

PAVIMENTAÇÃO



DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS RIGIDOS – PCA 84

Prof. John Kennedy Guedes Rodrigues



MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

▼ PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

PCA → 1984

**▼ AMERICAN ASSOCIATION OF STATE
HIGHWAY AND TRANSPORTATION
OFFICIALS**

ASSHTO → 1993



DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

- ▼ **FUNDAÇÃO**
- ▼ **TRÁFEGO**
- ▼ **CONCRETO**



DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

- ▼ **FUNDAÇÃO** → **CBR & K**
- ▼ **TRÁFEGO** → **CONTAGEM E CLASSIFICAÇÃO**
- ▼ **CONCRETO** → **RESISTÊNCIA**

PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS (Método PCA/84)

- ▼ **ESTUDOS TEÓRICOS**
- ▼ **ENSAIOS DE LABORATÓRIO**
- ▼ **PISTAS EXPERIMENTAIS**
- ▼ **PAVIMENTOS EM SERVIÇO**

FUNDAÇÃO

- ▼ **WESTERGAARD (1925):
Fundação WINKLERIANA**
- ▼ **TEORIA DO LÍQUIDO DENSO:
deslocamento diretamente
proporcional à pressão exercida**

$$p = k \times d$$

$$k = \frac{p}{d}$$

FUNDAÇÃO

- ▼ **k = coeficiente de recalque**
 - **provas de carga**
 - **define a qualidade de suporte do subleito**

- ▼ **para efeito de projeto, relacionamos k com o CBR**



PROVA DE CARGA SOBRE PLACA

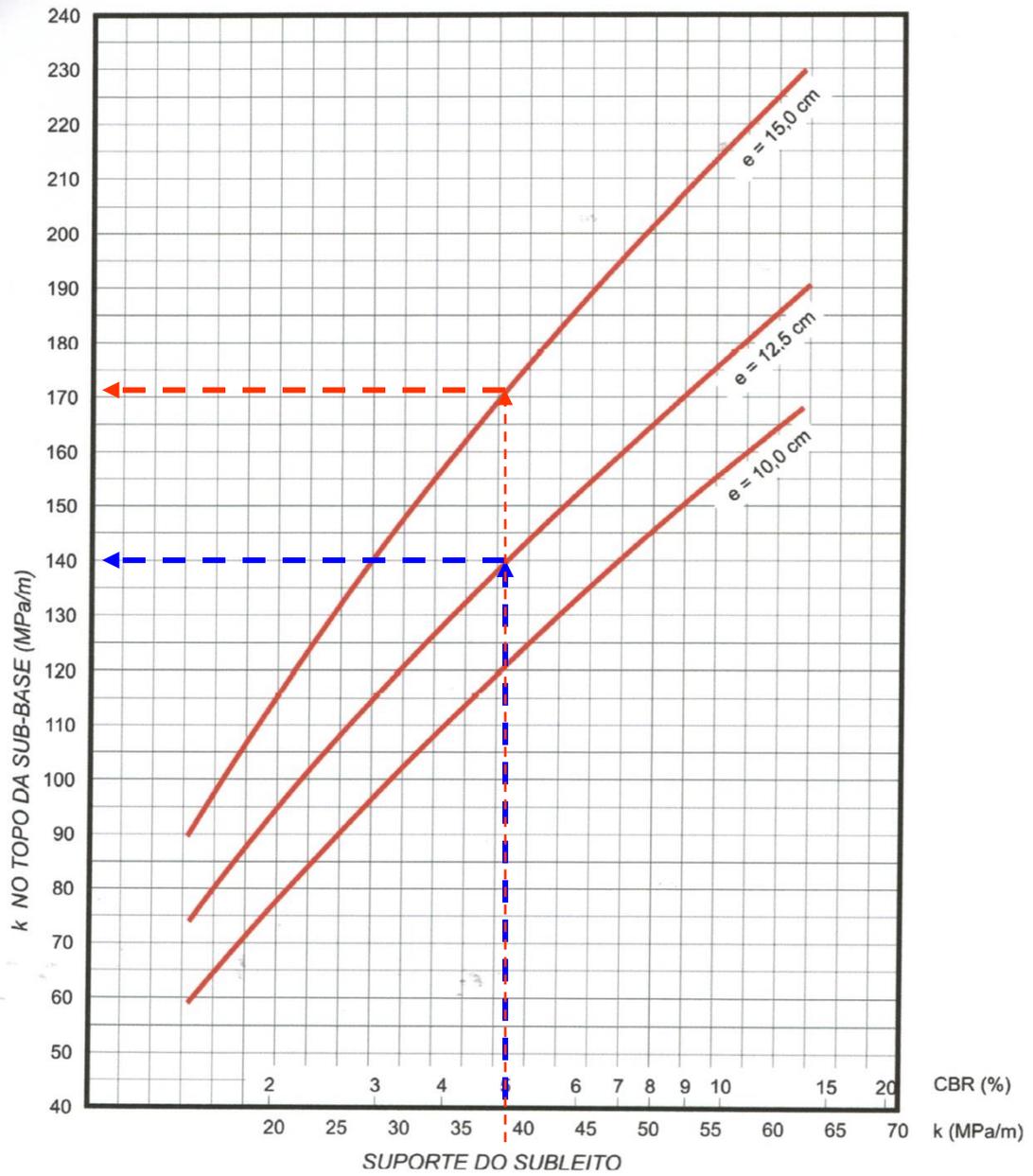


SUBLEITO - RELAÇÃO k x CBR (camada de espessura semi-infinita)

CBR (%)	k (MPa/m)
4	30
5	34
6	38
8	44
10	49

PAVIMENTO RÍGIDO

“Aumento de K em função da presença de sub-base de concreto rolado”

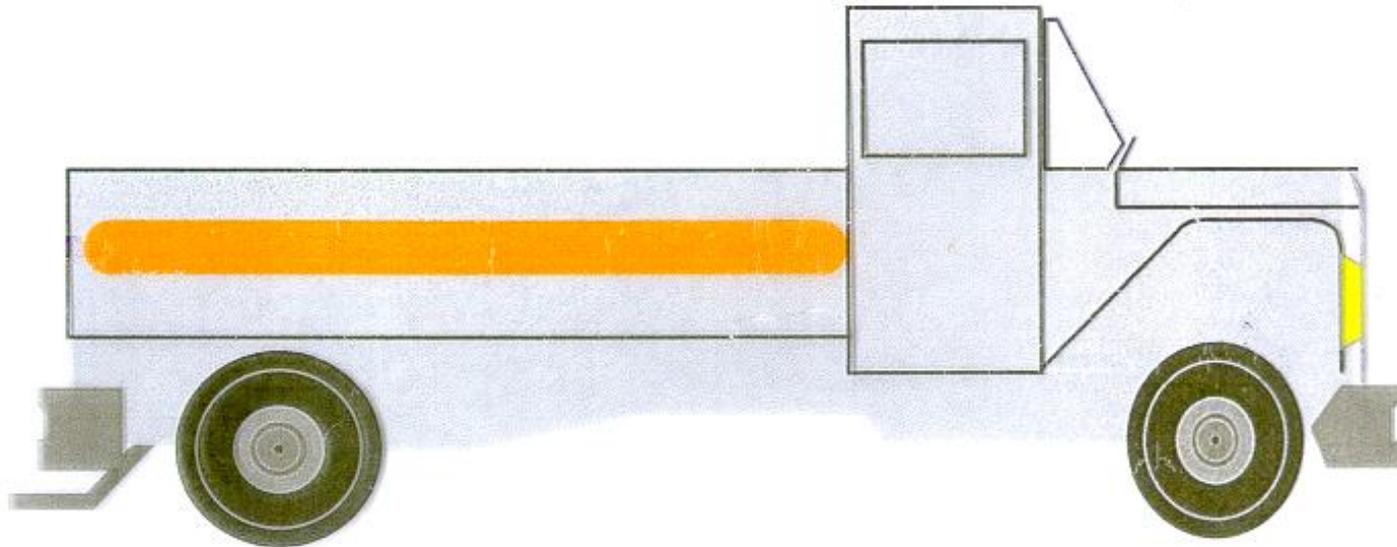


TRÁFEGO - VEÍCULOS DE LINHA

- ▼ **Caminhões Médios**
- ▼ **Caminhões Pesados**
- ▼ **Reboques**
- ▼ **Ônibus**

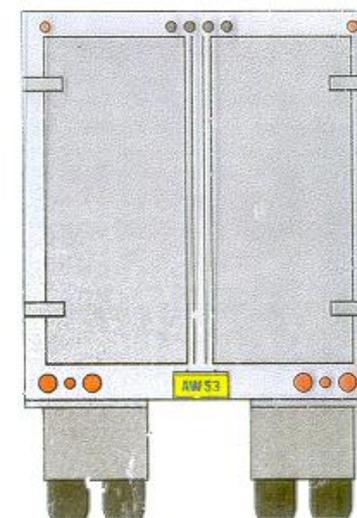
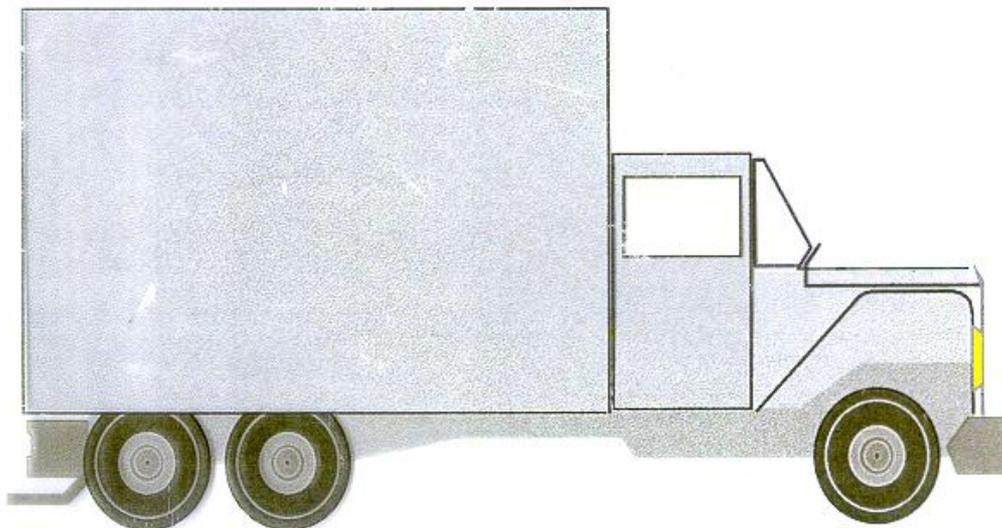
TRÁFEGO - VEÍCULOS DE LINHA

▼ CAMINHÕES MÉDIOS



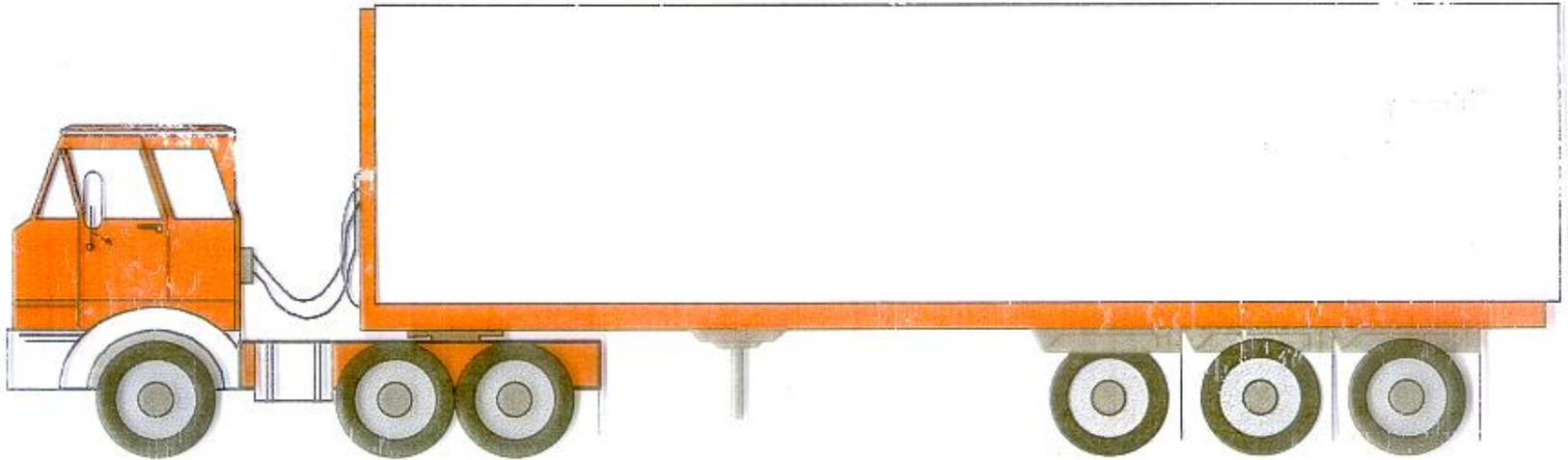
TRÁFEGO - VEÍCULOS DE LINHA

▼ CAMINHÕES PESADOS



TRÁFEGO - VEÍCULOS DE LINHA

▼ REBOQUES



CONCRETO

- ▼ A resistência mecânica a ser especificada no projeto deve ser a de tração na flexão ($f_{ct,f,k}$)
- ▼ Geralmente adota-se:

$$F_{ct,f,k} = 4,5 \text{ MPa}$$



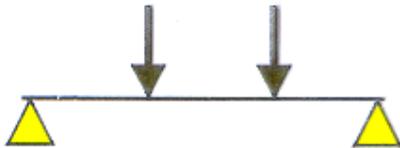
CONCRETO - MEDIDAS
DE TRAÇÃO NA FLEXÃO



BALANÇO



CENTRAL



**TERÇO MÉDIO
(DOIS CUTELOS)**

CONCRETO - MEDIDAS DE TRAÇÃO NA FLEXÃO

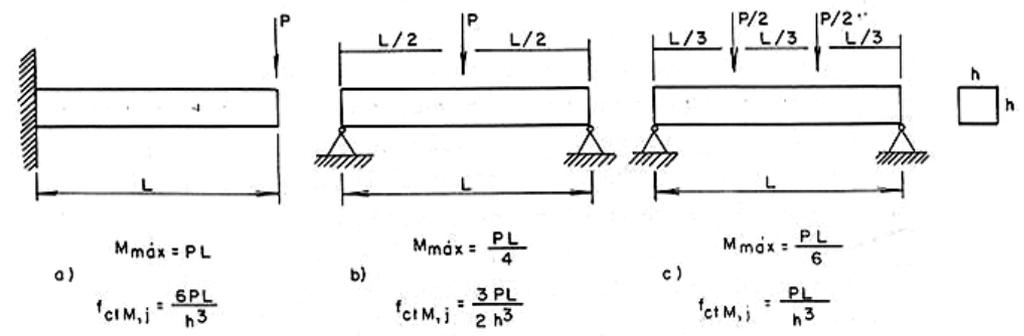
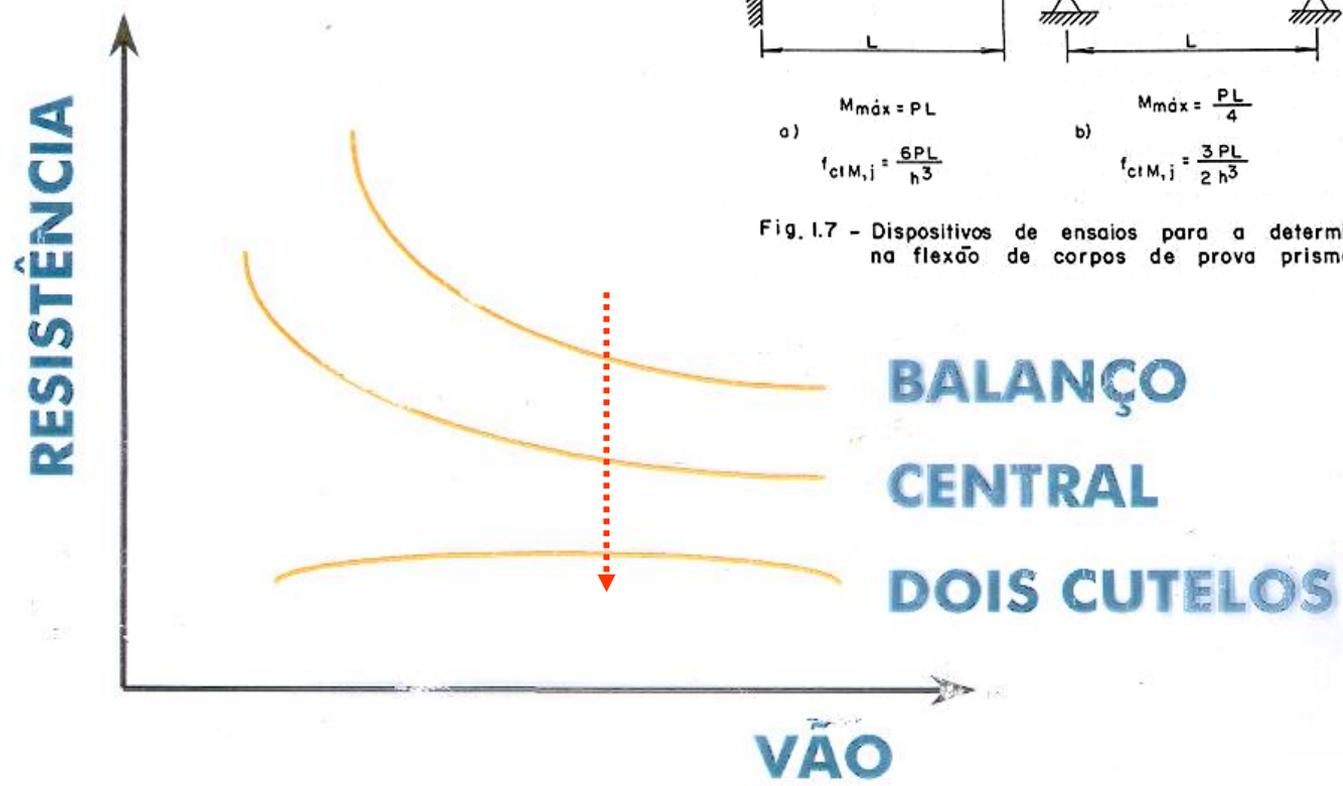


Fig. 1.7 - Dispositivos de ensaios para a determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos



OUTROS PARÂMETROS

- ▼ **MODELOS DE COMPORTAMENTO**
- ▼ **PERÍODO DE PROJETO: 20 anos**
- ▼ **FATORES DE SEGURANÇA PARA CARGAS:**

Leve	→	1,0
Médio	→	1,1
Pesado	→	1,2
Condições especiais	→	1,3

SUB-BASES

- ▼ **Dar suporte uniforme e constante**
- ▼ **Evitar bombeamento**
- ▼ **Controlar as variações volumétricas do subleito**
- ▼ **Aumentar o suporte da fundação**

FUNDAÇÃO - AUMENTO DE k PROPORCIONADO POR SUB-BASE DE CR

CBR_{subl} (%)	k_{subl} (MPa/m)	$k_{CR 10}$ (MPa/m)
4	30	101
5	34	111
6	38	120
8	44	133
10	49	144

FUNDAÇÃO - AUMENTO DE k PROPORCIONADO POR SUB-BASE GRANULAR

CBR_{subl} (%)	k_{subl} (MPa/m)	$k_{BG 10}$ (MPa/m)
4	30	34
5	34	38
6	38	42
8	44	48
10	49	54

FUNDAÇÃO - AUMENTO DE k PROPORCIONADO POR SUB-BASE DE SC

CBR_{subl} (%)	k_{subl} (MPa/m)	$k_{sc 10}$ (MPa/m)
4	30	81
5	34	90
6	38	98
8	44	109
10	49	119

FUNDAÇÃO - AUMENTO DE k PROPORCIONADO POR SUB-BASE DE SMC

CBR_{subl} (%)	k_{subl} (MPa/m)	$k_{SMC 10}$ (MPa/m)
4	30	60
5	34	66
6	38	73
8	44	82
10	49	89

FUNDAÇÃO - AUMENTO DE k PROPORCIONADO POR SUB-BASE DE CONCRETO ASFÁLTICO

CBR_{subl} (%)	k_{subl} (MPa/m)	$k_{CA 10}$ (MPa/m)
4	30	40
5	34	45
6	38	50
8	44	55
10	49	66

MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO (PCA/84)

MODELOS DE COMPORTAMENTO

▼ **FADIGA**

▼ **EROSÃO**

MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO (PCA/84)

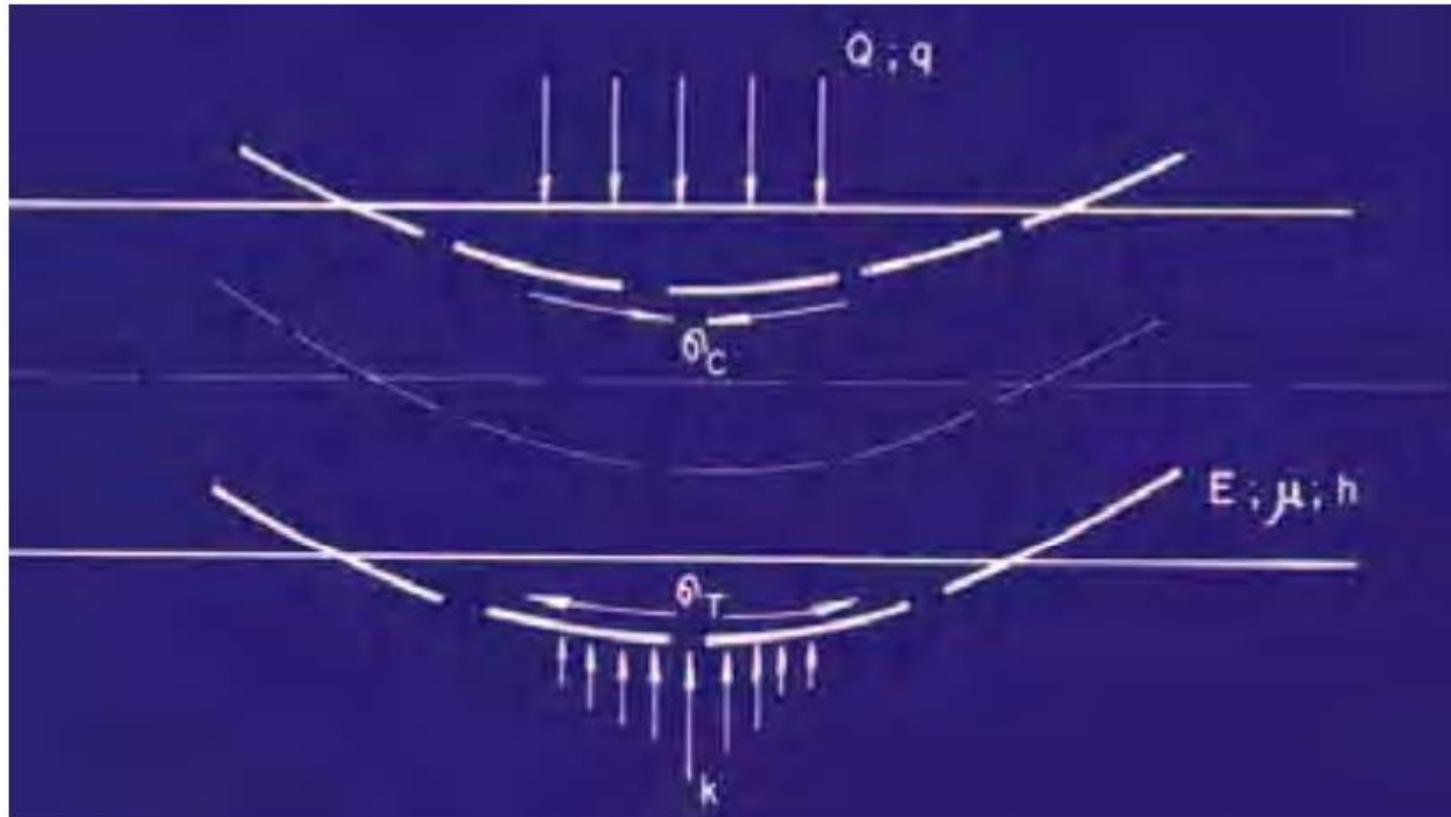
MODELOS DE COMPORTAMENTO

▼ FADIGA

- Repetição de cargas
- Relação de tensões (S)
- Número limite ou admissível de repetições de carga

Espessura: <i>cm</i>			Juntas com BT:			
k_{sist.}: <i>MPa/m</i>			Acostamento de concreto:			
f_{ctM,k}: <i>MPa</i>			Período de projeto (anos):			
Fsc:						
			ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSÃO	
CARGAS POR EIXO (kN)	CARGAS POR EIXO x Fsc	NÚMERO PREVISTO DE SOLICITAÇÕES	NÚMERO ADMISSÍVEL DE SOLICITAÇÕES	CONSUMO DE FADIGA (%)	NÚMERO ADMISSÍVEL DE SOLICITAÇÕES	DANOS POR EROSÃO (%)
1	2	3	4	5	6	7
EIXOS SIMPLES			Tensão Eq.: Fator de fadiga:		Fator de erosão:	
EIXOS TANDEM DUPLOS			Tensão Eq.: Fator de fadiga:		Fator de erosão:	
EIXOS TANDEM TRIPLOS			Tensão Eq.: Fator de fadiga:		Fator de erosão:	
			TOTAL		TOTAL	

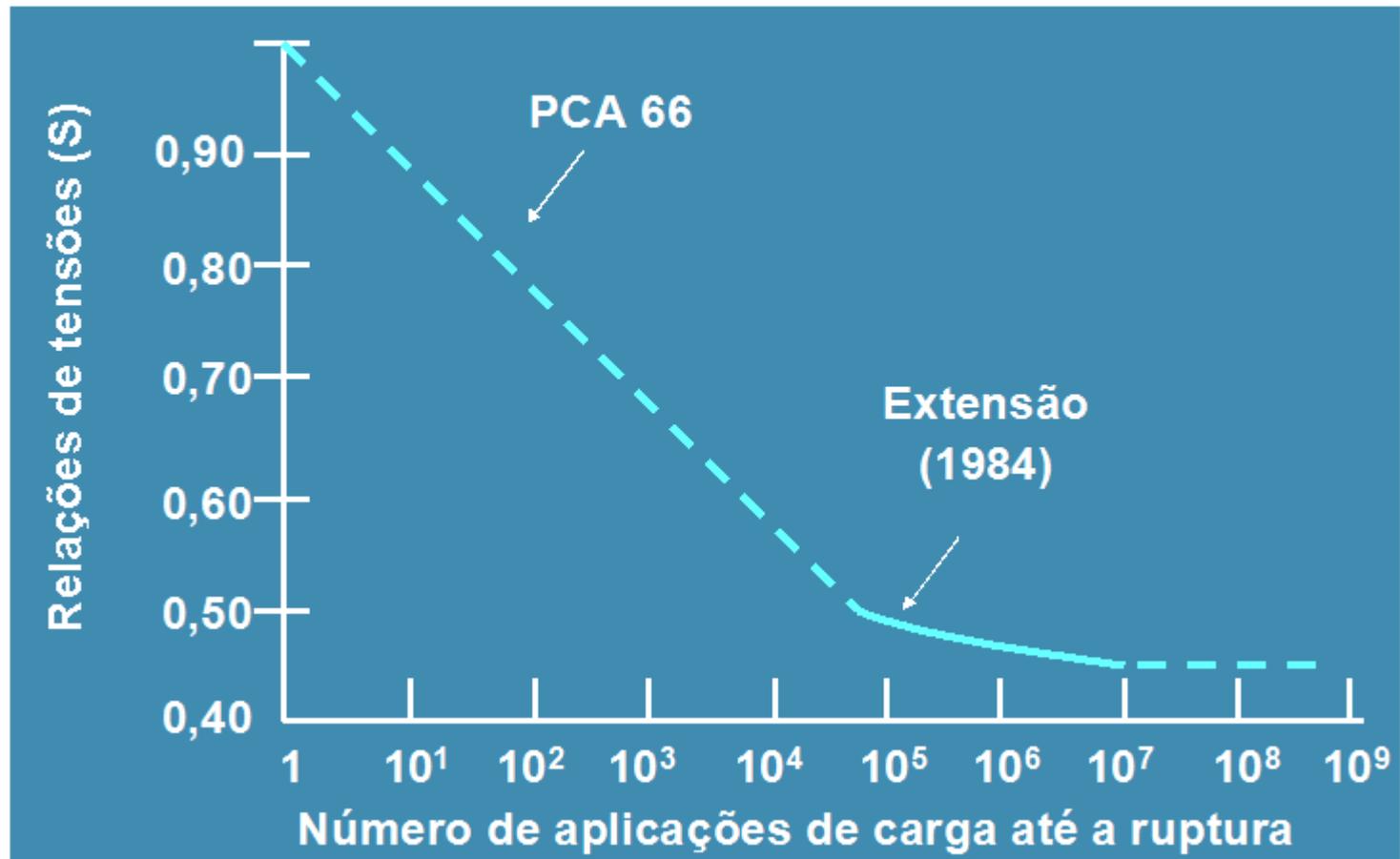
FADIGA DO CONCRETO



FADIGA (relação de tensões)

$$S = \frac{\sigma_t}{M_R}$$

RELAÇÃO DE TENSÕES E NÚMERO ADMISSÍVEL DE REPETIÇÕES DE CARGA - CURVA DE FADIGA (PCA-84)

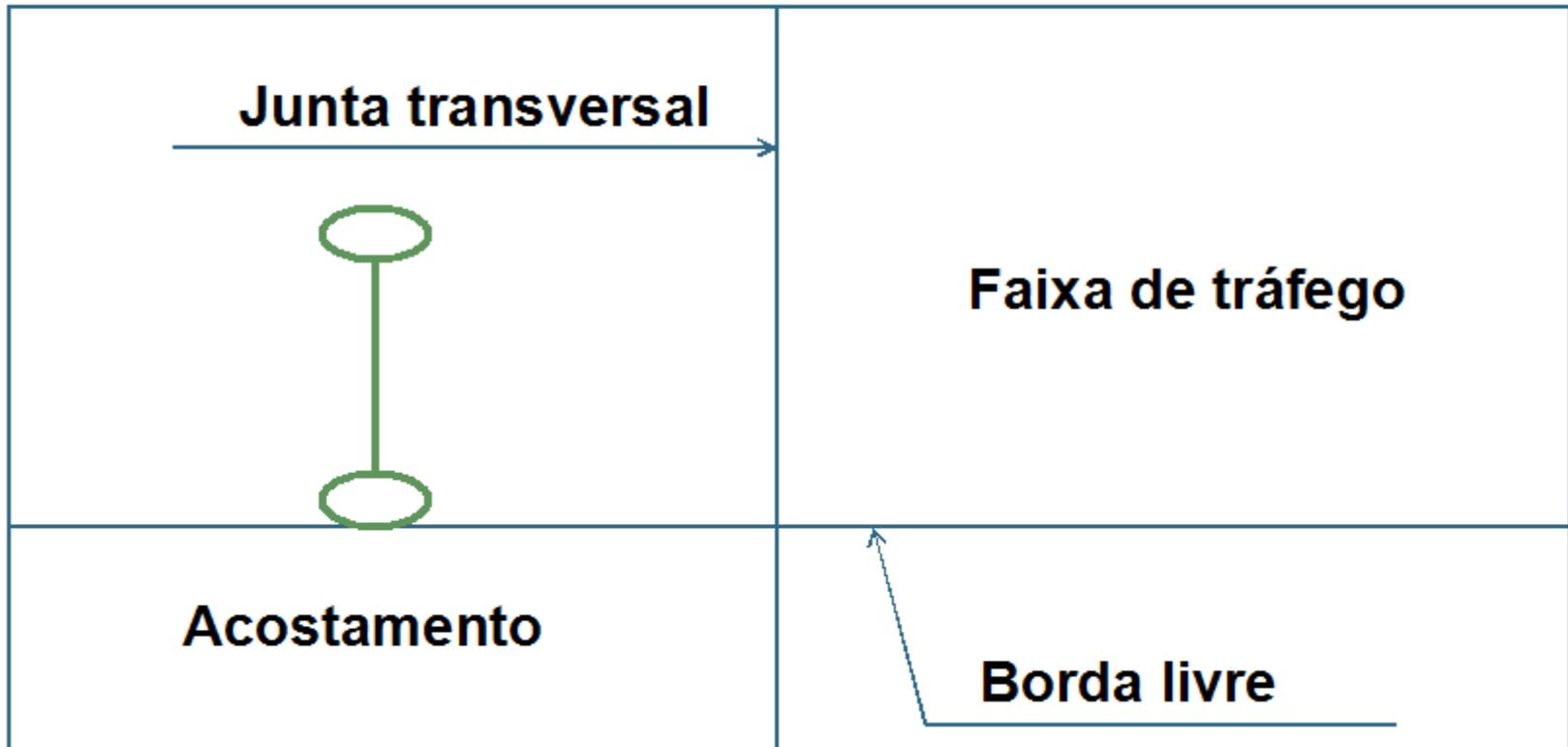


MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO (PCA/84) EQUAÇÕES DE FADIGA

Relação de tensões (R_t)	Equação
menor que 0,45	$N = \text{ilimitado}$
de 0,45 a 0,55	$N = (4,2577 / R_t - 0,4325)^{3,268}$
maior que 0,55	$N = (0,9718 - R_t) / 0,0828$

MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO (PCA/84)

Posição de carga crítica para as tensões de tração na flexão (6% do tráfego tangenciando a borda)



LEI DE *MINER* – DANO ACUMULADO POR FADIGA

Lei de *Miner* – Consumo de Resistência à Fadiga (C_{RF})

$$C_{RF} = \sum_{i=1}^m (n_i / N_{i adm})$$

$$C_{RF} \leq 100\%$$

RELAÇÃO DE TENSÕES E NÚMERO ADMISSÍVEL DE REPETIÇÕES DE CARGA - CURVA DE FADIGA

Relação de tensões (*)	Nº admissível de repetições de carga	Relação de tensões (*)	Nº admissível de repetições de carga
0,50	ilimitado	0,68	3.500
0,51	400.000	0,69	2.500
0,52	300.000	0,70	2.000
0,53	240.000	0,71	1.500
0,54	180.000	0,72	1.100
0,55	130.000	0,73	850
0,56	100.000	0,74	650
0,57	75.000	0,75	490
0,58	57.000	0,76	360
0,59	42.000	0,77	270
0,60	32.000	0,78	210
0,61	24.000	0,79	160
0,62	18.000	0,80	120
0,63	14.000	0,81	90
0,64	11.000	0,82	70
0,65	8.000	0,83	50
0,66	6.000	0,84	40
0,67	4.500	0,85	30

(*) Igual à tensão de tração na flexão devida a carga dividida pela resistência característica à tração na flexão do concreto.

FOLHA DE CÁLCULO - PCA/84

Projeto: _____
 Espessura: _____ cm
 $k_{sist.}$: _____ MPa/m
 $f_{ctM,k}$: _____ MPa
 F_{sc} : _____

Juntas com BT: _____
 Acostamento de concreto: _____
 Período de projeto (anos): _____

ANÁLISE DE FADIGA				
CARGAS POR EIXO (kN)	CARGAS POR EIXO x F_{sc}	NÚMERO PREVISTO DE SOLICITAÇÕES	NÚMERO ADMISSÍVEL DE SOLICITAÇÕES	CONSUMO DE FADIGA (%)
1	2	3	4	5

EIXOS SIMPLES

Tensão Eq.: _____
 Fator de fadiga: _____

EIXOS TANDEM DUPLOS

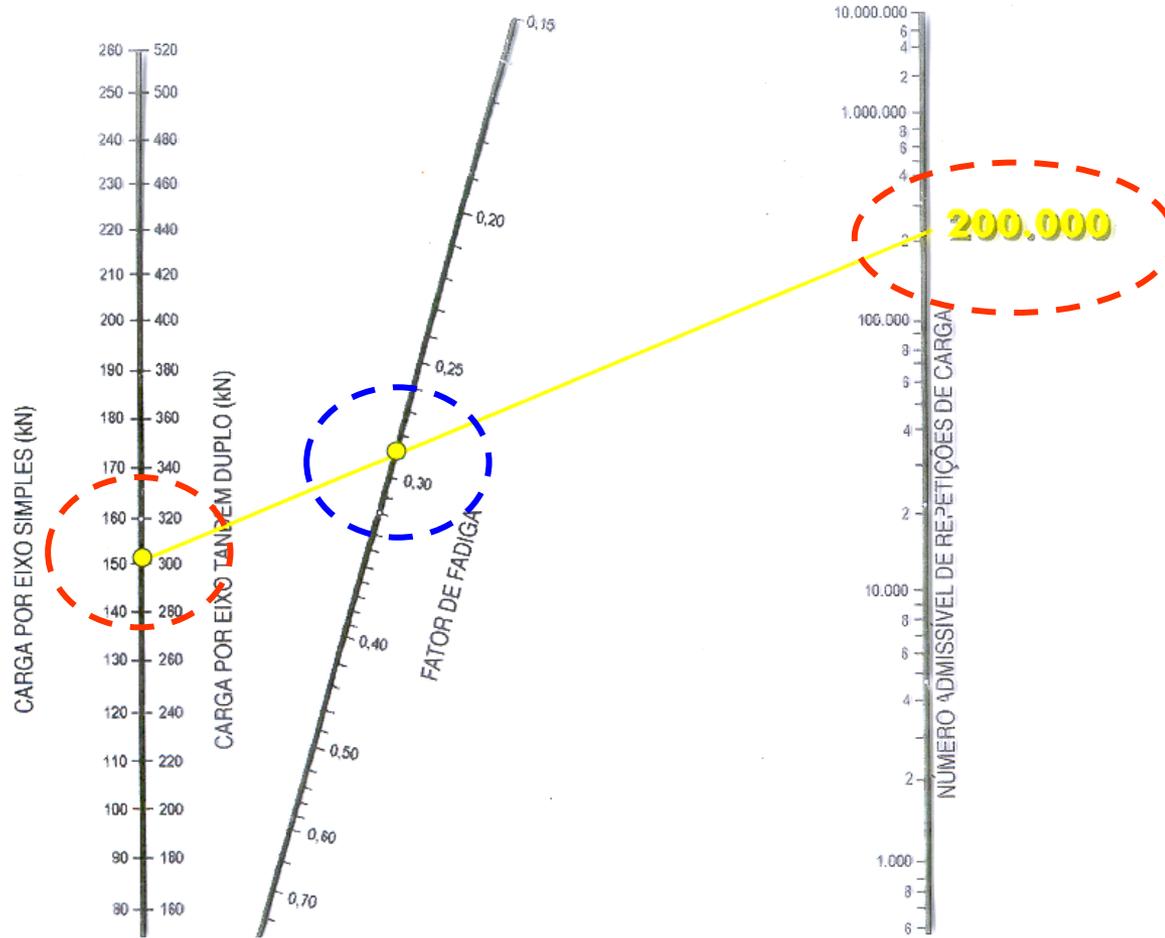
Tensão Eq.: _____
 Fator de fadiga: _____

EIXOS TANDEM TRIPLOS

Tensão Eq.: _____
 Fator de fadiga: _____

TOTAL	
--------------	--

ANÁLISE DE FADIGA



CURVA DE FADIGA DO CONCRETO

▼ $S \geq 0,5$ → ILIMITADO

**▼ $S < 0,5$ → NÚMERO LIMITADO
DE SOLICITAÇÕES**

Espessura: <i>cm</i>			Juntas com BT:			
k_{sist.}: <i>MPa/m</i>			Acostamento de concreto:			
f_{ctM,k}: <i>MPa</i>			Período de projeto (anos):			
Fsc:						
			ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSÃO	
CARGAS POR EIXO (kN)	CARGAS POR EIXO x Fsc	NUMERO PREVISTO DE SOLICITAÇÕES	NUMERO ADMISSÍVEL DE SOLICITAÇÕES	CONSUMO DE FADIGA (%)	NUMERO ADMISSÍVEL DE SOLICITAÇÕES	DANOS POR EROSÃO (%)
1	2	3	4	5	6	7
EIXOS SIMPLES			Tensão Eq.: Fator de fadiga:		Fator de erosão:	
EIXOS TANDEM DUPLOS			Tensão Eq.: Fator de fadiga:		Fator de erosão:	
EIXOS TANDEM TRIPLOS			Tensão Eq.: Fator de fadiga:		Fator de erosão:	
			TOTAL		TOTAL	

MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO PCA/84

MODELOS DE COMPORTAMENTO

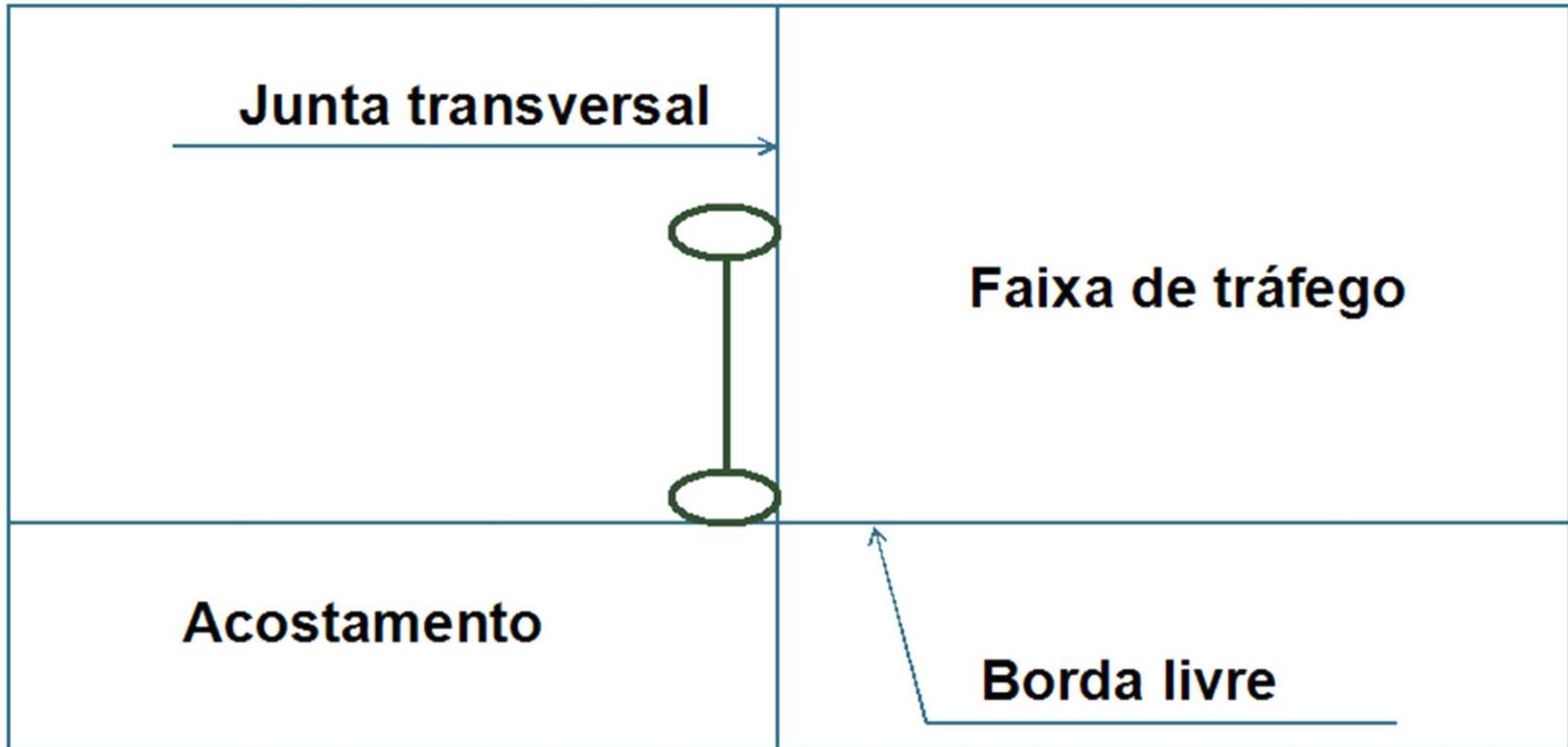
▼ EROSÃO

Perda de material de camada de suporte sob as placas de concreto e nas laterais

- **Efeito: deformações verticais críticas (cantos e bordas longitudinais livres)**
- **Novo conceito: Fator de Erosão - mede o poder que uma certa carga tem de produzir deformação vertical da placa**

MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO (PCA/84)

Posição de carga crítica para as deformações



EFICIÊNCIA DE JUNTA

- ▼ **Placas curtas**
- ▼ **Barras de transferência**
- ▼ **Sub-base estabilizada com cimento**

OS SISTEMAS DE TRANSFERÊNCIA DE CARGA

1. DIMINUEM

Tensões e deformações nas placas de concreto

Pressões e consolidação na fundação

Manutenção

2. AUMENTAM

☐ Durabilidade

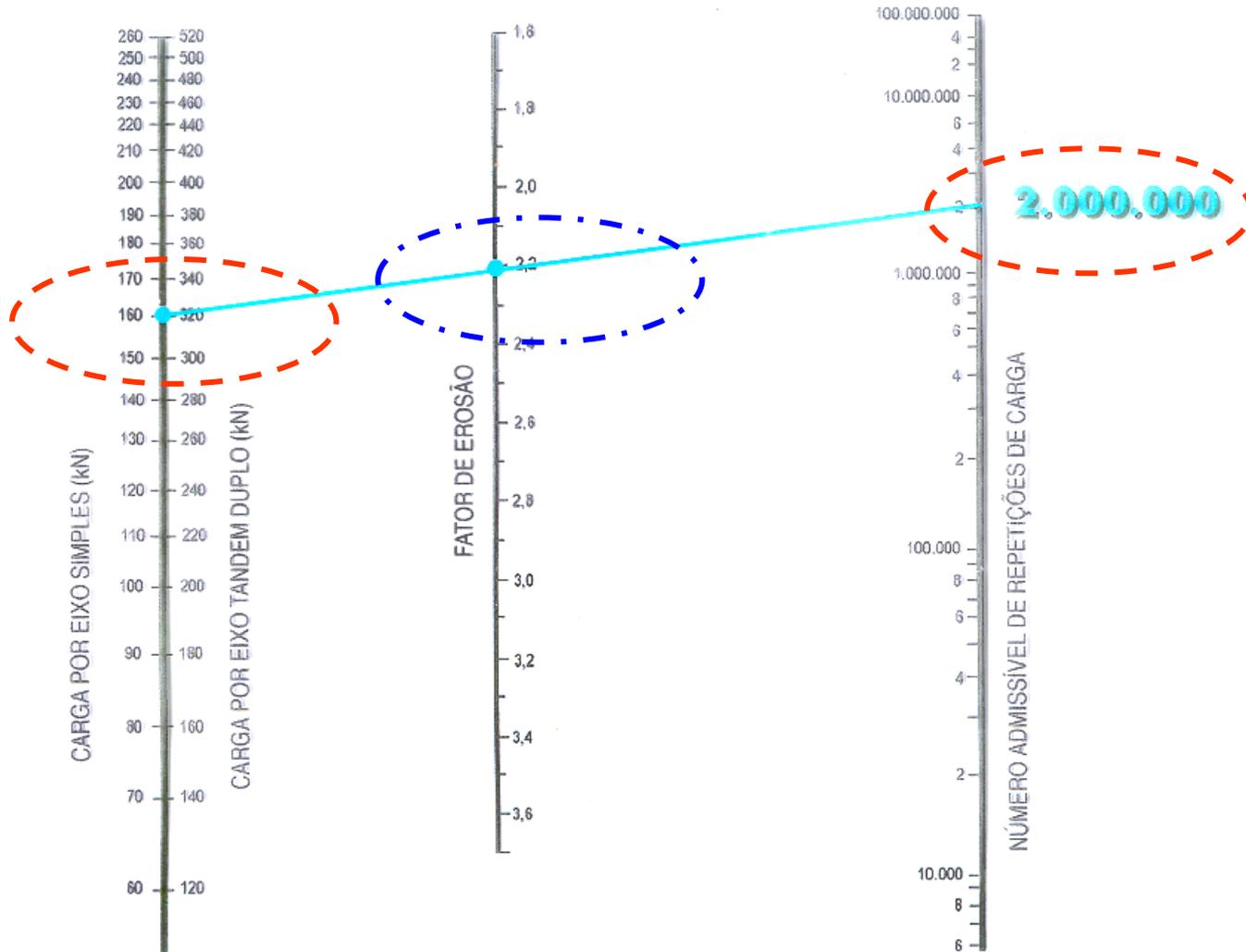
☐ Conforto e segurança de rolamento

FOLHA DE CÁLCULO - PCA/84

Projeto:			Juntas com BT:			
Espessura: <i>cm</i>			Acostamento de concreto:			
K _{sist.} : <i>MPa/m</i>			Período de projeto (anos):			
f _{ctM,k} : <i>MPa</i>						
F _{sc} :						

CARGAS POR EIXO (kN)	CARGAS POR EIXO x F _{sc}	NÚMERO PREVISTO DE SOLICITAÇÕES	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSÃO	
			NÚMERO ADMISSÍVEL DE SOLICITAÇÕES	CONSUMO DE FADIGA (%)	NÚMERO ADMISSÍVEL DE SOLICITAÇÕES	DANOS POR EROSÃO (%)
1	2	3	4	5	6	7
EIXOS SIMPLES			Tensão Eq.: Fator de fadiga:		Fator de erosão:	
EIXOS TANDEM DUPLOS			Tensão Eq.: Fator de fadiga:		Fator de erosão:	
EIXOS TANDEM TRIPLOS			Tensão Eq.: Fator de fadiga:		Fator de erosão:	
TOTAL			TOTAL		TOTAL	

ANÁLISE DE EROSÃO



MODELOS DE COMPORTAMENTO

▼ FADIGA

1- Nos Quadros [5a,5b e 5c] determinar as tensões equivalentes em função da presença ou não de acostamentos de concreto, do tipo de eixo solicitante, do coeficiente de recalque e da espessura de tentativa;

2- Calcular o fator de fadiga para cada tipo de eixo;

$$\text{Fator de fadiga} = \frac{T_{\text{equivalente}}}{f_{\text{ct,m,k}}}$$

3 - Determinar o número admissível de repetições em função do fator de fadiga e dos valores das cargas por eixo multiplicados pelo fato de segurança de carga;

4 – Calcular o consumo de fadiga que é o resultado da divisão do número de repetições previstas pelo número admissível de repetições expresso em porcentagem;

5 – Calcular o consumo total de fadiga [soma acumulada] <100%

TENSÃO EQUIVALENTE

Tensão equivalente – Sem acostamento de concreto [Eixo Simples/Tandem duplo]

Espessura da placa (cm)	k do sistema subleito-sub-base (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
10	5,42/4,39	4,75/3,83	4,38/3,59	4,13/2,44	3,66/3,22	3,45/3,15
11	4,74/3,88	4,16/3,35	3,85/3,12	3,63/2,97	3,23/2,76	3,06/2,68
12	4,19/3,47	3,69/2,98	3,41/2,75	3,23/2,62	2,88/2,40	2,73/2,33
13	3,75/3,14	3,30/2,68	3,06/2,46	2,89/2,33	2,59/2,13	2,46/2,05
14	3,37/2,87	2,97/2,43	2,76/2,23	2,61/2,10	2,34/1,90	2,23/1,83
15	3,06/2,64	2,70/2,23	2,51/2,04	2,37/1,92	2,13/1,72	2,03/1,65
16	2,79/2,45	2,47/2,06	2,29/1,87	2,17/1,76	1,95/1,57	1,86/1,50
17	2,56/2,28	2,26/1,91	2,10/1,74	1,99/1,63	1,80/1,45	1,71/1,38
18	2,37/2,14	2,09/1,79	1,94/1,62	1,84/1,51	1,66/1,34	1,58/1,27
19	2,19/2,01	1,94/1,67	1,80/1,51	1,71/1,41	1,54/1,25	1,47/1,18
20	2,04/1,90	1,80/1,58	1,67/1,42	1,59/1,33	1,43/1,17	1,37/1,11
21	1,91/1,79	1,68/1,49	1,56/1,34	1,48/1,25	1,34/1,10	1,28/1,04
22	1,79/1,70	1,57/1,41	1,46/1,27	1,39/1,18	1,26/1,03	1,20/0,98
23	1,68/1,62	1,48/1,34	1,38/1,21	1,31/1,12	1,18/0,98	1,13/0,92
24	1,58/1,55	1,39/1,28	1,30/1,15	1,23/1,06	1,11/0,93	1,06/0,87
25	1,48/1,46	1,30/1,25	1,22/1,10	1,15/1,00	1,00/0,83	0,95/0,79
26	1,40/1,38	1,23/1,18	1,15/1,03	1,08/0,92	0,95/0,79	0,90/0,75
27	1,33/1,31	1,16/1,11	1,08/0,94	1,01/0,85	0,90/0,75	0,86/0,72
28	1,27/1,25	1,10/1,05	1,02/0,88	0,94/0,85	0,85/0,74	0,81/0,69
29	1,22/1,25	1,07/1,03	0,99/0,92	0,94/0,85	0,85/0,74	0,81/0,69
30	1,16/1,21	1,02/0,99	0,95/0,89	0,90/0,82	0,81/0,71	0,78/0,66
31	1,11/1,16	0,97/0,96	0,90/0,86	0,86/0,79	0,77/0,68	0,74/0,64
32	1,06/1,12	0,93/0,92	0,86/0,83	0,82/0,76	0,74/0,66	0,71/0,62
33	1,02/1,09	0,89/0,89	0,83/0,80	0,78/0,74	0,71/0,63	0,68/0,59
34	0,98/1,05	0,85/0,86	0,79/0,77	0,75/0,71	0,68/0,61	0,65/0,57
35	0,94/1,02	0,82/0,84	0,76/0,75	0,72/0,69	0,65/0,59	0,62/0,55

1,59 – eixo simples
 1,33 – eixo tandem duplo

Tensão equivalente – Com acostamento de concreto [Eixo Simples/Tandem duplo]

Espessura da placa (cm)	k do sistema subleito-sub-base (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
10	4,18/3,48	3,65/3,10	3,37/2,94	3,19/2,65	2,85/2,74	2,72/2,72
11	3,68/3,07	3,23/2,71	2,99/2,56	2,83/2,47	2,55/2,35	2,43/2,32
12	3,28/2,75	2,88/2,41	2,67/2,26	2,54/2,17	2,29/2,05	2,19/2,02
13	2,95/2,49	2,60/2,17	2,41/2,02	2,29/1,94	2,07/1,82	1,99/1,78
14	2,68/2,27	2,36/1,97	2,19/1,83	2,08/1,75	1,89/1,63	1,81/1,59
15	2,44/2,08	2,15/1,80	2,00/1,67	1,90/1,59	1,73/1,48	1,66/1,44
16	2,24/1,93	1,97/1,66	1,84/1,53	1,75/1,46	1,59/1,35	1,53/1,31
17	2,06/1,79	1,82/1,54	1,70/1,42	1,62/1,35	1,48/1,24	1,42/1,20
18	1,91/1,67	1,69/1,43	1,57/1,32	1,50/1,25	1,37/1,15	1,32/1,11
19	1,77/1,57	1,57/1,34	1,46/1,23	1,40/1,17	1,28/1,07	1,23/1,03
20	1,65/1,48	1,46/1,26	1,37/1,10	1,30/1,10	1,19/1,00	1,15/0,96
21	1,55/1,40	1,37/1,19	1,28/1,09	1,22/1,03	1,12/0,93	1,08/0,90
22	1,45/1,32	1,29/1,12	1,20/1,03	1,15/0,97	1,05/0,88	1,01/0,85
23	1,37/1,26	1,21/1,07	1,13/0,98	1,08/0,92	0,99/0,83	0,96/0,80
24	1,29/1,20	1,15/1,01	1,07/0,93	1,02/0,87	0,94/0,79	0,90/0,76
25	1,22/1,11	1,08/0,94	1,00/0,85	0,94/0,85	0,86/0,72	0,81/0,69
26	1,16/1,05	1,02/0,88	0,94/0,85	0,88/0,79	0,81/0,68	0,77/0,65
27	1,10/1,00	0,96/0,83	0,88/0,79	0,82/0,74	0,74/0,65	0,70/0,62
28	1,05/1,00	0,91/0,78	0,83/0,74	0,79/0,70	0,73/0,62	0,70/0,60
29	1,00/0,96	0,89/0,81	0,83/0,74	0,79/0,70	0,73/0,62	0,70/0,60
30	0,95/0,93	0,85/0,78	0,79/0,71	0,76/0,67	0,70/0,60	0,67/0,57
31	0,91/0,89	0,81/0,75	0,76/0,69	0,72/0,64	0,67/0,58	0,64/0,55
32	0,87/0,86	0,78/0,73	0,73/0,66	0,69/0,62	0,64/0,55	0,62/0,53
33	0,84/0,83	0,74/0,70	0,70/0,64	0,67/0,60	0,61/0,53	0,59/0,51
34	0,80/0,80	0,71/0,68	0,67/0,62	0,64/0,58	0,59/0,52	0,57/0,49
35	0,77/0,78	0,69/0,66	0,64/0,60	0,61/0,56	0,57/0,50	0,55/0,47

1,30 – eixo simples
 1,10 – eixo tandem duplo

Tensão equivalente

Tração na flexão

1,59 – eixo simples
1,33 – eixo tandem duplo

$$F_{ct,f,k} = 4,5 \text{ MPa}$$

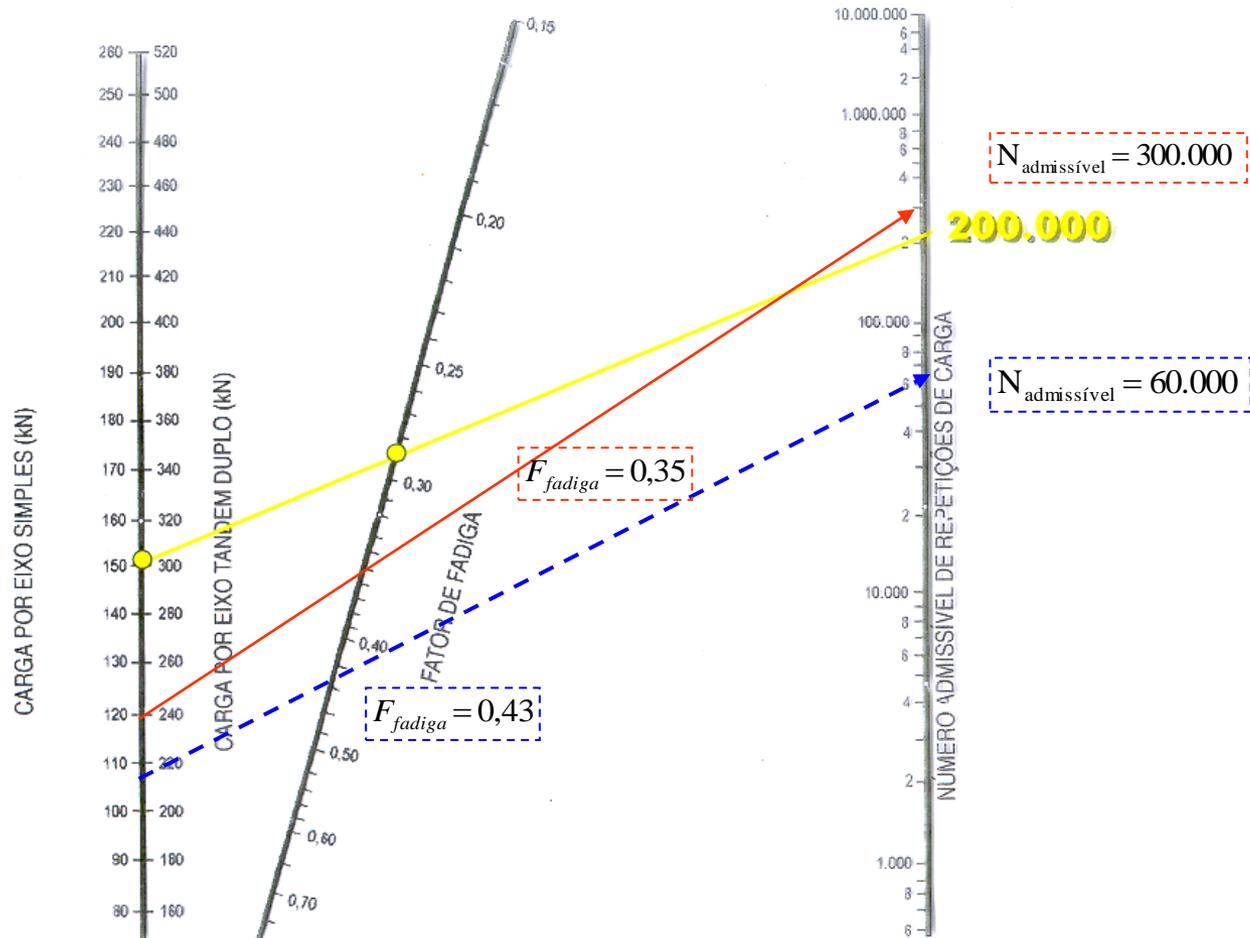
Fator de fadiga

$$F_{fadiga} = \frac{\text{tensão equivalente e}}{\text{tração na flexão}}$$

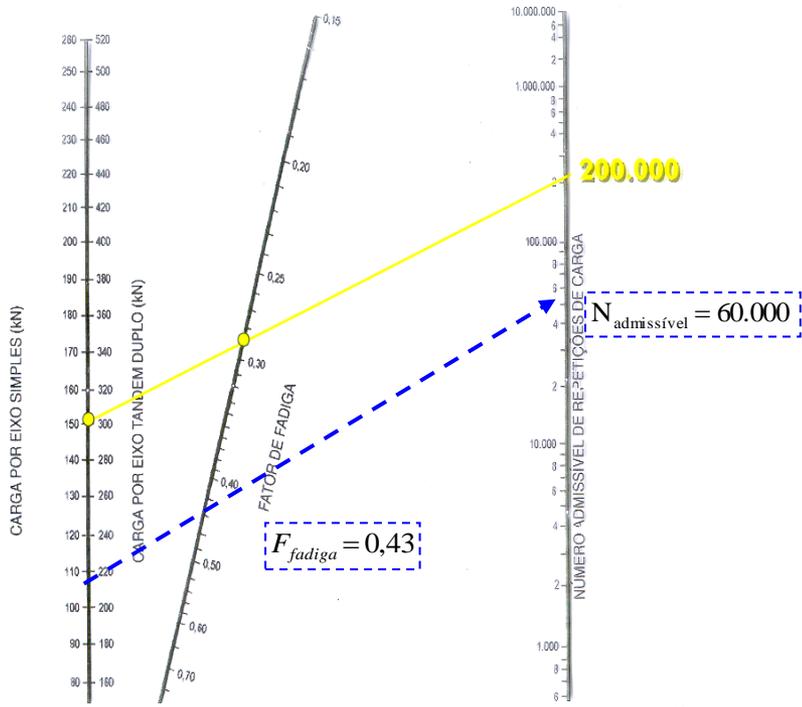
$$F_{fadiga} = \frac{1,59}{4,5} = 0,35$$



NÚMERO ADMISSÍVEL DE REPETIÇÕES



CONSUMO POR FADIGA





DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PCA/84

Projeto Alternativa 1 B
 Espessura 20 cm Juntas com BT: sim não X
 k_{sist} 53 MPa/m Acostamento de concreto: sim não X
 Resistência característica à tração na flexão, $f_{ctM,k}$ 4,0 MPa Período de projeto: 20 anos
 Fator de segurança de cargas, F_{sc} 1,1

Cargas por eixo (kN)	Cargas por eixo x F_{sc}	Número de repetições previstas	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSAO	
			Número de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)	Número de repetições admissíveis	Danos por erosão (%)
1	2	3	4	5	6	7
EIXOS SIMPLES			8 - Tensão equivalente	<u>1,33</u>	10 - Fator de erosão	
			9 - Fator de fadiga	<u>0,43</u>		
98	108	16.060	60.000	26,8	800.000	2,0
88	97	71.248	250.000	28,5	1.500.000	4,8
78	86	344.852	ilimitado	0	3.100.000	11,1
69	76	260.464			6.500.000	4,0
59	65	296.672			22.000.000	1,3
49	54	569.104			ilimitado	0
EIXOS TANDEM DUPLOS			11 - Tensão equivalente		13 - Fator de erosão	
			12 - Fator de fadiga			
167	184	25.112	ilimitado	0	800.000	3,1
157	173	15.476			1.000.000	1,5
147	162	14.600			1.300.000	0,9
137	151	11.680			2.300.000	0,5
127	140	11.680			4.000.000	0,3
59	65	11.680			ilimitado	
EIXOS TANDEM TRIPLOS			14 - Tensão equivalente		16 - Fator de erosão	
			15 - Fator de fadiga			
265	97	2.628	ilimitado	0	400.000	0,7
255	93	12.556			550.000	2,3
235	86	2.920			900.000	0,3
196	72	2.920			2.100.000	0,1
88	32	3.796			ilimitado	0
TOTAL			55,3	TOTAL	32,9	

MODELOS DE COMPORTAMENTO

▼ EROSÃO

- 1- Nos Quadros [6a e 6b] determinar Fator de Erosão
[Sem e com barras de transferência - Eixos simples e tandem duplo];
- 2- Nos Quadros [7a e 7b] determinar Fator de Erosão
[Sem e com barras de transferência - Eixos simples e tandem duplo];
- 3- Nos Quadros [8a e 8b] determinar Fator de Erosão
[Sem e com barras de transferência- Eixos simples e tandem triplo];
- 4- Determinar o número admissível de repetições em função do fator de erosão e dos valores das cargas por eixo multiplicados pelo fato de segurança de carga [Figuras 6a e 6b];
- 5 – Calcular o dano por erosão que é o resultado da divisão do número de repetições previstas pelo número admissível de repetições expresso em porcentagem;
- 6 – Calcular o dano total por erosão [soma acumulada] $<100\%$

Fator de Erosão

$$\frac{3,02}{3,12} = \frac{3,02 - \text{eixo simples}}{3,12 - \text{eixo tandem duplo}}$$

Quadro 6a

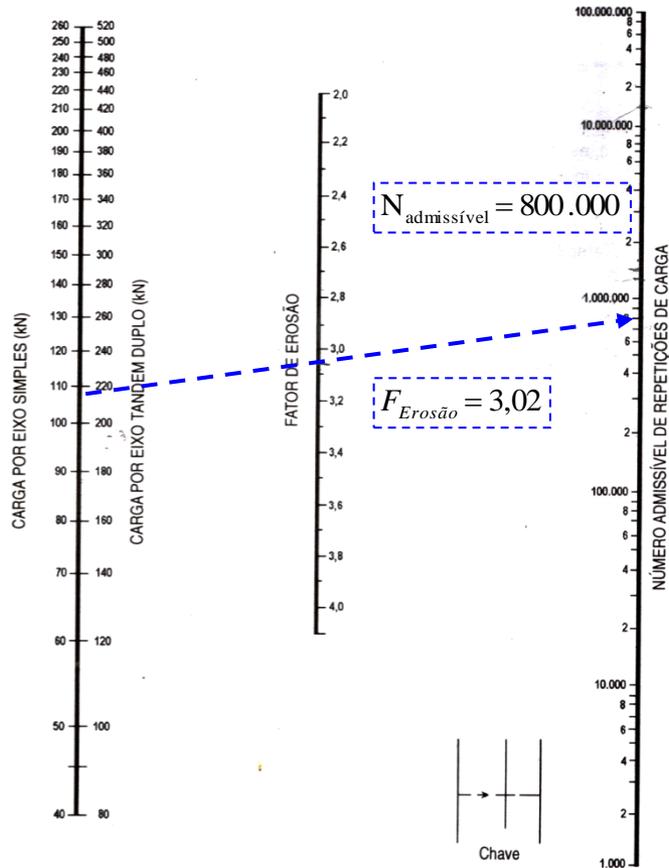
Sem barras de transferência

Sem acostamento

[Eixos simples e tandem duplo]

Espessura da placa (cm)	k do sistema subleito-sub-base (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
10	3,94/4,00	3,92/3,93	3,90/3,90	3,88/3,88	3,84/3,84	3,80/3,82
11	3,82/3,90	3,79/3,82	3,78/3,79	3,76/3,76	3,72/3,72	3,69/3,70
12	3,71/3,81	3,68/3,73	3,67/3,69	3,65/3,66	3,62/3,62	3,59/3,59
13	3,61/3,73	3,58/3,65	3,56/3,60	3,55/3,57	3,52/3,52	3,50/3,49
14	3,52/3,66	3,49/3,57	3,47/3,52	3,46/3,49	3,43/3,43	3,41/3,41
15	3,43/3,59	3,40/3,50	3,38/3,45	3,37/3,42	3,34/3,36	3,32/3,33
16	3,35/3,53	3,32/3,43	3,30/3,38	3,29/3,35	3,26/3,28	3,24/3,26
17	3,28/3,48	3,24/3,37	3,22/3,32	3,21/3,28	3,18/3,22	3,17/3,19
18	3,21/3,42	3,17/3,32	3,15/3,26	3,14/3,23	3,11/3,16	3,10/3,13
19	3,15/3,37	3,11/3,27	3,08/3,21	3,07/3,17	3,04/3,10	3,03/3,07
20	3,09/3,33	3,04/3,22	3,02/3,16	3,01/3,12	2,98/3,05	2,96/3,01
21	3,04/3,28	2,99/3,17	2,96/3,11	2,95/3,07	2,92/3,00	2,90/2,96
22	2,98/3,24	2,93/3,13	2,90/3,07	2,89/3,03	2,86/2,95	2,85/2,92
23	2,93/3,20	2,88/3,09	2,85/3,03	2,83/2,98	2,80/2,91	2,79/2,87
24	2,89/3,16	2,83/3,05	2,80/2,99	2,78/2,94	2,75/2,86	2,74/2,83
25	2,84/3,13	2,78/3,01	2,75/2,95	2,73/2,91	2,70/2,82	2,69/2,79
26	2,80/3,09	2,73/2,98	2,70/2,91	2,69/2,87	2,65/2,79	2,64/2,75
27	2,76/3,06	2,69/2,94	2,66/2,88	2,64/2,83	2,61/2,75	2,59/2,71
28	2,72/3,03	2,65/2,91	2,62/2,84	2,60/2,80	2,56/2,71	2,55/2,68
29	2,68/3,00	2,61/2,88	2,58/2,81	2,56/2,77	2,52/2,68	2,50/2,64
30	2,65/2,97	2,57/2,85	2,54/2,78	2,52/2,74	2,48/2,65	2,46/2,61
31	2,61/2,94	2,54/2,82	2,50/2,75	2,48/2,71	2,44/2,62	2,42/2,58
32	2,58/2,91	2,50/2,79	2,47/2,72	2,44/2,68	2,40/2,59	2,38/2,55
33	2,55/2,89	2,47/2,77	2,43/2,70	2,41/2,65	2,36/2,56	2,35/2,52
34	2,52/2,86	2,44/2,74	2,40/2,67	2,37/2,62	2,33/2,53	2,31/2,49
35	2,49/2,84	2,41/2,71	2,37/2,65	2,34/2,60	2,29/2,51	2,28/2,47

DANO POR EROSÃO





DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PCA/84

Projeto Alternativa 1 B

Espessura 20 cm Juntas com BT: sim não X

k_{sist} 53 MPa/m Acostamento de concreto: sim não X

Resistência característica à tração na flexão, $f_{ctM,k}$ 4,0 MPa Período de projeto: 20 anos

Fator de segurança de cargas, F_{sc} 1,1

Cargas por eixo, (kN)	Cargas por eixo x F_{sc}	Número de repetições previstas	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSÃO		
			Número de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)	Número de repetições admissíveis	Danos por erosão (%)	
1	2	3	4	5	6	7	
			8 - Tensão equivalente <u>1,33</u>		10 - Fator de erosão <u>3,02</u>		
			9 - Fator de fadiga <u>0,43</u>				
98	108	16.060	60.000	26,8	800.000	2,0	
88	97	71.248	250.000	28,5	1.500.000	4,8	
78	86	344.852	ilimitado	0	3.100.000	11,1	
69	76	260.464			6.500.000	4,0	
59	65	296.672			22.000.000	1,3	
49	54	569.104			ilimitado	0	
			11 - Tensão equivalente _____		13 - Fator de erosão _____		
			12 - Fator de fadiga _____				
167	184	25.112	ilimitado	0	800.000	3,1	
157	173	15.476			1.000.000	1,5	
147	162	14.600			1.300.000	0,9	
137	151	11.680			2.300.000	0,5	
127	140	11.680			4.000.000	0,3	
59	65	11.680			ilimitado		
			14 - Tensão equivalente _____		16 - Fator de erosão _____		
			15 - Fator de fadiga _____				
265	97	2.628	ilimitado	0	400.000	0,7	
255	93	12.556			550.000	2,3	
235	86	2.920			900.000	0,3	
196	72	2.920			2.100.000	0,1	
88	32	3.796			ilimitado	0	
			TOTAL		55,3	TOTAL	32,9