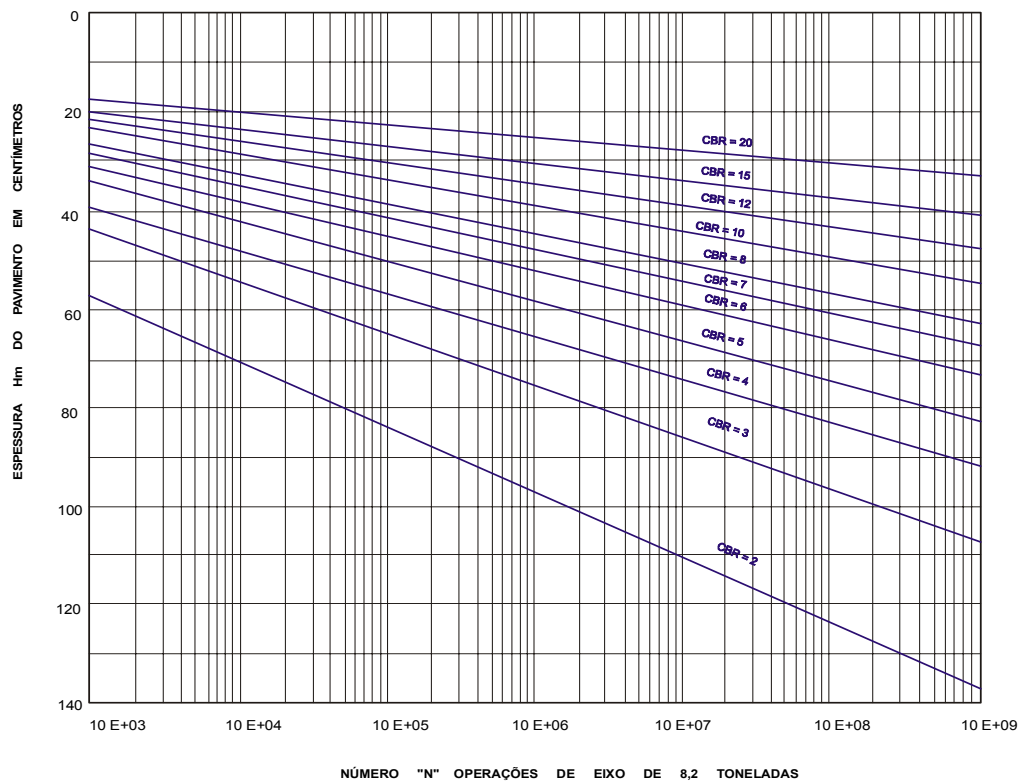


Figura 02 – Ábaco de Dimensionamento – DER/SP

4.2. Pressuposto Básicos

Os seguintes pressupostos básicos deverão ser considerados para a implantação das estruturas de pavimentos:

- Deverá haver sempre uma drenagem superficial adequada e o lençol d'água subterrâneo deverá estar rebaixado a pelo menos 1,50 m em relação ao greide de terraplenagem.
- Sempre que um segmento apresentar capacidade de suporte do subleito CBR_{SL} inferior ao valor do $CBR_p = 14\%$, deverá haver substituição de solos em toda a largura da



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

plataforma por solos provenientes de caixas de empréstimos que tenham CBR superior ao preconizado no projeto.

- Se a expansão dos solos do subleito existente for superior a 2,0% deverá haver também substituição dos solos, conforme comentado anteriormente.
- As camadas constituintes da estrutura do pavimento deverão ser executadas de acordo com as especificações técnicas de serviço do DER/SP e na sua inexistência, de acordo com as especificações do DNIT (extinto DNER) e DERSA, sem as quais estes dimensionamentos não terão validade.

4.3. Dimensionamento da Estrutura Pista Principal

a) Parâmetros Básicos

- Tráfego: $N = 4,15 \times 10^6$ solicitações do eixo simples padrão de 8,2 t;
- Suporte do Subleito: CBR = 14%
- Camada de Reforço do Subleito: solo selecionado com CBR superior a 22% e expansão inferior a 1%, coeficiente estrutural $K_{ref} = 0,81$, obtido através da expressão:

$$K_{ref} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{ref}}{3 \times CBR_{SL}}};$$

- Camada de Base: Solo Brita Tratado com Cimento (SBTC) com resistência a compressão simples aos 7 dias entre 2,8 e 4,5 MPa, módulo de resiliência ≥ 50.000 kgf/cm², na espessura (B), coeficiente estrutural $K_B = 1,40$.
- Camada de Revestimento: Concreto Asfáltico (CBUQ) na espessura R, coeficiente estrutural $K_R = 2,0$.

b) Cálculo da Espessura da Base (B)

Através do Ábaco de Dimensionamento para $N = 4,15 \times 10^6$ solicitações e adotando para a camada subjacente à camada de base o valor de suporte CBR = 14% obtém-se:



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Substituindo na inequação (1), tem-se:

$$H_{20} = 27,4 \text{ cm}$$

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

$$5 \times 2,0 + B \times 1,4 \geq 27,4 \text{ cm}$$

$$10 + 1,4 \times B \geq 27,4 \text{ cm}$$

$$B \geq 12,43 \text{ cm}$$

Em função de que uma espessura menor não atendeu aos critérios de fadiga, será adotada a espessura mínima de 20,0 cm para a camada de base cimentada constituída por Solo Brita Tratado com Cimento (SBTC), com resistência a compressão simples aos 7 dias entre 2,8 a 4,5 MPa, a ser executada de acordo com a Especificação Técnica ET-DE-P00/007 do DER/SP. Para efeito de composição de custo será adotado a porcentagem de 4,0% em peso de cimento Portland.

c) Cálculo da Espessura da Camada de Reforço do Subleito (h_{ref})

Capacidade de suporte do subleito CBR = 14%, obtém-se:

$$H_m = 33,5 \text{ cm}$$

Substituindo na inequação (2), tem-se:

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{ref} \times K_{ref} \geq H_m$$

$$5 \times 2 + 20 \times 1,4 + h_{ref} \times 0,81 \geq 33,5$$

$$h_{ref} \geq -5,58 \text{ cm}$$

Por se tratar de camada de base cimentada, com a finalidade de garantir uma uniformidade no substrato e condições ideais de apoio será adotada a espessura mínima de 15,0 cm para a camada de reforço do subleito de solo selecionado com CBR \geq 22%.

As camadas de reforço deverão ser executadas de acordo com a Especificação Técnica ET-P00/002 do DER/SP e compactada na energia do Proctor intermediário.

Os solos do subleito deverão ser escarificados, umedecidos e compactados na profundidade de 20,0 cm abaixo do greide preparado para receber o pavimento, na energia de 100% do Proctor Intermediário.

Através do método de dimensionamento do DER/SP (seção 6.04), em função do tráfego e da capacidade de suporte do subleito, determina-se uma espessura total em termos de material granular para proteger o substrato de deformações verticais. Os resultados do dimensionamento estão ilustrados resumidamente na Tabelas 09.



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

Tabela 09: Dimensionamento segundo Método Empírico do DER/SP			
Camada	Coef. Estrutural (K)	Espessura Física (cm)	Espessura Equivalente (cm)
Revest. CBUQ	2	5	10
Base solo brita tratada com cimento (SBTC)	1,4	20	28
Espessura Total sobre a sub-base (h20)			38
Reforço do Subleito CBR 22%	0,81	15	12,1
Espessura Total do Pavimento (cm)			50,1
Espessura necessária (cm)			33,5



5. VERIFICAÇÃO MECANICISTA DAS ESTRUTURAS OBTIDAS ATRAVÉS DO MÉTODO EMPÍRICO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS DO DER/SP

5.1. Conceitos

As estruturas obtidas com o emprego do Método Empírico de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DER/SP, serão verificadas através de Procedimentos Mecanicistas, utilizando-se para tal, o Programa Computacional ELSYM-5 e modelos de fadiga.

O programa ELSYM-5 baseia-se em fundamentos da teoria de elasticidade, utilizando-se métodos indiretos para a solução de equações de equilíbrio e de compatibilidade entre tensões e deformações, geralmente aplicando conceitos de diferenças finitas ou elementos finitos.

O procedimento de cálculo adotado pelo Programa ELSYM-5 idealiza o pavimento como um sistema elástico tridimensional de camadas sobrepostas, semi-infinito no plano horizontal. Os materiais são assumidos como sendo isotrópicos e homogêneos, com comportamento elástico linear.

O modelo para cálculo de tensões, deformações e deflexões adotado para as estruturas de pavimentos flexíveis é o ilustrado na Figura 03.

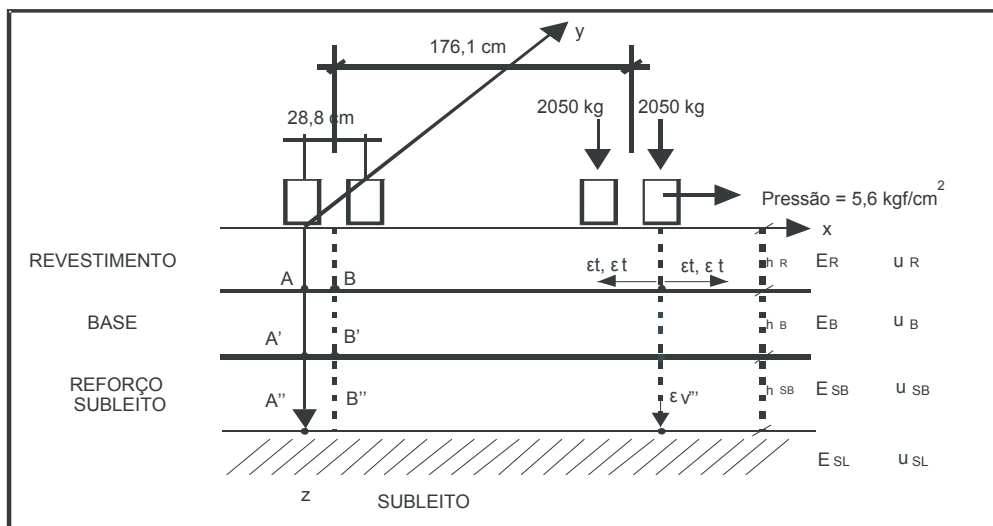


Figura 03: Modelo para Cálculo de Tensões, Deformações e Deflexões (ELSYM -5)



5.2. Modelos de Fadiga

5.2.1. Fadiga Quanto às Deformações das Misturas Betuminosas

A principal causa de ruptura por fadiga do revestimento asfáltico são as deformações de tração resultantes dos esforços de tração nas fibras inferiores desta camada.

Para análise da vida de fadiga do revestimento asfáltico utilizou-se o modelo da FHWA (N_{AASHTO}):

$$N = 1,092 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon} \right)^{3,512}$$

onde:

ϵ = deformação na fibra inferior do revestimento asfáltico referente à solicitação de tração.

- **Fadiga Quanto à Camada Cimentada**

As tensões obtidas na análise mecanicista, com o objetivo de analisar a vida de fadiga da camada de solo-cimento, quando sujeita à ação do tráfego, foram verificadas segundo equação proposta por Ceratti. (N_{USACE}), para solos de comportamento laterítico do tipo LA.

$$N = 10 \cdot \left(\frac{100SR - 94,76}{-2,5} \right) \quad \text{Onde:} \quad SR = \frac{\sigma_{atuante}}{\sigma_{admissível}}$$

- **Fadiga Quanto às Deformações Vertical de Compressão no Subleito**

O solo de fundação é normalmente o material menos resistente da estrutura, portanto é por ele que se inicia a verificação estrutural. Entretanto, uma vez confirmado o seu desempenho, é importante efetuar-se também a análise global para assegurar eventuais problemas devido ao fenômeno da deformação permanente.

A análise é feita comparando-se a máxima deformação específica vertical de compressão (ϵ_v) atuante no topo do subleito, considerando-se um sistema de camadas elásticas, comparando-as com os valores admissíveis correspondentes ao material utilizado.

Nos pavimentos rodoviários onde o tráfego é canalizado, a deformação permanente em geral se manifesta nas chamadas trilhas de roda. Essa deformação devida ao cisalhamento é um dos fatores que precisa ser levado em conta no projeto racional de pavimentos, objetivando-se minimizar as deformações totais dos mesmos.



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

O modelo utilizado para o cálculo da deformação vertical admissível de compressão no topo da camada de subleito é o apresentado por Dormon:

$$N = 6,067 \times 10^{-10} \times \varepsilon_{v_{adm}}^{-4,762}$$

onde:

$\varepsilon_{v_{adm}}$ = deformação vertical admissível de compressão no topo da camada de subleito ($\times 10^{-4}$ cm/cm);

N = número "N" de solicitações do eixo simples padrão de 8,2 toneladas.

5.3. Análise da Estrutura Projetada para a Pista Principal

a) Parâmetros Adotados

Os parâmetros adotados na análise mecanicista são os valores convencionalmente utilizados em diversos órgãos rodoviários, constantes em diversas publicações técnicas.

Os materiais utilizados nas diversas camadas da estrutura do pavimento, seus respectivos módulos de elasticidade e coeficientes de Poisson, adotados para a análise mecanicista através do Programa Computacional ELSYM-5, acham-se indicados na Tabela 10.

Tabela 10: Parâmetros Adotados (ELSYM-5)		
CAMADA	MÓDULO DE ELASTICIDADE (E - kgf / cm ²)	COEFICIENTE DE POISSON (ν)
Concreto Asfáltico (CBUQ)	35.000	0,35
Solo Brita Tratada com Cimento (SBTC)	40.000	0,20
Solo Selecionado (CBR \geq 22,0%) (MR = 14 x ISC ^{0,7})	1.218	0,40
Subleito (CBR \geq 14,0%) Solos arenosos (MR = 14 x ISC ^{0,7})	888	0,40

b) Resultados Obtidos

Na Tabela 11 estão indicadas as posições para o cálculo da tensão de tração na fibra inferior da camada do revestimento asfáltico, bem como para o cálculo da deformação vertical no subleito e da deflexão recuperável do pavimento em relação ao ponto de aplicação da carga, além dos resultados obtidos através do Programa Computacional ELSYM-5. Considerando que será utilizada a mesma estrutura para todos os trechos devido aos resultados obtidos através da análise mecanicista, utilizou-se para efeito de cálculo os valores obtidos para o maior e para o menor CBR.



Camada	Posição			Resultados Obtidos			
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	σ_t (kgf/cm ²)	ϵ_t (cm/cm)	ϵ_v (cm/cm)	D ₀ (1/100 mm)
Revestimento Asfáltico	14,4	0	0,01	-	-	-	29,70
	0	0	4,99	-	compressão	-	-
Camada cimentada	14,4	0	24,99	5,16			
Topo do Subleito	14,4	0	40,01	-	-	2,40 x 10 ⁻⁴	-

c) Determinação dos Valores Admissíveis

- **Deslocamento Vertical na Superfície do Revestimento - Deflexão (D₀)**

Log Dadm = 3,148 - 0,188 x log N (Método da Resiliência – PRO269)

N_{USACE} = 4,15 x 10⁶ solicitações do eixo simples padrão de 8,2 toneladas

D_{adm} = 80,13 (1/100 mm)

- **Deformação Horizontal de Tração na Fibra Inferior do Revestimento (ϵ_t)**

Para análise da vida de fadiga do revestimento asfáltico utilizou-se o modelo da FHWA (N_{AASHTO})

$$N = 1,092 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_t} \right)^{3,512}$$

Substituindo o valor N = 4,15 x 10⁶, obtém-se:

Et = 0

O valor de ϵ_t obtido no Programa Elysym-5 é zero (0), devido à inexistência de tensões de tração na fibra inferior do concreto asfáltico.

- **Tensão Horizontal de tração na fibra inferior da Camada Cimentada (σ_t)**

As tensões obtidas na análise mecanicista, com o objetivo de analisar a vida de fadiga da camada de solo-cimento, quando sujeita à ação do tráfego, foram verificadas segundo equação proposta por Ceratti. (N -USACE), para solos de comportamento laterítico do tipo LA.

$$N = 10 \cdot \left(\frac{100SR - 94,76}{-2,5} \right) \quad \text{Onde:} \quad SR = \frac{\sigma_t \text{ atuante}}{\sigma_t \text{ admissível}}$$

Adotando: σ_t atuante = 0,80 x σ_t admissível (7,0 Kgf/cm²); tem-se:

N = 2,62 x 10⁸ solicitações do eixo simples padrão



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

O número "N" calculado ($2,62 \times 10^8$) é superior ao N estimado para o período de projeto de 10 anos em torno de $4,15 \times 10^6$ solicitações do eixo simples padrão de 8,2 toneladas.

• **Deformação Vertical de Compressão no Topo da Camada do Subleito (ϵ_v)**

$$N_{USACE} = 6,067 \times 10^{-10} \times \epsilon_v^{-4,762} \quad (\text{Dormon})$$

Substituindo o número previsto para o período de projeto $N_{USACE} = 4,15 \times 10^6$ solicitações do eixo simples padrão de 8,2 toneladas, obtém-se:

$$\epsilon_{v_{adm}} = 4,73 \times 10^{-4} \text{ cm/cm},$$

d) Considerações sobre a Estrutura Projetada para a Pista

Tabela 12: Parâmetros Avaliados		
Deslocamentos, Deformações e Tensões	Admissível	Solicitante
Do (10^{-2} mm)	80,13	29,70
ξ_t (cm/cm)	0	0
σ_t (kgf/cm ²)	5,6	5,16
ξ_v (10^{-4} cm/cm)	4,73	2,40

Verifica-se através dos resultados obtidos com o programa computacional Elsym-5 que as deformações vertical de compressão no topo e horizontal de tração na fibra inferior da camada asfáltica são inferiores as deformações admissíveis. A tensão de tração na camada cimentada ($\sigma_t = 5,16 \text{ kgf/cm}^2$) também é inferior a tensão admissível ($0,8 \times \sigma_t = 5,6 \text{ kgf/cm}^2$).

Portanto as estruturas de pavimento dimensionadas pela Instrução de Projeto IP-DE-P00/001 do DER/SP são suficientes para atender ao tráfego previsto ($N = 4,15 \times 10^6$ solicitações do eixo simples padrão de 8,2 toneladas) para o período de projeto de 10 anos.



6. SOLUÇÕES DE IMPLANTAÇÃO A SEREM ADOTADAS

6.1. Pista Principal

A Figura 04 ilustra a seção tipo da estrutura de pavimento a ser implantada na Estrada Vicinal PRP-138.

CBUQ - FAIXA III	5 cm
Base SBTC	20 cm
Reforço Subleito (CBR \geq 22%)	15 cm
Melhoria Subleito (CBR \geq 14%)	

Figura 04 – Seção Tipo do Pavimento

- OBS (1):** Os solos do subleito deverão ser escarificados, umedecidos e compactados na profundidade de 20,0 cm abaixo do greide preparado para receber o pavimento, na energia de no mínimo 100% do Proctor Intermediário;
- OBS (2):** Sempre que um segmento apresentar capacidade de suporte do subleito CBR_{SL} inferior ao valor do CBR_p=14% de Projeto e/ou expansão superior a 2,0%, deverá haver substituição de solos em toda a largura da plataforma por solos provenientes de caixas de empréstimos que tenham CBR superior ao preconizado no projeto;
- OBS (3):** A camada de base constituída por solo brita tratado com cimento (SBTC) deverá apresentar resistência a compressão simples aos 7 dia entre 2,8 a 4,5 MPa e Módulo de Resiliência (MR) superior a 40.000 kgf/cm².



7. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE MATERIAIS E SERVIÇOS

A execução dos serviços de pavimentação deverá seguir rigorosamente as instruções de execução e de materiais apresentadas nas especificações técnicas do DER/SP, e na sua inexistência poderão ser utilizadas as especificações do DERSA ou do DNIT, sem as quais estes dimensionamentos não terão validade.

DESIGNAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO (DER/SP – 2006)
Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), com Dop	ET-DE-P00/027
Pintura ligante	ET-DE-P00/020
Imprimadura impermeabilizante	ET-DE-P00/019
Solo Brita Tratado com Cimento (SC) Resistência Compressão Simples aos 7 dias $2,8 \text{ MPa} \leq R_{cs} \leq 4,5 \text{ MPa}$	ET-DE-P00/007
Reforço do Subleito $\text{CBR} > 20\%$	ET-DE-P00/002
Melhoria e preparo do Subleito	ET-DE-P00/001



SECRETARIA DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM

CÓDIGO	MC-PRP000138-000.024-000-P05/001	REV.	A
EMIÇÃO	25 de Fevereiro de 2010	FOLHA	23 de 26
EMITENTE	Consórcio LENC-GTP		

DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

ANEXOS

RESULTADOS OBTIDOS ELSYM-5



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

VERIFICAÇÃO MECANICISTA – ESTRADA VICINAL PRP– 138 –Rinópolis – Parapuã - Bastos

ELSYM5 3/72 - 3, SISTEMA ELASTICO DE CAMADAS DE UMA A DEZ CARGAS NORMAIS CIRCULARES UNIFORMES IDENTICAS

ELASTIC SYSTEM -

ELASTIC POISSONS

LAYER	MODULUS	RATIO	THICKNESS
1	35000.	.300	5.000 IN
2	40000.	.200	20.000 IN
3	1218.	.400	15.000 IN
4	888.	.400	SEMI-INFINITE

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 2050.00 LBS
LOAD STRESS.... 5.60 PSI
LOAD RADIUS.... 10.79 IN

LOCATED AT
LOAD X Y
1 .000 .000
2 28.800 .000

RESULTS REQUESTED FOR SYSTEM LOCATION(S)

DEPTH(S)
Z= .01 4.99 24.99 40.01

X-Y POINT(S)
X Y
.00 .00
14.40 .00

Z= .01 LAYER NO, 1

X Y
.00 .00
14.40 .00

NORMAL STRESSES

SXX -.7352E+01 -.2620E+01
SYY -.8128E+01 -.5246E+01
SZZ -.5628E+01 -.1041E+00

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00
SXZ .9083E-03 .0000E+00
SYZ .0000E+00 .0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 -.5628E+01 -.1041E+00
PS 2 -.7352E+01 -.2620E+01
PS 3 -.8128E+01 -.5246E+01

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .1250E+01 .2571E+01
PSS 2 .8621E+00 .1258E+01
PSS 3 .3883E+00 .1313E+01

DISPLACEMENTS

UX .1110E-02 .0000E+00
UY .0000E+00 .0000E+00
UZ .2974E-01 .2914E-01

NORMAL STRAINS

EXX -.9214E-04 -.2898E-04
EYY -.1210E-03 -.1265E-03
EZZ -.2810E-04 .6445E-04

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00
EXZ .6748E-07 .0000E+00
EYZ .0000E+00 .0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 -.2810E-04 .6445E-04
PE 2 -.9214E-04 -.2898E-04
PE 3 -.1210E-03 -.1265E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .9289E-04 .1910E-03
PSE 2 .6404E-04 .9343E-04
PSE 3 .2885E-04 .9757E-04

Z= 4.99 LAYER NO, 1

X Y
.00 .00
14.40 .00



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

NORMAL STRESSES

SXX -.3846E+01 -.3752E+01
SYY -.4180E+01 -.3105E+01
SZZ -.5042E+01 -.1036E+01

Z= 24.99 LAYER NO, 2

X Y
.00 .00
14.40 .00

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00
SXZ .3001E+00 .0000E+00
SYZ .0000E+00 .0000E+00

NORMAL STRESSES

SXX .3845E+01 .3903E+01
SYY .4859E+01 .5164E+01
SZZ -.3251E+00 -.3398E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 -.3775E+01 -.1036E+01
PS 2 -.4180E+01 -.3105E+01
PS 3 -.5113E+01 -.3752E+01

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00
SXZ .4792E-01 .0000E+00
SYZ .0000E+00 .0000E+00

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .6690E+00 .1358E+01
PSS 2 .2024E+00 .1035E+01
PSS 3 .4665E+00 .3234E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 .4859E+01 .5164E+01
PS 2 .3845E+01 .3903E+01
PS 3 -.3257E+00 -.3398E+00

DISPLACEMENTS

UX .6275E-03 .0000E+00
UY .0000E+00 .0000E+00
UZ .2946E-01 .2943E-01

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .2592E+01 .2752E+01
PSS 2 .5066E+00 .6301E+00
PSS 3 .2086E+01 .2122E+01

NORMAL STRAINS

EXX -.3085E-04 -.7171E-04
EYY -.4324E-04 -.4768E-04
EZZ -.7526E-04 .2918E-04

DISPLACEMENTS

UX -.1078E-02 .0000E+00
UY .0000E+00 .0000E+00
UZ .2823E-01 .2881E-01

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00
EXZ .2230E-04 .0000E+00
EYZ .0000E+00 .0000E+00

NORMAL STRAINS

EXX .7346E-04 .7346E-04
EYY .1039E-03 .1113E-03
EZZ -.5165E-04 -.5383E-04

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 -.2821E-04 .2918E-04
PE 2 -.4324E-04 -.4768E-04
PE 3 -.7790E-04 -.7171E-04

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00
EXZ .2875E-05 .0000E+00
EYZ .0000E+00 .0000E+00

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .4969E-04 .1009E-03
PSE 2 .1504E-04 .7687E-04
PSE 3 .3466E-04 .2403E-04

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .1039E-03 .1113E-03
PE 2 .7347E-04 .7346E-04
PE 3 -.5166E-04 -.5383E-04



DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Consórcio LENC-GTP

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .1555E-03 .1651E-03
PSE 2 .3040E-04 .3781E-04
PSE 3 .1251E-03 .1273E-03

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .8833E-04 .9439E-04
PE 2 .7735E-04 .8055E-04
PE 3 -.2283E-03 -.2400E-03

Z= 40.01 LAYER NO, 4

X Y
.00 .00
14.40 .00

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .3167E-03 .3344E-03
PSE 2 .1098E-04 .1384E-04
PSE 3 .3057E-03 .3205E-03

NORMAL STRESSES

SXX -.3454E-01 -.3139E-01
SYY -.2344E-01 -.2261E-01
SZZ -.2202E+00 -.2347E+00

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00
SXZ .2802E-01 .0000E+00
SYZ .0000E+00 .0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 -.2344E-01 -.2261E-01
PS 2 -.3041E-01 -.3139E-01
PS 3 -.2243E+00 -.2347E+00

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .1004E+00 .1060E+00
PSS 2 .3482E-02 .4390E-02
PSS 3 .9694E-01 .1016E+00

DISPLACEMENTS

UX -.1118E-02 .0000E+00
UY .0000E+00 .0000E+00
UZ .2508E-01 .2542E-01

NORMAL STRAINS

EXX .7083E-04 .8055E-04
EYY .8833E-04 .9439E-04
EZZ -.2218E-03 -.2400E-03

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00
EXZ .8834E-04 .0000E+00
EYZ .0000E+00 .0000E+00