

Dimensionamento de Pavimentos Rígidos Interpretação e Análise de Resultados Listagem

Érico da Veiga Pessoa *

RESUMO

O autor faz uma apresentação sucinta do dimensionamento de pavimentos rígidos. Tendo em vista as limitações de apresentação, estão resumidos, no quadro V, todos os resultados obtidos.

Bibliografia:

- CAMINOS - Circulación - Trazado - Construcción Roger Coquand
- HIGHWAY ENGINEERING C. A. O'Flaherty
- PAVIMENTAÇÃO Cyro Nogueira Baptista

INTRODUÇÃO:

O presente trabalho pretende mostrar que o "período de projeto" influi, pouquíssimo, na espessura do pavimento. Procuramos também mostrar os fatores que mais influem no dimensionamento do pavimento, determinando a sua maior ou menor espessura.

O dimensionamento dos pavimentos resultou dos valores de:

- período de projeto
- tráfego atual diário numa "faixa"
- frequência
- taxa de crescimento anual
- CBR do sub-leito
- resistência à tração na flexão do concreto

MEMÓRIA DESCRITIVA (PROJETO 4)

1. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO:

COLUNA 1:

Carga por Eixo - Dados do Projeto.

COLUNA 2:

Obtida multiplicando-se a média aritmética da Coluna 1 por um coeficiente de Majoração Dinâmica igual a 1,2.

COLUNA 3:

Frequência - Dados do Projeto.

COLUNA 4:

Resultou da multiplicação da frequência (Coluna 3),

QUADRO IV - DIMENSIONAMENTO (PROJETO-4)

CARGAS EM T	MAJORAÇÃO DINÂMICA (1,2)	FREQUÊNCIA	MÉDIA DIÁRIA EM UMA DIREÇÃO	REPETIÇÕES DURANTE O PERÍODO DE PROJETO	ACUMULAÇÃO DE CARGAS A PARTIR DAS MAIS ELEAVADAS	COEFICIENTE DE FADIGA	TENSÃO ADMISSÍVEL DE TRACÇÃO NA FLEXÃO	ESPESURA EM CM	VERIFICAÇÃO PARA A ESPESURA DE 20cm (7,88")	% DE SEGURANÇA A FAZIDA PARA CADA GRUPO	VERIFICAÇÃO PARA A ESPESURA DE 21cm (8,27")	% DE SEGURANÇA A FAZIDA PARA CADA GRUPO	VERIFICAÇÃO PARA A ESPESURA DE 21,3cm (8,4")	% DE SEGURANÇA A FAZIDA PARA CADA GRUPO	VERIFICAÇÃO PARA A ESPESURA DE 21,3cm (8,4")	% DE SEGURANÇA A FAZIDA PARA CADA GRUPO									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
< 2,1	-	28,3	4,93,0	5.425.000	18.788.800	0,500	22,3	-	< 22,3	0,500	LIMITADO	-	< 22,3	0,500	LIMITADO	-	< 22,3	0,500	LIMITADO	-	< 22,3	0,500	LIMITADO	-	-
2,4	3,6	23,6	4,13,0	4.320.000	13.383.600	0,500	22,3	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	-
4,6	6,0	9,3	1,63,0	1.783.000	8.843.600	0,500	22,3	12,2	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	-
6,8	8,4	14,4	3,54,0	3.803.000	7.058.800	0,500	22,3	14,7	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	-
8,10	10,6	1,9	1,33,0	3.680.000	4.293.800	0,500	22,3	17,0	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	-
10-12	13,2	1,2	2,10	23.000	593.800	0,500	22,3	19,8	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	-
11-14	15,6	1,3	2,6,2	287.000	363.800	0,526	23,6	20,6	24,8	0,530	130.000	221,00	23,0	0,511	390.000	73,20	22,3	0,500	"	-	< 22,3	0,500	"	-	-
14-16	18,0	0,4	7,0	78.600	78.600	0,568	25,6	21,0	27,5	0,612	22800	336,00	25,0	0,586	82.000	93,40	25,0	0,558	112.000	68,3	23,3	0,568	92.000	93,30	
18-20	22,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22-24	27,6	0,2	3,5	38.300	38.300	0,593	26,6	19,8	24,2	0,578	58600	44,40	24,5	0,545	129.000	24,30	24,0	0,534	216.000	17,7	24,2	0,538	192.000	19,30	

* Érico da Veiga Pessoa, Prof. Colaborador da Univ. de Fortaleza.

por volume médio diário de tráfego durante o período do projeto.

$V_0 = 1.000$ (tráfego atual diário num sentido numa faixa)

$P = 30$ anos (Período de Projeto)

$t = 5\%$ (taxa de crescimento anual)

$$V_m = \frac{V_0 (2 + Pt)}{2} = 1.750$$

COLUNA 5:

Obtida multiplicando-se 365 por P, e por cada valor respectivo da Coluna 4.

COLUNA 6:

Acumuladas de todas as cargas.

COLUNA 7:

Coefficiente de fadiga.

> 400.000 repetições \Rightarrow 0,500

< 400.000 repetições \Rightarrow obtido através do Quadro II (interpolando-se quando necessário).

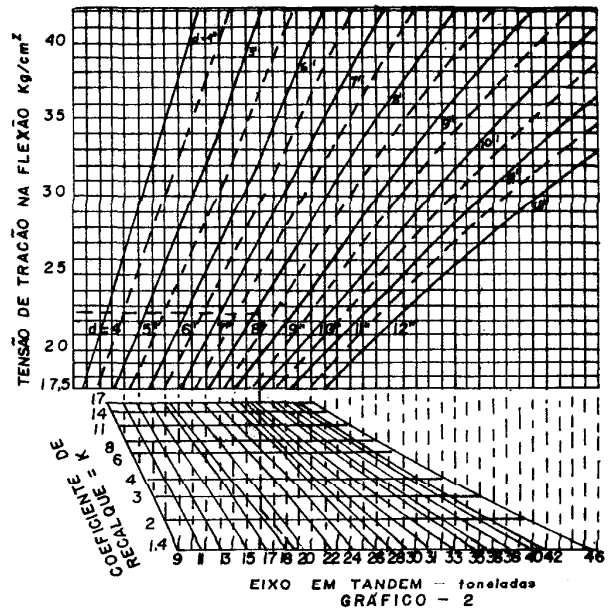
COLUNA 8:

Obtida multiplicando-se os valores da Coluna 7 por 45 (ftk)

COLUNA 9:

Espessura do pavimento em (cm)

Obtida através do ÁBACO de tripla entrada (para eixo simples e eixo em tandem).



VALORES DE K PARA DIMENSIONAMENTO SOBRE SUB-BASE DE SOLO-GIMENTO		
SUB-LEITO DE $K = (100 \text{ Pci}) 2,6 \text{ Kg/cm}^3$		
10 cm (4")	8,4 Kg/cm ³ (300 Pci)	
2,5 cm (1")	12,6 Kg/cm ³ (450 Pci)	
15 cm (6")	10,4 Kg/cm ³ (380 Pci)	

QUADRO I

COEFICIENTE DE FADIGA	REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS DE FADIGA	COEFICIENTE DE FADIGA	REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS
0,51	400.000	0,60	32.000
0,52	30.000	0,61	24.000
0,53	24.000	0,62	18.000
0,54	18.000	0,65	8.000
0,55	13.000	0,70	2.000
0,56	10.000	0,75	490
0,57	7.000	0,80	120
0,58	5.700	0,85	35
0,59	42.000		

QUADRO II

*As colunas que se seguem, dizem respeito à verificação para uma determinada espessura, que é escolhida entre as maiores (Coluna 9). Nessas colunas procedeu-se de maneira inversa, isto é, com a dimensão do pavimento, o valor de β , ($\beta = 6$), e os valores da Coluna 2, entrou-se no ÁBACO de EIXO SIMPLES ou de EIXO em TANDEM conforme seja o caso. Assim, obteve-se a tensão relativa à tração na flexão. ()

A espessura que satisfaz o problema foi 21,3 cm, pois a percentagem de segurança ficou completamente compreendida entre 100 e 120% (113,40%).

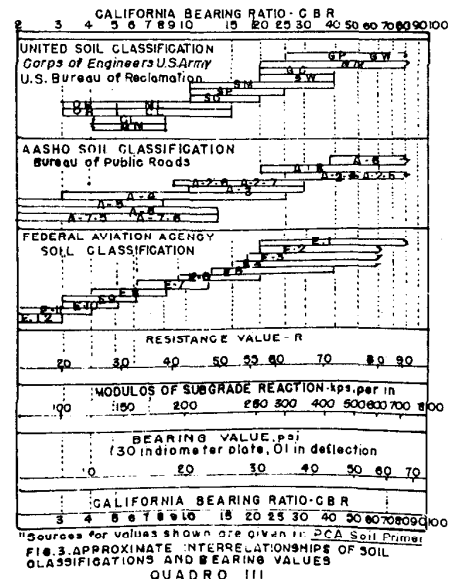
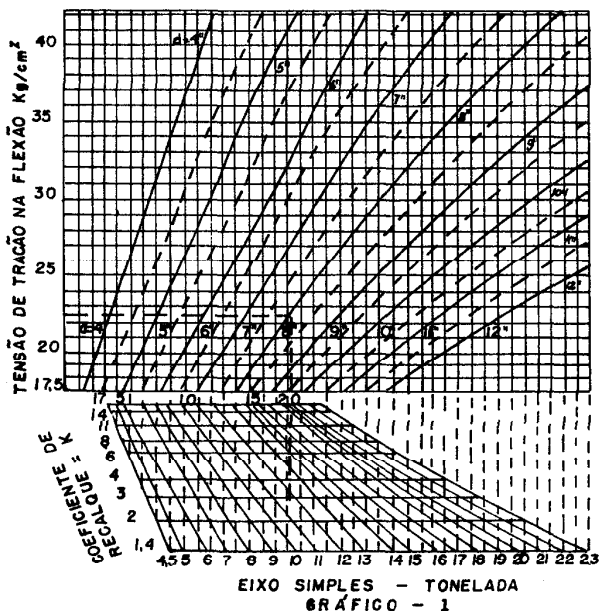


FIG. 3. APPROXIMATE INTERRELATIONSHIPS OF SOIL CLASSIFICATIONS AND BEARING VALUES

QUADRO III

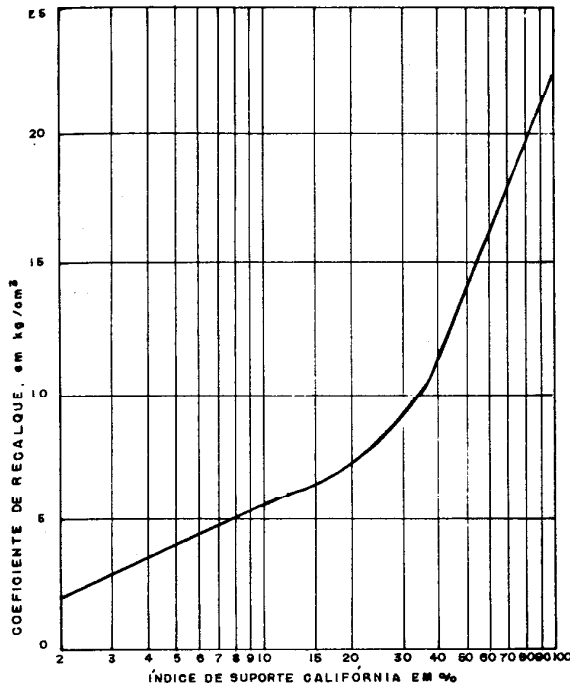


GRÁFICO - 3

2. DIMENSIONAMENTO DAS JUNTAS:

O dimensionamento das juntas resultou dos valores

de:

$E = 28 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$

$f_{yk} = 1.900 \text{ Kg/cm}^2$

$\gamma = 0,15 \text{ (POISSON)}$

$\tau_a = 14 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (tensão admissível de aderência)}$

$\mu = 2 \text{ (atrito)}$

abertura das juntas $\left\{ \begin{array}{l} \text{construção} = 3 \text{ cm} \\ \text{dilatação} = 2 \text{ cm} \\ \text{contração} = 2 \text{ cm} \end{array} \right.$

largura $\left\{ \begin{array}{l} \text{pista} = 7,0 \text{ m} \\ \text{máquina pavimentadora} = 3,5 \text{ m} \end{array} \right.$

*O entrosamento entre os agregados ao longo das juntas de contração não é suficiente para a total transmissão de carga.

2.1. JUNTA DE ARTICULAÇÃO

H = Força de atrito

B = lagura da placa = 3,5 m

g = peso por m² de placa

$\mu = \text{coeficiente de atrito} = 2,0$

$H = \mu \cdot B \cdot l \cdot g$

$g = \gamma \cdot h \cdot 1 = 2.400 \times 0,213 = 512,00 \text{ Kg/m}^2$

$H = 2,0 \times 3,5 \times 1 \times 512,0 = 3.580 \text{ Kg}$

a) Secção de ferragem por metro de junta:

$S_f = \frac{H}{f_{yk}} = \frac{3.580}{1.900} = 1,89 \text{ cm}^2$

$S'_f = S_f \times 0,7 = 1,32 \text{ cm}^2 \phi \text{ } 3/8'' \text{ (1,43 cm}^2\text{)}$

$\delta a = \frac{1,32}{1,43} \times 1.900 = 1755$

b) Comprimento do ligador (Cp)

$C_p = \frac{2 \times S_f \times \delta a}{\delta a \times P} = \frac{2 \times 1,43 \times 1.755}{14 \times 2,99} = \frac{5.020}{41,8} = 120 \text{ cm}$

$\delta a = \text{Tensão admissível de aderência} = 14 \text{ Kg/cm}^2.$

P = Perímetro do Ferro

$\phi \text{ } 3/8'' \rightarrow \text{sendo } 1,20\text{m o comprimento dos ferros, tem-se, } 60\text{cm para cada lado.}$

2.2. JUNTA DE CONTRAÇÃO:

a) Raio de Rigidez relativo:

$E = 28 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$

$\gamma = 0,15 \text{ (POISSON)}$

$d = 21,3 \text{ cm}$

$\beta = 6 \text{ (gráfico)}$

$L = 4 \sqrt{\frac{E \cdot d^3}{12(1 + \gamma^2)}} = 79 \text{ cm}$

b) Comprimento do espaçador:

$1,80 \times L = 1,80 \times 79 = 142 \text{ cm}$

c) Transferência de carga:

$x = 0,20 \text{ cm}$

$\phi = 1'' \text{ (adotado)}$

Gráfico 3 $\rightarrow c_p = 63 \text{ cm}$ (comprimento do passador)

$x = 0,20 \text{ cm}$

$\phi = 1'' \text{ (adotado) Gráfico 4 } \rightarrow t = 1125 \text{ Kg}$

t = capacidade de transferência de um passador isolado.

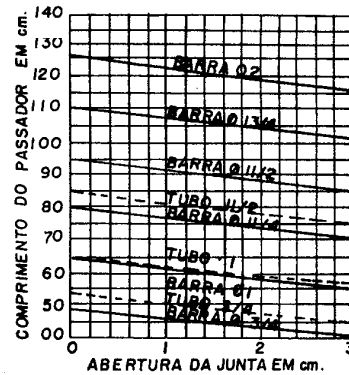


GRÁFICO - 3

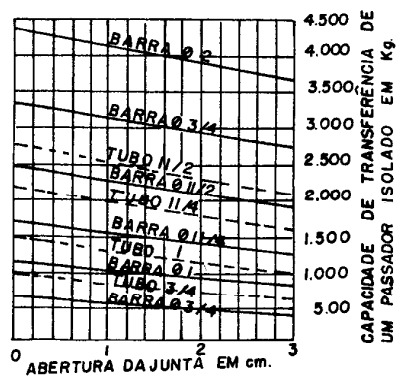
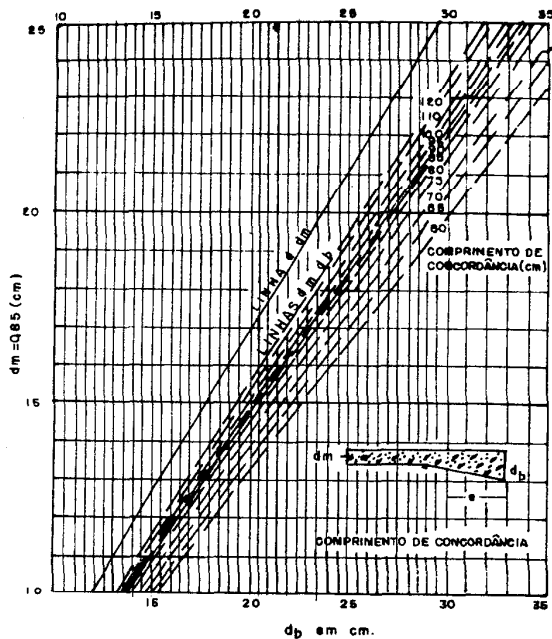


GRÁFICO - 4

TRANSPARÊNCIA DE CARGA DO SISTEMA:

$T_1 = t \left[1 + n - \frac{n(n+1)y}{3,6 L} \right]$ (carga sobre o passador mais próximo do bordo)



DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO | COMPRIMENTO DE CONCORDÂNCIA

GRÁFICO - 6

$$T_2 = t \left[1 + 2n - \frac{n(n+1)y}{1,8L} \right] \text{ (carga situada a mais de } 1,8\text{m do bordo livre)}$$

$$n = \frac{1,8L}{Y} \Rightarrow 1,8L = 142\text{cm}$$

Para $Y = 30\text{cm}$ $n = \frac{142}{30} = 4,73$

$$T_1 = 1.125 \left[5,73 - \frac{27,1 \times 30}{284} \right] = 3.230$$

$$T_1 = 3.230 > 20\% \times 9.000 > 1.800$$

$$T_2 = 1.125 \left[10,46 - \frac{27,1 \times 30}{142} \right] = 5.300$$

$$T_2 \cong 50\% \times 9000 \cong 4.500 \text{ (NÃO SATISFAZ)}$$

Para $Y = 32\text{cm}$ $n = \frac{142}{32} = 4,44$

$$T_1 = 1.125 \left[5,44 - \frac{4,44 \times 5,44 \times 32}{284} \right] =$$

$$= 3.060 > 1.800$$

$$T_2 = 1.125 \left[9,88 - \frac{4,44 \times 5,44 \times 32}{142} \right] =$$

$$= 4.990 \cong 4.500 \text{ (NÃO SATISFAZ)}$$

Para $Y = 34\text{cm}$ $n = \frac{142}{34} = 4,18$

$$T_1 = 1.125 \left[5,18 - \frac{4,18 \times 5,18 \times 34}{284} \right] =$$

$$= 2.900 > 1.800$$

$$T_2 = 1.125 \left[9,36 - \frac{4,18 \times 5,18 \times 34}{142} \right] =$$

$$= 4.700 \cong 4.500 \text{ (NÃO SATISFAZ)}$$

Para $Y = 35\text{cm}$ $n = \frac{142}{35} = 4,06$

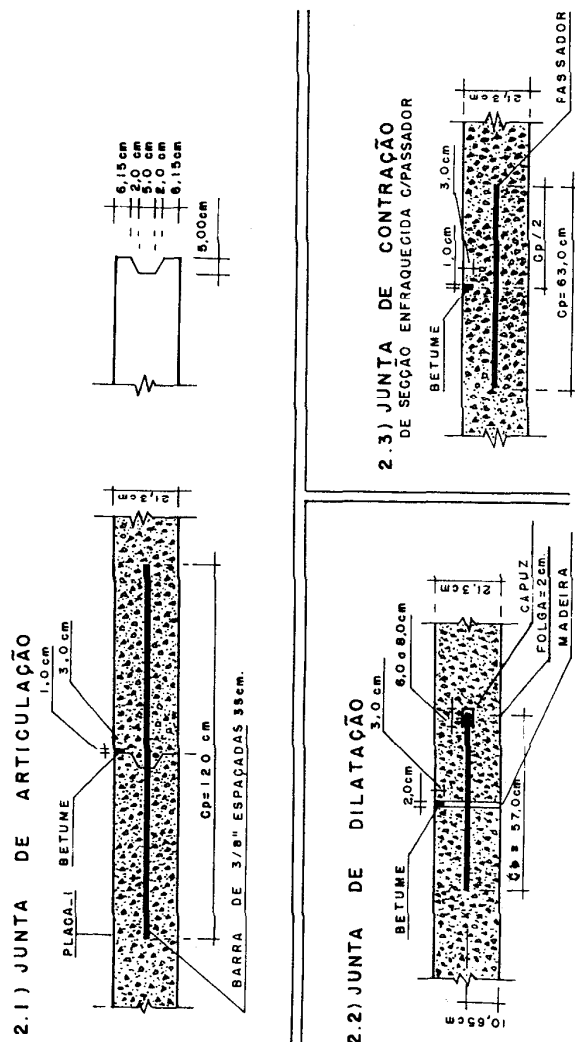
$$T_1 = 1.125 \left[5,06 - \frac{4,06 \times 5,06 \times 35}{284} \right] =$$

$$= 2.850 > 1.800$$

$$T_2 = 1.125 \left[9,12 - \frac{4,06 \times 5,06 \times 35}{142} \right] =$$

$$= 4.570 \cong 4.500 \text{ (SATISFAZ)}$$

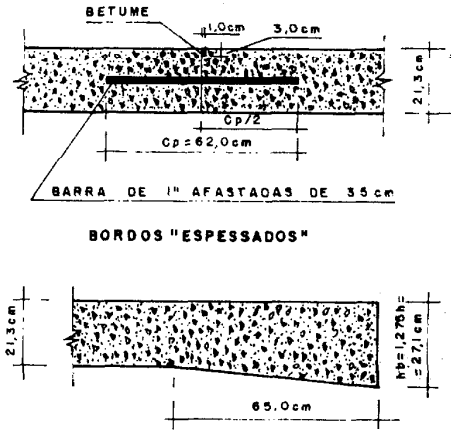
DETALHE DAS JUNTAS



2-3 JUNTA DE CONSTRUÇÃO:

$L = 79\text{cm}$ $1,8 \times L = 142\text{cm}$
 $x = 0,30\text{cm}$
 $\phi = 1''$ (adotado) Gráfico (3) $\rightarrow cp = 62\text{cm}$
 $x = 0,30\text{cm}$
 $\phi = 1''$ (adotado) Gráfico (4) $\rightarrow t = 1.100$

2.4) JUNTA DE CONSTRUÇÃO



Para Y = 35cm $n = \frac{142}{35} = 4,06$

$T_1 = 1.100 [5,06^2 - 4,06 \times 5,06 \times 35] =$

$= 2.780 > 1.800$

$T_2 = 1.100 [9,12 - \frac{4,06 \times 5,06 \times 35}{142}] = 4.470$

$2.780 > 20\% \times 9.000$ (SATISFAZ)

2-4 JUNTA DE DILATAÇÃO

$x = 2,0$ cm
 $\phi = 1$ " (adotado) Gráfico (3) $\rightarrow cp = 57$ cm

$x = 2,0$ cm
 $\phi = 1$ " (adotado) Gráfico (4) $\rightarrow t = 870$ Kg

Para Y = 27 cm $n = \frac{142}{27} = 5,26$

$T_1 = 870 [6,26^2 - 5,26 \times 6,26 \times 27] =$

$= 2720 > 20\% \times 9000$

$T_2 = 870 [11,52 - 5,26 \times 6,26 \times 27] =$

$= 4560 \approx 50\% \times 9000$ (SATISFAZ)

3. INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 TOMAMOS O PROJETO 1 COMO TERMO DE COMPARAÇÃO

a) Com relação ao Projeto 2: Notou-se um aumento de 1,7cm na espessura do pavimento. A razão deste aumento foi a ocorrência de uma baixa de 12% para 5% no CBR do sub-leito; o que provocou uma diminuição no valor de 6 para 4.

b) Com relação ao Projeto 3: Constatou-se um aumento de 0,60 cm na espessura do pavimento, aumento este provocado pela diminuição da resistência do Concreto 28. O enfraquecimento da resistência do concreto dependeu, talvez, de uma dosagem mal feita ou da qualidade inferior dos materiais constituinte do concreto.

c) Com relação ao Projeto 4: Observou-se que não houve variação na espessura do

pavimento, apesar de, no Projeto 4, o "período do projeto" ser de 30 anos, 10 anos menos que no Projeto 1.

- d) Com relação ao Projeto 5: Notou-se um pequeno acréscimo, da ordem de 0,2cm, na espessura do pavimento, motivado pelo aumento da taxa de crescimento anual de 5% para 10%.
- e) Com relação ao Projeto 6: Percebeu-se uma diminuição na espessura do pavimento da ordem de 0,6cm, diminuição esta causada pelo emprego de uma base de solo-cimento, que provocou um aumento no coeficiente de recalque, de 6 para 8,4.

3.2 TOMAMOS O PROJETO 2 COMO TERMO DE COMPARAÇÃO:

a) Com relação ao Projeto 3: Verificou-se um acréscimo de 0,6cm na espessura do pavimento.

1) Aumento do CBR do sub-leito de 5% para 12% acarretando um acréscimo no valor do coeficiente do recalque β , de 4 para 6.

2) Enfraquecimento da resistência do concreto de 45 para 40 Kg/cm².

Nesta comparação nota-se que o fator que mais influi no dimensionamento do pavimento é a resistência à tração do concreto.

b) Com relação ao Projeto 4:

Notou-se uma diminuição da ordem de 1,7 cm na espessura do pavimento. Isto, em consequência do aumento do valor do coeficiente de recalque β , de 4 para 6, que decorreu do aumento do CBR do sub-leito de 5% para 12%, já que ficou patente, que o "período do Projeto" influi, pouquíssimo, na espessura do pavimento.

c) Com relação ao Projeto 5:

Verificou-se que houve uma diminuição da espessura do pavimento da ordem de 1,5cm. Deveu-se esta diminuição ao fato de ter havido uma melhora no CBR do sub-leito de 5% para 12%, o que ocasionou um aumento de β (coeficiente de recalque), de 4 para 6.

Houve ainda um aumento na taxa de crescimento anual de 5% para 10%, o que concorreu para que, a diminuição da espessura do pavimento fosse apenas 1,5 cm. Este decréscimo poderia ter sido maior, se a taxa para o projeto 5, também fosse 5%.

d) Com relação ao Projeto 6:

Houve uma diminuição na espessura do pavimento, da ordem de 2,3cm. A causa disto foi o emprego, no Projeto 6, de solo-cimento, o que acarretou considerável aumento no suporte do sub-leito.

Foram estas as considerações mais notáveis, relativas ao conteúdo do presente trabalho.

QUADRO V - RESULTADO DOS 6 PROJETOS

Projeto	1	2	3	4	5	6
Tráfego	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Taxa de Cres. Anual	5%	5%	5%	5%	10%	10%
CBR	12%	5%	12%	12%	12%	Solo cimento
β	6	4	6	6	6	8,4
ftk 28	45	45	40	45	45	45
Ep/100	40	40	40	30	40	40
Espessura "d"	21,3	23,0	23,6	21,3	21,5	20,7