

TRANSPORTES E OBRAS DE TERRA

Movimento de Terra e Pavimentação

FOLHAS DE EXERCÍCIO DA DISCIPLINA

PROJETO DE PAVIMENTO

Prof. Dr. Edson de Moura

Disponível em: www.professoredmoura.com.br

1º semestre / 2024

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO Departamento de Transportes e Obras de Terra

FATEC-SP

Na Tabela O3 estão apresentadas as classes dos veículos associados: silhueta, número de eixos, peso bruto total (PBT) ou capacidade máxima total (CMT), caracterização, classe e código, dos veículos que dispensam a autorização especial de trânsito (AET)

Tabela 1 – Classe dos veículos

TABELA DE CLASSIFICAÇÕES: (Resolução do Contran 12/98 de 06/02/98) Os valores do PBT/CMT entre parênteses, correspondem ao limite máximo de PBT/CMT, permitido pela legislação (tolerância de + 5% sobre o PBT) - Lei 7.408/85 e Resolução 104/98 de 21/12/98. Salientamos que os limites de PBT e CMT estabelecidos pelo fabricante prevalecem sobre estes desde que não ultrapassem o limite legal de 45 tn, conforme Artigo 100 do Código de Transito Brasileiro.

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	2	16 (16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12 ≤ 3,50 m	2C	65 ou 66
	3	23 (24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12 > 2,40 m 1,20 < d23 ≤ 2,40 m	3C	67
	3	26 (27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23 > 2,40 m	251	68
	4	31,5 (33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12 > 2,40 m 1,20 < d23, d34 ≤ 2,40 m	4C	69
	4	29 (30,5)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. 1,20 m < d34 ≤ 2,40 m	4CD	70
	4	33 (34,7)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23 > 2,40 m 1,20 m < d34 ≤ 2,40 m	252	71
	4	36 (37,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m	212	80

VEÍCULOS QUE NÃO NESCESSITAM DE AET:

05 Silhuetas.doc

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO Departamento de Transportes e Obras de Terra APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

FATEC-SP

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	4	33 (34,7)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m	351	72
	4	36 (37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m	2C2	73
	5	41,5 (43,6)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3E4E5 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d23 > 2,40 m 1,20 m < d34, d45 ≤ 2,40 m	253	74
	5	40 (42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34 > 2,40 m 12,0 m < d23, d45 ≤ 2,40 m	352	75
	5	46 (48,30) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34, d45 > 2,40 m	213	82
	5	43 (45,2)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4E5 = conjurto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m 1,20 m < d45 ≤ 2,40 m	2J3	84
	5	43 (45,2)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjurto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m	312	81

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	5	43 (45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m 1,20 m < d45 ≤2,40	2C3	76
	5	43 (45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. 12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤2,40	3C2	77
	6	48,5 (50,93) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI RE BOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5E6 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d56 <u>< 2,40 m</u>	383	78
	6	53 (55,65) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m	313	83
E1 E2 E3 E4 E5 E6	6	50 (52,5) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjurto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjurto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45,> 2,40 m 1,20 m < d23, d56 ≤ 2,40 m	3J3	85
L C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	7	57 (59,9) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	BI TREM ARTICULADO (caminhão trator trucado + dois semi reboques) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. Carga máxima 17 ton.	3T4	91

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

-

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	6	50 (52,5)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E3E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E12, d34, d45 > 2, 40 m 1,20 m < d23, d56 ≤ 2,40 m	3C3	79
	6	50 (52,5)	ROMEU E JULIETA (caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. 612, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 ≤ 2,40 m	3D3	90
	7	57 (59,9)	ROMEU E JULIETA (caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; 12, d34, d55 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67 ≤ 2,40 m	3D4	88
E1 E2 E3 E4 E5 E6 E7	7	63 (66,2)	TREMINHÃO (caminhão trucado + dois reboques) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E7 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E8 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E9 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E9 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E9 = eixo duplo; carga máxima 10 ton	3Q4	92
	9	74 (77,7)	TRI TREM (caminhão trator trucado + três semi reboques) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8E9 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56, d78 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40 m	376	93

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	9	74 (77,7)	RODOTREM (caminhão trator trucado + dois semi reboques com dolly) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8E9 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8E9 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8E9 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. 12, d34, d56, d78 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40 m 120 m	376	93
EI E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9	9	74(77,7)	TREMINHÃO DE 9 EIXOS(caminhão trucado + dois reboques) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5E6 = eixo triplo; carga máxima 25,5 ton. E7E8E9 = eixo triplo; carga máxima 25,5 ton.	3Q6	89
	9	80(84)	ROMEU E JULIETA DE 9 EIXOS(caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E5 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E5 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8 = eixo simples; carga máxima 10 ton. E9 = eixo simples; carga máxima 10 ton.	3D 6	94
		>45	NECESSITA AET	x	88

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

FATEC-SP

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE	CÓDIGO
	2	16 (16,8)	ÔNIBUS E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12 <u><</u> 3,50 m	20	65 ou 66
	3	19,5 (20,5)	ÔNIBUS TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. d12 > 2,40 m 1,20 < d23 ≤ 2,40 m	3CB	86
	4	25,5 (26,8)	ÔNIBUS DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton. E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos; carga máxima 13,5 ton. 1,20 m < d34 ≤ 2,40 m	4CB	87
	3	26 (27,3)	ÔNIBUS URBANO ARTICULADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23 > 2,40 m	2S1	68
	4	36 (37,8)	ÔNIBUS URBANO BI-ARTICULADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m	212	80

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO



Tabela 2 - Fatores de distribuição do volume de tráfego

doc. técnico n. 8879/00-IX-RL-0102-0

Período	Fator de distribuição (%)
Diário 16/24 h (P _{24h})	80
Semanal - quarta/quinta/sexta (dp)	48,3
Mês - janeiro/2009 (pm)	7,6

$$VDM = \frac{\left[\frac{\sum_{dp}^{ndp} VD_{dp}}{\sum_{dp}^{ndp} dp}\right]}{365* p_m * P_{24h}} * 4,35$$

2

onde: VDM = volume diário médio ou VDMA = volume diário médio anual VD = volume diário resultante da contagem de 3 dias por classe de veículos dp = fator de variação semanal pm = percentual do volume anual no mês m P24h = fator de variação diária 4,35 = número médio de semanas no mês

Tabela 3 - Fatores de equivalência de carga - USACE (DNER, 1998)

Tipo de Eixo	Faixas de Cargas (†)	Equações (P em t)
Dianteiro simples e traseiro	0 - 8	FEC = 2,0782 × 10 ⁻⁴ × P ^{4,0175}
simples	≥ 8	FEC = 1,8320 × 10 ⁻⁶ × P ^{6,2542}
Tandam dunla	0 -11	FEC = 1,5920 × 10 ⁻⁴ × P ^{3,4720}
Tandem duplo	<u>></u> 11	FEC = 1,5280 × 10 ⁻⁶ × P ^{5,4840}
Tandem triplo	0 - 18	FEC = 8,0359 × 10 ⁻⁵ × P ^{3,3549}
	≥ 18	FEC = 1,3229 × 10 ⁻⁷ × P ^{5,5789}

P = peso bruto total sobre o eixo

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra



Tipo de eixo	Equação (carga P em †)
ESRS	(P/7,77) ^{4,32}
ESRD	(P/8,17) ^{4,32}
ETD	(P/15,08) ^{4,14}
ETT	(P/22,95) ^{4,22}

Tabela 4 - Equações para determinação dos FECs da AASHTO

Tabela 5 - FECS USACE E AASHTO

		Carga (tf)			FEC USACE		FEC AASHTO			
Tipo de eixo	Sobrecarga (30%)*	Carrregado	Vazio	Sobrecarga (30%)*	Carrregado	Vazio	Sobrecarga (30%)*	Carrregado	Vazio	
Simples (roda simples)	7,8	6	3	0,8	0,28	0,02	1,02	0,33	0,02	
Simples (roda dupla)	13	10	5	16,97	3,29	0,13	7,44	2,39	0,12	
Tandem duplo (roda dupla)	22,1	17	6	36,04	8,55	0,08	4,87	1,64	0,02	
Tandem triplo (roda dupla)	33,15	25,5	9	40,19	9,3	0,13	4,72	1,56	0,02	

(*) Sobrecarga de 30% como exemplo

	ficação eículos		N⁰ de	Eixos		Volume		Fatores de Veículos - USACE						
Classe	Tipo	Simples (roda	Simples (roda	Tandem duplo	Tandem triplo	(VDMA) Veíc	% de Veículos Comerciais	FE	C - Individua	al	FV - Total			
010330	npo	simples)	dupla)	(roda dupla)	(roda dupla)	Médio		Sobrecarga	Carregado	Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio	
2C	Com. 2	1	1	-	-	47	5,7%	17,77	3,57	0,15	1,01	0,20	0,01	
3C	Com. 3	1	-	1	-	227	27,6%	36,84	8,83	0,10	10,16	2,43	0,03	
2S2	Com. 4	1	1	1	-	38	4,6%	53,81	12,12	0,23	2,48	0,56	0,01	
2S3	Com. 5	1	1	-	1	217	26,4%	57,96	12,87	0,28	15,28	3,39	0,07	
3S3	Com. 6	1	-	1	1	194	23,6%	77,03	18,13	0,23	18,16	4,27	0,05	
3D4	Com. 7	1	-	3	-	88	10,7%	108,91	25,92	0,26	11,65	2,77	0,03	
3T6	Com. 9	1	-	4	-	12	1,5%	144,95	34,47	0,34	2,11	0,50	0,00	
		Tota	al			823	100,0%	-	-	-	60,86	14,14	0,21	
								Ponderaç	ão de carreç	gamento	0,1	0,7	0,2	
Hipótese: 70	% dos veículo	s comerciais	com carga r	máxima lega	l, 10% com s	obrecarga e	20% vazios				-			
		r			1			1	FV =	16,02				
Tipo d	le Eixo		Cargas (tf)			FC-USACE								
		Sobrecarga	Carregado	Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio							
simples (roda s		7,8	6,0	3,0	0,80	0,28	0,02							
simples (roda o	dupla)	13,0	10,0	5,0	16,97	3,29	0,13							
tandem duplo (roda dupla)	22,1	17,0	6,0	36,04	8,55	0,08							
tandem triplo (r	roda dupla)	33,2	25,5	9,0	40,19	9,30	0,13							

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO



		DETE	RMINAÇÃ	O DO NÚ	MERO		FEC DA	(X) USACE		() AAS	бнто		
Classifica	-		Nº de	Eixos		Volume			Fato	ores de Ve	ículos - USA	CE	
dos Veíci Classe	ulos Tipo	Simples (roda	Simples	Tandem duplo	Tandem triplo	Diário Médio Anual	% de Veículos Comerciais	11	ndividual			Total	
		simples)	(roda dupla)	(roda dupla)	(roda dupla)	(VDMA)		Sobrecarga	Carregado	Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio
2C	Com. 2	1	1	-	-	61	0,0440	10,87	3,57	0,15	0,48	0,16	0,01
3C	Com. 3	1	-	1	-	421,10	0,3033	23,81	8,83	0,10	1,05	0,39	0,00
252	Com. 4	1	1	1	-	63,56	0,0458	34,10	12,12	0,23	1,50	0,53	0,01
253	Com. 5	1	1	-	1	357,53	0,2575	36,58	12,87	0,28	1,61	0,57	0,01
3S3	Com. 6	1	-	1	1	309,86	0,2232	24,81	318,69	0,32	1,09	14,03	0,01
3D4	Com. 7	1	-	3	-	152,18	0,1096	70,28	25,92	0,26	3,09	1,14	0,01
3T6	Com. 9	1	-	4	-	23,22	0,0167	103,45	37,48	0,53	4,55	1,65	0,02
		То	otal			1389	1,0			Soma	13,38	18,46	0,08
Hipótese de	ocorrência	da distribuiçã	o de carga dos	s veículos na f	rota: 80% dos	veículos ca	rga máxima lega	al, 15% com sob	orecarga e 5%	% vazios	15%	80%	5%
Tipo de I	Fixo	Cargas (tf) (a	adotar 20% de	sobrecarga)	FC-I	JSACE (fórr	nulas)	FV =			16,78		
inpo de l		Sobrecarga	Carregado	Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio	N _(ano zero) = 365*FV*VDM					
simples (roda sir	mples)	7,2	6,0	3,0	0,58	0,28	0,02	N =	8504	1889	8,50E+06	Solicit	ações
simples (roda du	upla)	12,0	10,0	5,0	10,29	3,29	0,13				•		2
tandem duplo (ro	oda dupla)	20,4	17,0	6,0	23,23	8,55	0,08	Determinar o	o valor de N	l para um p	eríodo de 10	anos utiliza	ando uma
tandem triplo (ro	da dupla)	30,6	25,5	9,0	25,72	9,30	0,13		taxa de	crescimer	nto de 2,69%	/ano.	
Classes	Time	Volume	VDM	1		Ano/índice		N anual	N acun	aulada	Ì		
Classe 2C	Tipo Com. 2	100	61		000	Ano (p)	, Índice (I)	USACE	USA		[2+	(P-1)Tx/	100]
3C	Com. 2 Com. 3	689	421		ano 2013	And (<i>p</i>)		8,50E+06	8,50		$I = \frac{[2+1]}{2}$	2	
252	Com. 3	104	64		2013	1	1	8,50E+06	1,70			2	
252	Com. 5	585	358		2014	2	1,01345	8,62E+06	2,56				
353	Com. 6	507	310		2015	2	1,01345	8,73E+06	2,50E 3,44E				
333 3D4	Com. 7	249	152		2010	4	1,04035	8,85E+06	4,32		N 10) anos =	
3D4 3T6	Com. 9	38	23		2017	5	1,04033	8,96E+06	5,228				
510	2011. 9	50	1.389		2018	6	1,06725	9,08E+06	6,13		9	,87E+07	
Fatores relativ	vos a con	tagem	1.000	I	2020	7	1,0807	9,19E+06	7,04				
semanal (3dia		<u> </u>	40,0%		2021	8	1,09415	9,31E+06	7,976	=+07	——]		
mensal =	<i>,</i>		7,5%		2022	9	1,1076	9,42E+06	8,92E				
diário =			65,0%		2023	10	1,12105	9,53E+06	9,87E				

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

Departamento de Transportes e Obras de Terra



Exercício Modelo - determinação do número utilizando o FEC da USACE

	DETERMINAÇÃO DO NÚMERO							() USACE		(X) AAS	внто			
Classifica	2		Nº de	Eixos		Volume			Fato	ores de Ve	ículos - USA	CE		
dos Veíci	ulos					Diário	% de							
Classe	Tino	Simples (roda	Simples	Tandem duplo	Tandem triplo	Médio Anual	Veículos Comerciais	h	ndividual			Total		
Classe	Тіро	simples)	(roda dupla)	(roda dupla)		(VDMA)	comerciars	Sobrecarga	Carregado	Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio	
2C	Com. 2	1	1	-	-	61	0,0440	5,98	2,72	0,14	0,26	0,12	0,01	
3C	Com. 3	1	-	1	-	421,10	0,3033	4,21	1,97	0,04	0,19	0,09	0,00	
252	Com. 4	1	1	1	-	63,56	0,0458	9,48	4,36	0,16	0,42	0,19	0,01	
253	Com. 5	1	1	-	1	357,53	0,2575	9,35	4,28	0,16	0,41	0,19	0,01	
353	Com. 6	1	-	1	1	309,86	0,2232	5,21	311,83	0,26	0,23	13,73	0,01	
3D4	Com. 7	1	-	3	-	152,18	0,1096	11,20	5,25	0,08	0,49	0,23	0,00	
3T6	Com. 9	1	-	4	-	23,22	0,0167	14,19	6,57	0,09	0,62	0,29	0,00	
		То	otal			1389	1,0			Soma	2,62	14,83	0,04	
Hipótese de	ocorrência	da distribuição	o de carga dos	s veículos na f	rota: 80% dos	veículos ca	rga máxima lega	al, 15% com sob	orecarga e 5%	6 vazios	15%	80%	5%	
Tipo de I	Eixo	Cargas (tf) (a	adotar 20% de	sobrecarga)	FC-U	JSACE (fórn	nulas)		(ano zero) = 3	65*5\/*\/D	NA	FV =	FV = 12,26	
npo de l		Sobrecarga	Carregado	Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio		(ano zero) = 3					
simples (roda sir	mples)	7,2	6,0	3,0	0,72	0,33	0,02	N =	621454	16 248	6,21E+06	solicita	ações	
simples (roda du	ıpla)	12,0	10,0	5,0	5,26	2,39	0,12						2	
tandem duplo (ro	oda dupla)	20,4	17,0	6,0	3,49	1,64	0,02	Determinar o	o valor de N	para um p	período de 10	anos utiliza	ando uma	
tandem triplo (ro	da dupla)	30,6	25,5	9,0	3,37	1,56	0,02		taxa de	crescimer	nto de 2,69%	/ano.		
Classe	Тіро	Volume	VDM			Ano/índice)	N anual	N acum	nulado				
2C	Com. 2	100	61		ano	Ano (p)	Índice (I)	USACE	USA	CE	$I = \frac{[2+6]}{[2+6]}$	(P-1)Tx/	100]	
3C	Com. 3	689	421		2013	0	1	6,21E+06	6,21E	E+06	1 -	2		
252	Com. 4	104	64		2014	1	1	6,21E+06	1,24E	+07				
253	Com. 5	585	358		2015	2	1,01345	6,30E+06	1,87E	+07				
353	Com. 6	507	310		2016	3	1,0269	6,38E+06	2,51E	+07	NI			
3D4	Com. 7	249	152		2017	4	1,04035	6,47E+06	3,16E	E+07	IN 10	anos =		
3T6	Com. 9	38	23		2018	5	1,0538	6,55E+06	3,81E	E+07	-	215.07		
			1.389		2019	6	1,06725	6,63E+06	4,48E	+07		,21E+07		
Fatores relativ	vos a con	tagem		-	2020	7	1,0807	6,72E+06	5,15E	+07				
semanal (3dia	as) =		40,0%		2021	8	1,09415	6,80E+06	5,83E	E+07				
mensal =			7,5%		2022	9	1,1076	6,88E+06	6,52E	E+07				
diário =			65,0%		2023	10	1,12105	6,97E+06	7,21E	E+07				
		FACUL	DADE DE TECNOLOG	A DE SÃO PAULO				AI	POSTILA DE PROJETO	D DE PAVIMENTO	-			

Departamento de Transportes e Obras de Terra



$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$			DETE	ERMINAÇÃ	O DO NÚ	MERO		FEC DA	() USACE		() AAS	бнто			
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$		-		Nº de	Eixos			% de	Fatores de Veículos - USACE						
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$			(roda				Médio	Veículos	1	ndividual			Total		
Hipótese de ocorrência da distribuição de carga dos veículos na frota:dos veículos carga máxima legal, com sobrecarga e vazios FC-USACE (fórmulas) Nance zero, = 365*FV*VDM FV = Sobrecarga Carregado Vazio N = solicitações simples (roda simples) 6,0 3,0 N = solicitações simples (roda dupla) 10,0 Sobrecarga Carregado Vazio N = solicitações adde dupla) 10,0 Sobrecarga Carregado Vazio N = solicitações adde dupla) 10,0 Sobrecarga Carregado Vazio N = solicitações Indem duplo (roda dupla) 17,0 6,0 N = solicitações Classe Tipo Volume VDM Classe N acuer de N para un período de 10 anos utilizando um taxa de crescimento de			simples)	(Toda dupia)	(roda dupla)	(roda dupla)	(VDMA)		Sobrecarga	Carregado	Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio	
Hipótese de corrência da distribuição de carga dos veículos na frota:dos veículos carga máxima legal,com sobrecarga evaziosFV =Tipo de EixoCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)FC-USACE (fórmulas)N _(ano zero) = 365*FV*VDMFV =simples (roda simples)6,03,0Nsimples (roda dupla)10,05,0NesolicitaçõesItandem duplo (roda dupla)17,06,0NesolicitaçõesClasseTipoVolumeVDMCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)Sobrecarga CarregadoVazioN =solicitaçõesandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/indiceN anualN acumuladoCom. 2NCom. 2NCom. 3NCom. 4NCom. 6N anualN acumuladoCom. 4NCom. 6NCom. 6NCom. 6NCom. 6N<															
Hipótese de corrência da distribuição de carga dos veículos na frota:dos veículos carga máxima legal,com sobrecarga evaziosFV =Tipo de EixoCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)FC-USACE (fórmulas)N _(ano zero) = 365*FV*VDMFV =simples (roda simples)6,03,0Nsimples (roda dupla)10,05,0NesolicitaçõesItandem duplo (roda dupla)17,06,0NesolicitaçõesClasseTipoVolumeVDMCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)Sobrecarga CarregadoVazioN =solicitaçõesandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/indiceN anualN acumuladoCom. 2NCom. 2NCom. 3NCom. 4NCom. 6N anualN acumuladoCom. 4NCom. 6NCom. 6NCom. 6NCom. 6N<															
Hepótese de corrência da distribuição de carga dos veículos na frota:dos veículos carga máxima legal,com sobrecarga evaziosFV =Tipo de EixoCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)FC-USACE (fórmulas)N _(ano zero) = 365*FV*VDMFV =simples (roda simples)6,03,0FV =simples (roda dupla)10,05,0Nesolicitaçõestandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/índiceN anualN anualN acumuladotandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/índiceCom 3N anualN anualN anualCom 3NCom 3NCom 4NCom 7N anualN anualN anualN anualN anualCom 6NCom 3NCom 4Com 5Com 7NCom 6Com 6Com 6Com 6Com 7NCom 6Com 6<															
Hipótese de corrência da distribuição de carga dos veículos na frota:dos veículos carga máxima legal,com sobrecarga evaziosFV =Tipo de EixoCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)FC-USACE (fórmulas)N _(ano zero) = 365*FV*VDMFV =simples (roda simples)6,03,0Nsimples (roda dupla)10,05,0NesolicitaçõesItandem duplo (roda dupla)17,06,0NesolicitaçõesClasseTipoVolumeVDMCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)Sobrecarga CarregadoVazioN =solicitaçõesandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/indiceN anualN acumuladoCom. 2NCom. 2NCom. 3NCom. 4NCom. 6N anualN acumuladoCom. 4NCom. 6NCom. 6NCom. 6NCom. 6N<															
Hepótese de corrência da distribuição de carga dos veículos na frota:dos veículos carga máxima legal,com sobrecarga evaziosFV =Tipo de EixoCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)FC-USACE (fórmulas)N _(ano zero) = 365*FV*VDMFV =simples (roda simples)6,03,0FV =simples (roda dupla)10,05,0Nesolicitaçõestandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/índiceN anualN anualN acumuladotandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/índiceCom 3N anualN anualN anualCom 3NCom 3NCom 4NCom 7N anualN anualN anualN anualN anualCom 6NCom 3NCom 4Com 5Com 7NCom 6Com 6Com 6Com 6Com 7NCom 6Com 6<															
Hepótese de corrência da distribuição de carga dos veículos na frota:dos veículos carga máxima legal,com sobrecarga evaziosFV =Tipo de EixoCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)FC-USACE (fórmulas)N _(ano zero) = 365*FV*VDMFV =simples (roda simples)6,03,0FV =simples (roda dupla)10,05,0Nesolicitaçõestandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/índiceN anualN anualN acumuladotandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/índiceCom 3N anualN anualN anualCom 3NCom 3NCom 4NCom 7N anualN anualN anualN anualN anualCom 6NCom 3NCom 4Com 5Com 7NCom 6Com 6Com 6Com 6Com 7NCom 6Com 6<															
Hepótese de corrência da distribuição de carga dos veículos na frota:dos veículos carga máxima legal,com sobrecarga evaziosFV =Tipo de EixoCargas (tf)(adotar% de sobrecarga)FC-USACE (fórmulas)N _(ano zero) = 365*FV*VDMFV =simples (roda simples)6,03,0FV =simples (roda dupla)10,05,0Nesolicitaçõestandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/índiceN anualN anualN acumuladotandem duplo (roda dupla)17,06,0Ano/índiceCom 3N anualN anualN anualCom 3NCom 3NCom 4NCom 7N anualN anualN anualN anualN anualCom 6NCom 3NCom 4Com 5Com 7NCom 6Com 6Com 6Com 6Com 7NCom 6Com 6<				l htal							Soma				
Tipo de EixoCarraga (I) (adotar% de sobrecarga)FC-USACE (fórmulas)Sobrecarga CarregadoVazioSobrecarga CarregadoVazioNsimples (roda simples)6,03,0NN =solicitaçõessimples (roda dupla)10,05,0Determinar o valor de N para un periodo de 10 anos utilizando um taxa de crescimento de															
Tipo de EixoNacional Sobrecarga CarregadoVazioN _(ano zero) = 365°FV*VDMSimples (roda simples)6,03,0NNSolicitaçõessimples (roda dupla)10,05,0Determinar o valor de N para um período de 10 anos utilizando um taxa de crescimento de	Hipótese de	ocorrência	a da distribuiçê	ão de carga do	s veículos na	frota: <u>dos v</u>	veículos car	ga máxima lega	l, com sob	orecarga e	vazios				
SobrecargaCarregadoValueSobrecargaCarregadoValue <td>Tina da</td> <td>-</td> <td>Cargas (tf) (a</td> <td>adotar <u>%</u> de</td> <td>sobrecarga)</td> <td>FC-U</td> <td>SACE (fór</td> <td>mulas)</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3">FV =</td>	Tina da	-	Cargas (tf) (a	adotar <u>%</u> de	sobrecarga)	FC-U	SACE (fór	mulas)				FV =			
simples (roda dupla)10,05,0IIIN =Solicitaçõestandem duplo (roda dupla)17,06,0IIDeterminar o valor de N para um período de 10 anos utilizando um taxa de crescimento deano.tandem triplo (roda dupla)25,59,0IIIDeterminar o valor de N para um período de 10 anos utilizando um taxa de crescimento deano.ClasseTipoVolumeVDMVDMN anualN anualN acumulado USACEI= [2+(P-1)Tx/100]Com. 3III <td>npo de</td> <td>EIXO</td> <td>Sobrecarga</td> <td>Carregado</td> <td>Vazio</td> <td>Sobrecarga</td> <td>Carregado</td> <td>Vazio</td> <td colspan="4">N_(ano zero) = 365[°]FV[°]VDM</td> <td></td>	npo de	EIXO	Sobrecarga	Carregado	Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio	N _(ano zero) = 365 [°] FV [°] VDM						
simples (roda dupla)10,05,0Image: stand	simples (roda si	imples)		6,0	3,0				N – solicitações						
Landem triplo (roda dupla)25,59,0IIItaxa de crescimento de/ano.ClasseTipoVolumeVDMCom. 2IICom. 3IICom. 4IICom. 5IIICom. 7IIIIICom. 9IIICom. 9IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII		• •		10,0	-								-		
ClasseTipoVolumeVDMCom. 2 ano $Ano/indice$ $N anual$ $N acumulado$ Com. 3 ano $Ano/indice(I)$ USACEUSACECom. 3 ano ano $Ano(p)$ $indice(I)$ USACE $USACE$ Com. 4 ano ano ano ano ano ano Com. 5 ano ano ano ano ano ano Com. 6 ano ano ano ano ano ano Com. 7 ano ano ano ano ano ano Com. 9 ano ano ano ano ano ano Semanal (3dias) = ano ano ano ano ano ano mensal = ano ano ano ano ano ano ano		• •		-	-				Determinar		• •			ando uma	
Con. 2 Image: control of the contr	tandem triplo (ro	oda dupla)		25,5	9,0					taxa de	crescimer	to de	_/ano.		
Image: Com. 2 Image: Com. 3	Classe	Tipo	Volume	VDM			Ano/índice	•	N anual	N acum	nulado				
Com. 3 Com. 3 Com. 4 Com. 4 Com. 4 Com. 5 Com. 5 Com. 5 Com. 6 Com. 6 Com. 7						ano	Ano (p)	Índice (I)	USACE	USA	CE	, _ [2+0	(P-1)Tx/2	100]	
Com. 5 Image: Com. 5 Image: Com. 6 Image: Com. 7		Com. 3		~		2013						1 =	2		
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $		Com. 4		~		2014	1								
Com. 7 Image: Com. 7		Com. 5				2015	2								
Com. 9 Com. 9 Com. 9 Com. 9 Fator 2018 Semanal (3dias) = 0 mensal = Com. 9		Com. 6				2016	3					N	_		
Control Control Control Control Control Fator 2019 6 6 6 Semanal (3dias) = mensal = 1 1 1 Image: Control 1 1 1 Image: Control 1 1 1		Com. 7				2017	4					IN 10) anos —		
Fator 2020 7 Image: Constraint of the second		Com. 9													
semanal (3dias) = 2021 8															
mensal = 2022 9									ļ						
		as) =							ļ	l					
diário = 2023 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10															
	diário =					2023	10								

Departamento de Transportes e Obras de Terra



		DETE	RMINAÇÃ	Ó DO NÚ	MERO		FEC DA	() USACE		() AAS	внто		
Classific	2		Nº de	Eixos		Volume			Fato	res de Ve	ículos - USA	CE	
dos Veío Classe	Tipo	Simples (roda	Simples	Tandem duplo	Tandem triplo	Diário Médio Anual	% de Veículos Comerciais		ndividual			Total	
	inpo	simples)	(roda dupla)	(roda dupla)	(roda dupla)	(VDMA)	comerciais	Sobrecarga	Carregado	Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio
		Ic	otal							Soma			
Hipótese de	e ocorrência	ı da distribuiçã	io de carga do	s veículos na	frota:dos	veículos car	ga máxima lega	l, com sob	recarga e	vazios			
Tipo de	Eixo		dotar <u>%</u> de			SACE (fói	,	N _(ano zero) = 365*FV*VDM				FV =	
•		Sobrecarga			Sobrecarga	Carregado	Vazio						
simples (roda s	. ,		6,0	3,0				── N =solicitações					
simples (roda d			10,0	5,0								-	
tandem duplo (r			17,0	6,0				Determinar o		• •	período de 10		ando uma
tandem triplo (ro	oda dupla)		25,5	9,0					taxa de	crescimen	to de	_/ano.	
Classe	Тіро	Volume	VDM			Ano/índice	9	N anual	N acum	ulado			
	Com. 2				ano	Ano (p)	Índice (I)	USACE	USA	CE	$I = \frac{[2+1]}{2}$	(P-1)Tx/2	100]
	Com. 3				2013	0					. –	2	
	Com. 4				2014	1							
	Com. 5				2015	2							
	Com. 6				2016	3					NI	_	
	Com. 7				2017	4		N _{10 anos} =					
	Com. 9				2018	5							
					2019	6							
Fator				•	2020	7							
semanal (3di	as) =				2021	8							
mensal =					2022	9							
diário =					2023	10							

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

Departamento de Transportes e Obras de Terra



mensal =

diário =

		DETE	RMINAÇÃ	O DO NÚ	MERO		FEC DA	() USACE		() AA	SHTO		
Classific dos Veío	2		Nº de	Eixos		Volume	or 1		Fato	res de Ve	ículos - USA	CE	
Classe	Tipo	Simples (roda	Simples	Tandem duplo	Tandem triplo	Diário Médio Anual	% de Veículos Comerciais	1	ndividual			Total	
		simples)	(roda dupla)	(roda dupla)	(roda dupla)	(VDMA)	comerciais	Sobrecarga Carregado Vazio		Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio
		То	otal					Soma					
Hipótese de	ocorrência	a da distribuiçã	o de carga do	s veículos na	frota: <u>dos</u>	veículos car	ga máxima lega	l, com sob	recarga e	vazios			
Tipo de	Eixo		dotar% de	1		SACE (fói	, ,	N _(ano zero) = 365*FV*VDM			FV =		
•		Sobrecarga		Vazio	Sobrecarga	Carregado	Vazio						
simples (roda s simples (roda d	• •		6,0 10,0	3,0 5,0				N =			soli	citações	
tandem duplo (r	• •		10,0	6,0				Determinar	o valor de N	para um p	período de 10	anos utiliza	ando uma
tandem triplo (ro	oda dupla)		25,5	9,0								_/ano.	
Classe	Tipo	Volume	VDM	l .		Ano/índice	2	N anual	N acum	ulado	1		
Classe	Com. 2	Volume	V DIVI		ano	Ano (p)	Índice (I)	USACE	USA		$I = \frac{[2+6]}{2}$	(P-1)Tx/2	100]
	Com. 3				2013	0					1 =	2	
	Com. 4				2014	1							
	Com. 5				2015	2							
	Com. 6				2016	3					N	_	
	Com. 7				2017	4					IN 10	anos =	
	Com. 9				2018	5							
					2019	6							
Fator					2020	7							
semanal (3di	as) =				2021	8							

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

2022

2023

9

10

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

Departamento de Transportes e Obras de Terra



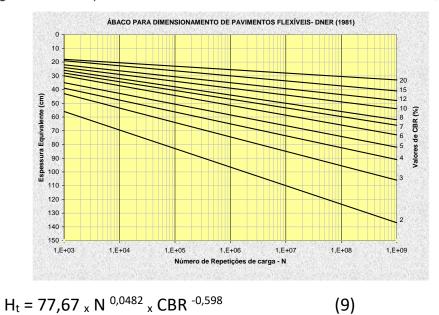
Tipo de Material	Coeficiente Estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto asfáltico	2,0
Base ou revestimento pré-misturado a quente de graduação densa	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio de graduação densa	1,4
Base ou revestimento asfáltico por penetração	1,2
Base Granulares	1,0
Sub-base granulares	0,77 (1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência aos 7 dias superior a 4,5MPa (compressão)	1,7
Solo-cimento com resistência aos 7 dias entre 2,8 a 4,5MPa (compressão)	1,4
Solo-cimento com resistência aos 7 dias entre 2,1 a 2,8MPa (compressão)	1,2
Bases de solo-cal	1,2

Tabela 7 - Coeficiente de equivalência estrutural dos materiais DNIT

Tabela 8 - Espessuras de revestimento asfálticos

N (repetições) do ESRD de 80 kN	Tipo de Revestimento	Espessura (mm)
≤ 10 ⁶	Tratamentos superficiais	15 a 30
10 ⁶ < N ≤ 5 x 10 ⁶	CA, PMQ, PMF	50
$5 \times 10^6 < N \le 10^7$	Concreto asfáltico	75
$10^7 < N \le 5 \times 10^7$	Concreto asfáltico	100
N > 5 x 10 ⁷	Concreto asfáltico	125

Figura 1 - Ábaco para Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis- DNER (1981).

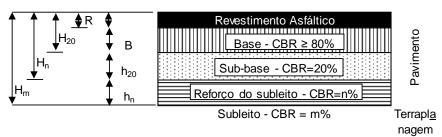




FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra





Ex 4 $N = 5 \times 10^7$ solicitações, subleito CBR = 7%, reforço do subleito = 10%, sub-base (solo cal) = 40%, base (solo cimento > 4,5 MPa) = 80%.

Ex 5 - Dimensionar as camadas do pavimento, pelo Método do DNER, de forma a obter a estrutura com menor custo, utilizando os materiais relacionados abaixo:

Considerar uma camada de binder (PMQ de graduação densa) como parte da espessura total do revestimento.

Pavimentos	Número N (solicitações)	Condições subleito
А	7*10 ⁶	CBR _m = 3%
В	7*10 ⁵	CBR _m = 5%
С	7*10 ⁸	$CBR_m = 4\%$
D	3*10 ⁷	CBR _m = 6%

Material	Característica	(K)	Custo* (R\$) (linear)
CA	Concreto asfáltico	2,0	320,00/5 cm
Binder	Pré-misturado a quente - graduação densa	1,7	280,00/5 cm
Solo granular	Tipo 1 - CBR = 65%	1,0	150,00 /10 cm
Solo	Tipo 2 - CBR = 40%	1,0	110,00/10 cm
Material granular	Tipo 3 - CBR = 30%	1,0	90,00/10 cm
Solo cal	CBR = 50%	1,2	115,00/10 cm
BGS	<i>C</i> BR = 110%	1,0	75,00/10 cm
Solo cimento	CBR = 90%	1,2	175,00/10 cm
Solo cimento	<i>C</i> BR = 110%	1,4	205,00/10 cm
Solo cimento	CBR = 90%	1,7	235,00/10 cm
CCR	CBR > 150%	1,7	280,00/10 cm
Solo	Tipo 4 - CBR = 8%	1,0	40,00/10 cm
Solo	Tipo 5 - CBR = 12%	1,0	60,00/10 cm
Solo	Tipo 6 - CBR = 15%	1,0	55,00/10 cm
Solo	Tipo 7 - CBR = 10%	1,0	50,00/10 cm

(*) Os valores apresentados são simbólicos.

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO Departamento de Transportes e Obras de Terra



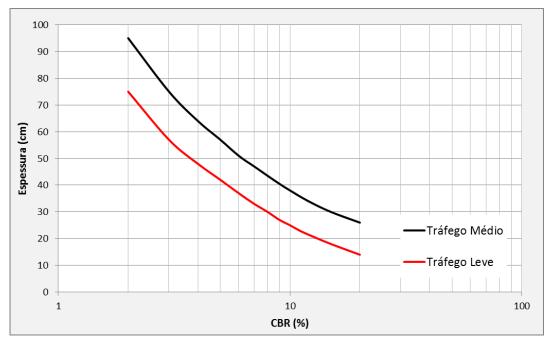


Figura 3 - Ábaco de Dimensionamento para tráfego leve e médio SIURB/PMSP – (adaptação do método do Corpo de Engenheiros – USACE)

Na Tabela 16 são apresentas as espessuras Hsl correlatas aos valores de CBR, para ambos os dois tipos de tráfegos.

CBR (%)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20
Tráfego Leve	75	56	48	42	37	33	30	27	25	23	21	18	14
Tráfego Médio	95	75	64	57	51	48	44	40	39		34	30	26

Tabela 9- Valores das espessuras Hsl em função dos índices de CBR

Tabela 10 - Tipo de material do revestimento e espessura mínima

Tráfego	Tipo de revestimento	Espessura (cm)
	PMQ	4,0
Leve	CA	3,5
Médio	CA	5,0

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

FATEC-SP

As espessuras da base (B), sub-base (h_{SB}), e reforço do subleito (H_{ref}) são obtidas pela resolução sucessiva das inequações D, E e F respectivamente.

RK _R	· BK _B ≥ H _{SB}	D
RK _R	· BK _B + h _{SB} K _{SB} ≥ H _{REF}	E
RK _R	· BK _B + h _{SB} K _{SB} + H _{REF} K _{REF} ≥ H _{SL}	F
Onde: K _R K _B K _{SB} K _{Ref} H _{SB} H _{REF} H _{SL}	coeficiente estrutural do revestimento coeficiente estrutural da base coeficiente estrutural da sub-base coeficiente estrutural do reforço do subleito espessura fornecidas pela figura 01 para CBR espessura fornecidas pela figura 01 para CBR	SB ou M-CBRSB REF ou M-CBRREF

Figura 4 - Esquema elucidativo PMSP para tráfego médio.

H _{sL}			R	KR	
	H_{REF}	H _{SB}	В	KB	
			h _{SB}	K _{SB}	CBR _{SB}
			h _{REF}	K _{REF}	CBR _{REF}
			•		CDD

CBR_{SL}

Figura 5 - Esquema elucidativo PMSP para tráfego leve com base mista

		R	K _R	
H_{SL}	H_{REF}	MB	K _{MB}	Dece miste
		MB	K MH	Base mista
		h _{REF}	K _{REF}	
				CBR _{SL}

Reitera-se que:

- (i) adotaremos nessas notas de aula a opção de base mista somente para tráfego leve.
- (ii) A camada de reforço do subleito é opcional. Utiliza-se em função da capacidade de suporte do subleito.
- (iii) Embora, no dimensionamento, a espessura da base mista seja determinada de uma única vez, ao final da execução em pista, obtém-se duas camadas: base de macadame betuminoso e "sub-base" de macadame hidráulico.

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO Departamento de Transportes e Obras de Terra



Tráfego	Material	Espessura (cm)
	Macadame betuminoso (MB)	5,0
Leve (base mista)	Brita graduada simples (BGS) / Macadame hidráulico (MH)	10,0
Médio	MB=5cm / PMQ = 4,0 cm / Binder = 4,0 cm Ligação	5,0 / 4,0 / 4,0
	Brita graduada simples (BGS) / Macadame hidráulico (MH)	10,0

Tabela 11 - espessuras mínimas de base recomendadas

Camada	CBR (%)	Expansão (%)		
Base	≥ 80	<u> ≤</u> 0,5		
Sub-bases	<u>≥</u> 30	≤ 1,0		

Figura 6 - Coeficiente de equivalência estrutural dos materiais

Camada do Pavimento	Coeficiente estrutual (K)
Base ou revestimento de concreto asfáltico	2,0
Base ou revestimento de concreto magro/CCR	2,0
Base ou revestimento de Pré-Misturado a Quente, de graduação Densa / Binder	1,8
Base ou revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,4
Base ou revestimento asfáltico por penetração	1,2
Paralelepípedos	1,0
Base de brita graduada simples (BGS) Macadame hidráulico (MH) e estabilizadas granulometricamente	1,0
Sub-bases granulares ou estabilizadas com aditivos	≤ 1,0
Reforço do subleito	≤ 1,0
Base de solo cimento (SC) ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,7
Base de BGTC com resistência à compressão aos 7 dias entre 2,8 e 4,5 MPa	1,4
Base de solo cimento (SC), com resistência aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,2
Base de solo melhorado com cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 Mpa	1,0

$$K_{SB} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{SB}}{3*CBR_{REF}}} < 1 \qquad \qquad K_{REF} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{REF}}{3*CBR_{SL}}} < 1$$

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO Departamento de Transportes e Obras de Terra



Exercícios

Ex-	Ex-1		-2	Ex	Ex-3		Ex-4		Ex-5	
Estacas	CBR _{SL}									
72	6	12	13	45	3	118	8	721	2	
73	5	13	12	47	4	120	9	722	3	
74	4	14	11	49	5	122	8	723	2	
75	5	15	10	51	3	124	7	724	2	
76	5	16	11	53	5	126	8	725	3	
77	5	17	13	55	4	128	8	726	4	
78	5	18	12	57	4	130	9	727	2	
79	5	19	12	59	3	132	8	728	4	
80	5	20	14	61	3	134	6	729	3	
81	5	21	12	63	5	136	8	730	5	
82	5	22	10	65	3	138	9	731	4	
83	4	23	13	67	4	140	7	732	3	
84	5	24	12	69	5			733	3	
85	4	25	11	71	3			734	2	
86	6	26	12	73	5					
87	6	27	13	75	5					
Média		Média		Média		Média		Média		
D.Padrão		D.Padrão		D.Padrão		D.Padrão		D.Padrão		
CBR proj.		CBR proj.		CBR proj.		CBR proj.		CBR proj.		
Tráfego Leve	9	Tráfego Le		Tráfego M	édio	Tráfego M	édio	Tráfego M	édio	
Base mista	1	Base mista	3							
CBR _{REF}	11%	CBR _{REF}		CBR _{REF}	10%	CBR _{REF}	12%	CBR _{REF}	10%	

Distribuição t de Student

	-			$p(t_{g} \leq T)$				
gl	0,600	0,750	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995	0,9995
1	0,325	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
2	0,289	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,598
3	0,277	0.765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,271	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,267	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,265	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0.263	0.711	1,415	1,895	2,365	2.998	3,499	5,408
8	0,262	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,261	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,260	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3.169	4,587
11	0,260	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3.106	4,437
12	0,259	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4.318
13	0,259	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,258	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,258	0.691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4.073
16	0,258	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,257	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3.965
18	0,257	0.688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0,257	0.687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0.257	0.686	1.323	1,721	2,080	2.518	2,831	3,819
22	0.256	0.686	1.321	1,717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0,256	0.685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,256	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,256	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,256	0.684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0.256	0.684	1,314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.689
28	0,256	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,256	0.683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0.256	0.683	1,310	1.697	2.042	2.457	2,750	3.646
40	0,255	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,254	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,254	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
00	0.253	0.674	1.282	1,645	1.960	2.326	2.576	3.291

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO



Materiais	Intervalo de valores de módulo de resiliência (MPa)
Concreto asfálticos	
• Revestimento (CAP 50/70)	2000 a 5000
• Revestimento (CAP 30/45)	2500 a 4500
• Binder (CAP 50/70)	2000 a 3000
• Binder (CAP 30/45)	2500 a 4000
Materiais granulares	
• Brita graduada	150 a 300
Macadame hidráulico	250 α 450
Materiais estabilizados quimicamente	
• Solo-cimento	5000 a 10000
• Brita graduada tratada com cimento - BGTC	7000 a 18000
Concreto compactado com rolo - CCR	7000 a 22000
Concreto de cimento Portland	30000 a 35000
Solo fino em base e sub-base	150 a 300
Solo fino em subleito e reforço de subleito	
• Solo de comportamento laterítico LA, LA´e LG´	100 a 200
 Solo de comportamento não laterítico 	25 α 75

Tabela 13 - Valores Usuais de Módulo de Resiliência ou Elasticidade

IP-DE-P00/001 (2006) - DER-SP

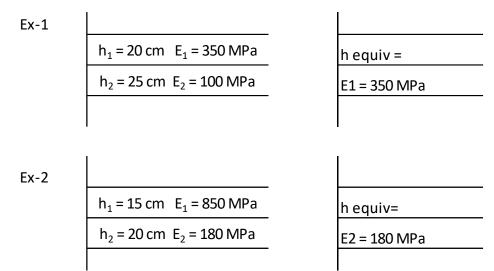
Figura 7 - Guide Pratique de Dimensionnement - LCPC

	p/ μ = 0,5			h1 E1
	= h" E1	h' E2	=	h2 E2
Equação	$= h_2 + 0.9 h_1 \sqrt[3]{E_1/E_2}$	į		
Equação	$= h_1 + 0.9 h_2 \sqrt[3]{E_2/E_1}$			

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra





Exemplo – pavimento flexível

Ex.1 - Dimensionar as duas estruturas de pavimentos flexíveis, pelo método do CBR, para N = 8,8*10⁷ solicitações, BGS como material de base e sub-base de material granular. Pavimento I com subleito de CBR_{nI} = 5% e pavimento II com subleito de CBR_{nII} = 12%.

Na Tabela 33 são apresentadas as duas estruturas obtidas com base no método de dimensionamento do CBR. Observe-se que as camadas de base e sub-base foram reduzidas para uma camada com o módulo de resiliência da base, conforme Guide Pratigue de Dimensionnement - LCPC

		Pav I				Pav II				
Camada	Camada Material		MR (MPa)	Espessura (mm)	MR (MPa)	Espessura (mm)	MR (MPa)	Espessura (mm)	MR (MPa)	
Revestimento	CA	125	3000	125	3000	125	3000	125	3000	
Base	BGS	150	300	400*	300	150	300	270*	300	
Sub-base	Granular	320	200			150	200			
Subleito		CBR = 5% (NS')	50		50**	CBR = 15% LG'	190		190***	

Tabela 14 - Estruturas dos pavimentos I e II

(*) Redução de duas camadas para uma conforme Guide Pratique de Dimensionnement - LCPC - Figura 27

(**) Valor de MR = 18* CBR/0,64 - DER-SP

(***) Valor de MR = 22 * CBR^0,8 - DER-SP

a) Após o dimensionamento das estruturas, realizar a análise mecanicista com base na deformação específica de tração na fibra inferior mais solicitada do revestimento asfáltico.

Procedimento:

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO Departamento de Transportes e Obras de Terra

FATEC-SP

- 1º passo: determinar a deformação específica de tração para as combinações possíveis da Tabela 1. Observar as espessuras e módulos de resiliência correspondentes ao modelo (lote).
- 2º passo: determinar o N_f (número N de campo) com base na deformação específica de tração e equação 19,
- 3° passo: obter a relação entre o Nf / Np. Condição satisfatória para relação > 1.

Na Tabela 34 estão apresentados os valores das espessuras, os respectivos valores de módulos de resiliência e por fim, os valores da relação N_f / N_p .

Faturations	Parâmetros de cálculo			Espessuras e Módulos recomendados					
Estrutura	ε _t =	Nf	Nf / Np	e _{CA}	e _{BGS}	E _{CA}	E _{BGS}	E _{SUB}	Q _{ESRD}
	1,81E-04	6,13E+07	0,70	125	400	3000	300	50	80000
David	1,59E-04	9,00E+07	1,02	150	400	3000	300	50	80000
Pav I	1,90E-04	5,34E+07	0,61	125	300	3000	300	50	80000
	1,66E-04	7,83E+07	0,89	150	300	3000	300	50	80000
	1,58E-04	9,10E+07	1,03	125	270	3000	300	190	80000
Pav II	1,55E-04	9,58E+07	1,09	125	300	3000	300	190	80000
Favii	1,39E-04	1,34E+08	1,52	150	270	3000	300	190	80000
	1,36E-04	1,41E+08	1,60	150	300	3000	300	190	80000

Tabela 15 - Espessuras e MRs e valores da relação N $_{\rm F}$ / $N_{\rm P}$

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO



Exercício 1 - CA

Determinar a compatibilidade do número N de projeto com o número N admissível de campo determinado pela deformação de tração na fibra inferior mais solicitada do CA com emprego da falha por fadiga, com possíveis combinações abaixo.

Considerar um tipo de estrutura que propicie um número N , superior ao de projeto e que apresente o menor custo

 $\varepsilon_{t(adm)} = \left(\frac{2,96 * 10^{-5}}{N}\right)^{\frac{1}{3,291}}$

Adotar: N de projeto =
 7,20E+07
 solicitações
 Condição de aceitabilidade:

$$\mathcal{E}_t$$
 adm > \mathcal{E}_t atuante

 $\mathcal{E}_{tf} = 10^{-3,546541} * e_{CA}^{-0,717727} * e_{BGS}^{-0,163944} * E_{CA}^{-0,472859} * E_{BGS}^{-0,355946} * E_{Sub}^{-0,149334} * Q_{ESRD}^{0,920915}$
 \mathcal{E}_{t} = deformação de tração atuante na fibra inferior do CA

e_{CA} = espessura de concreto asfáltico (mm)

e_{BGS} = espessura da sub-base de brita graduada simples (mm)

E_{CA} = módulo de resiliência do da mistura asfáltica (Mpa)

E_{BGS} = módulo da camada de BGS (MPa)

E_{SUB} = módulo de resiliência do subleito (Mpa)

 Q_{ESRD} = carga total sobre o eixo simples de rodas duplas (N)

	Camada	Espessuras	MR (kgf/cm ²)	\$
Reventimento	A	100/125	mistura CA tipo I - 3000	\$6000 / 50 mm
Revenumento	В	1007125	mistura CA tipo II - 3500	\$7000 / 50 mm
Base		200/250/300	280	\$2000 / 100 mm
Subleito		-0-	100	-0-

(combinar espessuras com valores de MR)

$\epsilon_t adm =$										
Parâmetros de cálculo			Espessuras e Módulos recomendados						\$	
ε _{t atuante}	$\epsilon_{t \text{ adm}} / \epsilon_{t \text{ atuante}}$	$\epsilon_{t adm} > \epsilon_{t atuante}$	e cauq	e BGS	E CAUQ	E BGS	E Sub	Q ESRD	Combinação	ð

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

 $\left(\frac{1}{\varepsilon_t}\right)^{3,291}$

 $N = 2,95 * 10^{-5}$

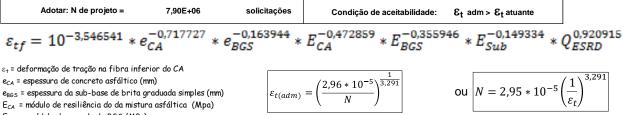
ou



Exercício 2 - CA

Determinar a compatibilidade do número N de projeto com o número N admissível de campo determinado pela deformação de tração na fibra inferior mais solicitada do CA com emprego da falha por fadiga, com possíveis combinações abaixo.

Considerar um tipo de estrutura que propicie um número N f superior ao de projeto e que apresente o menor custo



e_{BGS} = espessura da sub-base de brita graduada simples (mm)

E_{CA} = módulo de resiliência do da mistura asfáltica (Mpa)

E_{BGS} = módulo da camada de BGS (MPa)

E_{SUB} = módulo de resiliência do subleito (Mpa)

Q_{ESRD} = carga total sobre o eixo simples de rodas duplas (N)

	Camada	Espessuras	MR (kgf/cm ²)	\$
Reventimento	A	50/75	mistura CA tipo I - 2500	\$5000 / 50 mm
	В	50775	mistura CA tipo II - 3000	\$6000 / 50 mm
Base		150 / 200	250	\$2000 / 100 mm
Subleito		-0-	60	-0-

(combinar espessuras com valores de MR)

$\epsilon_t adm =$										
I	Parâmetros de cálculo			Espessuras e Módulos recomendados						\$
εt atuante=	t adm / et atuan	et adm > et atuante	e cauq	e BGS	E CAUQ	E BGS	E Sub	Q ESRD	ombinaçã	

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO



Exercício 1

Dada a estrutura de um pavimento semirrígido invertido conforme tabela ao lado , efetuar a análise mecanicita com a verificação da deformação de tração (ϵ t) na fibra inferior da camada asfáltica, a tensão de tração (σ t) na fibra inferior da camada cimentada e a deformação e tensão vertical no topo do subleito.

Pavimento invert	ido	N = 5,1*	10^7	
	Material	Espessuras	MR	Coef.
	wateria	(cm)	(kgf/cm ²)	Poisson
Revestimento	CA	12,5	40.000	0,3
Base	BGS	15	3.500	0,4
Sub-base	BGTC	15	80.000	0,35
Subleito	ubleito \$in natura			0,4

Mistura asfáltica

 $\varepsilon_{t} = 1,499 \times 10^{-2} \times e_{CA}^{-0,589} \times e_{BGS}^{-0,272} \times e_{BGTC}^{-0,070} \times E_{CA}^{-0,020} \times E_{BGS}^{-0,400} \times E_{BGTC}^{-0,040} \times E_{SUB}^{0,014}$

ε_{t(adm)}

r		$\mathcal{E}_{t}(atuanta)$
К	n	$\frac{\varepsilon_{t(atuante)}}{\varepsilon_{t(atuante)}} < 1$
2,961E-05	3,291	E _{t (adm)}
ε _{t adm} =	$=\left(\frac{K}{N}\right)^{\frac{1}{n}}$	

Sub-base cimentad	ła

 $\sigma_{t} = 4,313 * e_{CA}^{-0,627} * e_{BGS}^{-0,381} * e_{BGTC}^{-0,553} * E_{CA}^{-0,019} * E_{BGS}^{-0,040} * E_{BGTC}^{-0,557} * E_{SUB}^{-0,279}$

$\sigma_{t(adm)} =$	[(17,137	$\frac{-\log(\frac{N_{projeto}}{FCL})}{19,608}\right)$	* $\sigma_{t(adm)}$	
Espessuras BGTC	σ _t (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$		
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21			IP 08 PMSP - Equação 38	
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO



Subleito $\mathcal{E}_{\mathcal{V}} = \left(\frac{K}{N}\right)^{\frac{1}{n}}$ Image: Deformação $\mathcal{E}_{v(adm)}$ $\mathcal{E}_{v(adm)}$ Asphalt Institute (Santucci, 1984) $\mathcal{E}_{v(atuante)}$ 1,04E-04(Elsym 5)

		(kgf/cm ²)	Relação	$\sigma_{adm} = \frac{0,006MR}{(1+0,7logN)}$
Tensão	$\sigma_{v(adm)}$	(Kostemberger Heukelon equação 37
	$\sigma_{v(atuante)}$	0,108		(Elsym 5)

Exercicio 2	_				
Dada a estrutura de um pavimento semirrígido					
invertido conforme tabela ao lado , efetuar a análise	Pavimento inv	ertido	N = 8*1	.0^6	
mecanicita com a verificação da deformação de		Material	Espessuras	MR	Coef.
tração (ɛt) na fibra inferior da camada asfáltica, a		Wateria	(cm)	(kgf/cm ²)	Poisson
	Revestimento	CA	7,5	30.000	0,3
tensão de tração (σ t) na fibra inferior da camada	Base	BGS	15	2.500	0,4
cimentada e a deformação e tensão vertical no topo	Sub-base	BGTC	15	70.000	0,35
do subleito.	Subleito	\$ in natura	0	700	0,4

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO Departamento de Transportes e Obras de Terra APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO



FAT		LDADE [ino :	DE TECNOL	.OGIA DE	E SÃO PAUL	o -		Departame			-	ortes e C				- ata 28/07/2		dson
Questão '	1 – Atendendo	no mínimo	o a estrutura er	ncontrada n	o dimensionam	ento, verif	ica	r mecanicistic	amente	aco	ompatibili	dade da e	strutur	a face	a tensã	o de tração na	a fibra inferior (la camada
	cim	entada, cor	ndicionar a esp	essura da l	BGTC para ade	quação da	es	trutura. Dete	minar a	aest	rurura (co	oncebida)	ao <u>mer</u>	nor cu	sto (VAL	OR < R\$ 24.8	,00,00	
Adotar: N	de projeto =	5,9	0E+07	solicitações	ਰਾ	(ruptura) =		1,3	Mpa		FCL =	0,05			(17,	$137 - \log(-1)$	$\frac{V_{projeto}}{FCL}$)	
$\sigma_t = 59$	9,463847	. CCAUC	- 0,323205 .	ebgtc- 1	.178098 . 6 6	35- 0,0078	38	7. Esub -0.2	214274		QESRD	0,970153	$\sigma_{t(a)}$	(dm)	= [($137 - \log(-19,608)$	$(10E) * \sigma$	t(ruptura)
			flexão na l	base (M	Pa)	σ	-(-	atu anto)		c	Camada	MR (MP	i) Esp	essura	as (mm)	\$/espessura	Camada	Esp. (mm)
	= espessui = espessui		AUQ (mm)			<u> </u>	<u> </u>	$\frac{utuante)}{2(adm)} < 1$	L,00	Res	/estimento		1	00 /12	5/150	2500.⁄5cm	Revestimneto	
OBGS =	espessur	a da su	bbase (mn				o_t	t(adm)			ватс			170 a		7000/10cm	BGS	
			cia do sub • o eixo sin		≥a) ∙ rodas dup	las (kN)					BGS			50/200		3000/10 cm	BGTC	
	_	[-						5	Subleito	200						
ठt (a	adm) =	0,	5347	MPa													Custo	
Esp. de	teste	1	teste	2	treste	3	1	teste	4			teste 5			tes	te 6	test	÷ 7
BGTC (mm)	ರt (atuante)	Relação	ot (atuante)	Relação	ot (atuante)	Relação		ot (atuante)	Relaç	ão	ठt (atu	ante) Re	elação	σ	t (atuante)	Relação	ot (atuante)	Relação
170	0,6859	1,28	0,6843	1,28	0,6831	1,28		0,6381	1,19	Э	0,63	867	1,19		0,6356	1,19	0,6016	1,13
180	0,6412	1,20	0,6397	1,20	0,6386	1,19		0,5966	1,12	2	0,59	52	1,11		0,5942	1,11	0,5624	1,05
190	0,6016	1,13	0,6003	1,12	0,5992	1,12		0,5598	1,05	5	0,55	85	1,04		0,5575	1,04	0,5277	0,99
200	0,5663	1,06	0,5651	1,06	0,5641	1,05		0,5269	0,99	9	0,52	257	0,98		0,5248	0,98	0,4968	0,93
210	0,5347	1,00	0,5335	1,00	0,5326	1,00		0,4975	0,93	3	0,49	64	0,93		0,4955	0,93	0,4690	0,88
220	0,5062	0,95	0,5050	0,94	0,5042	0,94		0,4710	0,88	3	0,46	99	0,88		0,4691	0,88	0,4440	0,83
230	0,4804	0,90	0,4793	0,90	0,4784	0,89		0,4469	0,84	1	0,44	59	0,83		0,4451	0,83	0,4214	0,79
240	0,4569	0,85	0,4558	0,85	0,4550	0,85		0,4251	0,79	Э	0,42	241	0,79		0,4234	0,79	0,4008	0,75
250	0,4354	0,81	0,4344	0,81	0,4337	0,81		0,4051	0,76	6	0,40	42	0,76		0,4035	0,75	0,3819	0,71
260	0,4158	0,78	0,4148	0,78	0,4141	0,77		0,3868	0,72	2	0,38	60	0,72		0,3853	0,72	0,3647	0,68
270	0,3977	0,74	0,3968	0,74	0,3961	0,74		0,3700	0,69		0,36		0,69		0,3685	0,69	0,3488	0,65
							nm I) e E do subleito	· · · /									
Revestimento	Espessuras (mm) 100	E (MPa)	Espessuras (mm) 100	E (MPa)	Espessuras (mm) 100	E (MPa)		Espessuras (mm) 125	E (MPa	a)	Espessur:	. ,	(MPa)	Esp	essuras (mn 125	n) E(MPa)	Espessuras (mm)	E (MPa)
	220				220			200				-			-			
BGTC BGS	150		220 200		220			150			20	-		├──	200 250		<u>190</u> 150	
Subleito	150	200		200	200	200		130	200)		-	200		200	200	150	200
A (1)	\$ Revestimento	5000	\$ Revestimento	5000	\$ Revestimento	5000	1	\$ Revestimento	6250	0	\$ Revest	timento	6250	\$ R	evestimen	to 6250	\$ Revestimento	7500
Análise	\$ BGS	4500	\$ BGS	6000	\$ BGS	7500		\$ BGS	4500	0	\$ B(GS	6000		\$ BGS	7500	\$ BGS	4500
de custo	\$ BGTC	15400	\$ BGTC	15400	\$ BGTC	15400		\$ BGTC	1400	0	\$ BG	STC 1	4000		\$ BGTC	14000	\$ BGTC	13300
Cusio	Total	24900	Total	26400	Total	27900	Ļ	Total	2475	0	Tot	al 2	6250		Total	27750	Total	25300

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO

Departamento de Transportes e Obras de Terra



Exercício 1 - Pavimento semirrígido

Determinar qual a espessura da camada cimentada (BGTC) para que a tensão admssível (baseada no Nprojeto) seja superior a tensão de tração na flexão na base (tensão atuante) derminado pela tensão de tração na fibra inferior mais solicitada da camada cimentada de BGTC com emprego da falha por fadiga,

Elaborar no mínimo três combinações e apontar a que apresenta o menor custo

 $\sigma_{t(adm)} = \left[\left(\frac{17,137 - \log(\frac{N_{projeto}}{FCL})}{19.608} \right) * \sigma_{t(ruptura)} \right]$

|--|

 $\sigma_{t} = 59,463847 . \ e_{\text{CAUQ}}^{-0,323205} . \ e_{\text{BGTC}}^{-1,178098} . \ e_{\text{BGS}}^{-0,007887} . \ E_{\text{sub}}^{-0,214274} . \ (Q_{\text{ESRD}})^{0,970153}$

onde:

 σ_t = tensão de tração na flexão na base (MPa)

e_{CAUQ} = espessura de CAUQ (mm)

 e_{BGTC} = espessura da base (mm)

e_{BGS} = espessura da subbase (mm)

E_{sub} = módulo de resiliência do subleito (MPa)

Q_{ESRD} = carga total sobre o eixo simples de rodas duplas (kN)

	Simulação	0		Espessuras (mm)		
	Camada		MR (MPa)	recomendadas	\$	
	Revestimento		-0-	> 75	2500)/5cm
	BGTC BGS		-0-	> 240	6000/	/10cm
			-0-	200	1000/	10 cm
	Subleito		100/150			

σt (adm) 0,0000	MPa
-----------------	-----

N de projeto =	4,60E+07		FCL =	0,05	σt (ruptura) =	0,8	MPa	σt (adm) =	0,3334	Мра
	Departamento de Transportes e Obras de T	erra					Prof. Dr. Eds	on de Moura		



	Condi	ção 1	Condi	ição 2	Condia	ção 3	Condi	ção 4	Cond	ição 5	Condi	ção 6	Cond	ção 7	Condi	ção 8
Espe. de BGTC	ठा (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$	ठt (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuants)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$	ठा (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$	ठt (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$	ठt (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$	ठt (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuants)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$	ठा (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$	ot (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$
240																
250																
260																
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
370																
380 390																
390		I	L			Espessur	as (mm) e	E do suble	eito (MPa) -		ADOTADOS	I				
	Espessura (mm)	E (MPa)														
Revest.																
BGTC																
BGS																
Subleito																
de	Revest.															
álise custo	\$ BGTC															
Análise custo	\$ BGS															
Ar	Total															



Ex-1 - Determinar qual a espessura da camada cimentada (BGTC) para que a tensão admssível (baseada no Nprojeto) seja superior a tensão de tração na flexão na base (tensão atuante) derminado pela tensão de tração na fibra inferior mais solicitada da ontada do BCTC da falh fodic طم مام sí voi e ahina - 1- - 1-

camada cimen	tada de BGTC co	m emprego da falh	a por fadiga, com as	possiveis combinações aba	aixo.					
Elaborar no mínimo três combinações e apontar a que apresenta o menor custo										
Adotar: N de projeto =	8,60E+07	solicitações	σt(ruptura) =	1,1 Mpa	FCL = 0,05					

 $\sigma_{t} = 59,463847$. $e_{CAUQ}^{-0,323205}$. $e_{BGTC}^{-1,178098}$. $e_{BGS}^{-0,007887}$. $E_{sub}^{-0,214274}$. $(Q_{ESRD})^{0,970153}$

onde:

 σ_t = tensão de tração na flexão na base (MPa)

e_{CAUQ} = espessura de CAUQ (mm)

e_{BGTC} = espessura da base (mm)

e_{BGS} = espessura da subbase (mm)

E_{sub} = módulo de resiliência do subleito (MPa)

Q_{ESRD} = carga total sobre o eixo simples de rodas duplas (kN)

			Espessuras (mm)	
Simulação	Camada	MR (MPa)	recomendadas	\$
	Revestimento	-0-	> 125	2500/5cm
	BGTC	-0-	> 200	6000/10cm
	BGS	-0-	200	1000/10 cm
	Subleito	100 a 175		

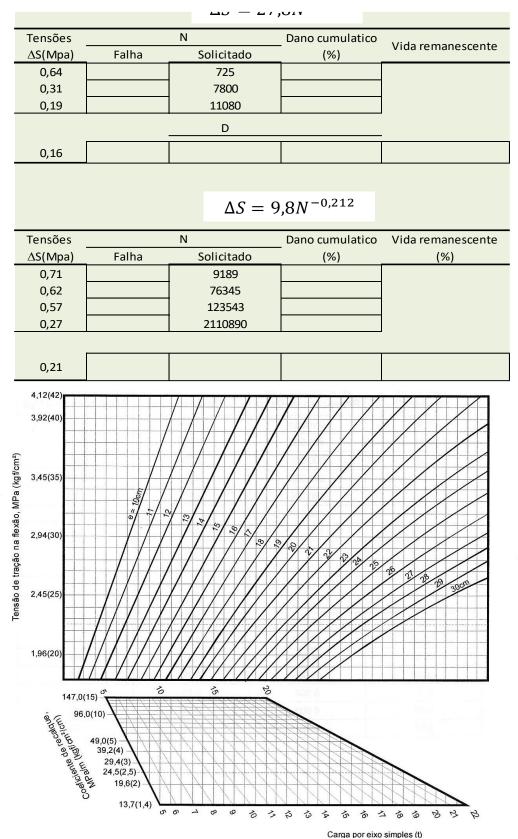
σt (adm) =				MPa			
	Condiç	:ão 1		Condiç	ao 2	Condig	:ão 3
Espessuras de BGTC (mm)	ot (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$		ot (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$	σt (atuante)	$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\sigma_{t(adm)}} \leq 1$
180							
190							
200							
210							
220							
230							
240							
250							
260							
270							
280							
		Espessuras	(n	nm) e E do subleito	(MPa) - VALORES	ADOTADOS	
Revestimento	Espessuras (mm)	E (MPa)		Espessuras (mm)	E (MPa)	Espessuras (mm)	E (MPa)
		-0-			-0-		-0-
BGTC		-0-			-0-		-0-
BGS Subleito		-0-			-0-		-0-
Subleito							
	\$ Revestimento			\$ Revestimento		\$ Revestimento	
Análise de	\$ BGTC			\$ BGTC		\$ BGTC	
custo	\$ BGS			\$ BGS		\$ BGS	
	Total			Total		Total	

 $\sigma_{t(adm)} = \left[\left(\frac{17,137 - \log(\frac{N_{projeto}}{FCL})}{19,608} \right) * \sigma_{t(ruptura)} \right]$

FATEC-SP

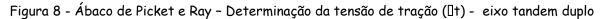
superior a ter	nsão de tração na	flexão na base	(tensão atuante) de	erminado pela te	nsão de tração na	fibra inferior m	ais solicit	ada da
-	-		n emprego da falha		-			
			nações e apontar			-	Exerc	ício 2
Adotar: N	de projeto =	3,00E+08	solicitações	σt(ruptura) =	1,2	Мра	FCL =	= 0,05
σ _t = 59,4	463847 . e _c ,	- 0,323205 AUQ	е _{вдтс} - 1,178098	. e _{bgs} - 0,00788	³⁷ . E _{sub} -0,21427	⁷⁴ . (Q _{ESRD}) ⁶	0,970153	_
onde:					$\frac{17,137 - \log(-10,100)}{19,608}$	_		
	ão de tração r			[/	$17,137 - \log(-1)$	$\left(\frac{l_{projeto}}{ECL}\right)$		
	espessura de espessura da			$\sigma_{t(adm)} = \prod$	19,608	$\frac{FCL}{} + \sigma$	t(ruptura) _
	espessura da espessura da		n)	Ľ	19,000	/		
	ódulo de resili							
$Q_{ESRD} = 0$	carga total sol	ore o eixo sin	nples de <mark>r</mark> odas	duplas (kN)				
.			Espessur					
Simulação	Camada Revestimento	MR (MPa)	recomer > 12		\$ 2500/5cm			
	BGTC	-0- -0-	> 15		6000/10cm			
	BGS	-0-	14		1000/10 cm			
	Subleito	> 400						
ot (adm) =			MPa					
	Condig	cão 1	Condiç	ao 2	Condig	:ão 3		
Espessuras de		$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{1} \leq 1$		$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\leq} \leq 1$		$\frac{\sigma_{t(atuante)}}{\leq} \leq 1$		
BGTC (mm)	σt (atuante)	$\sigma_{t(adm)}$	ot (atuante)	$\sigma_{t(adm)}$	ot (atuante)	$\sigma_{t(adm)}$ - 1		
120								
130								
140								
150								
160								
170								
180								
190								
200								
210								
220								
		Espessuras	(mm) e E do subleito	(MPa) - VALORES	ADOTADOS			
Revestimento	Espessuras (mm)	E (MPa)	Espessuras (mm)	E (MPa)	Espessuras (mm)	E (MPa)		
		-0-		-0-		-0-		
BGTC		-0-		-0-		-0-		
BGS		-0-		-0-		-0-		
Subleito	I				L		J	
	\$ Revestimento		\$ Revestimento		\$ Revestimento			
Análise de								
	\$ BGTC		\$ BGTC		\$ BGTC			
	\$ BGS		\$ BGS		\$ BGS		DE PAVIMEN1	

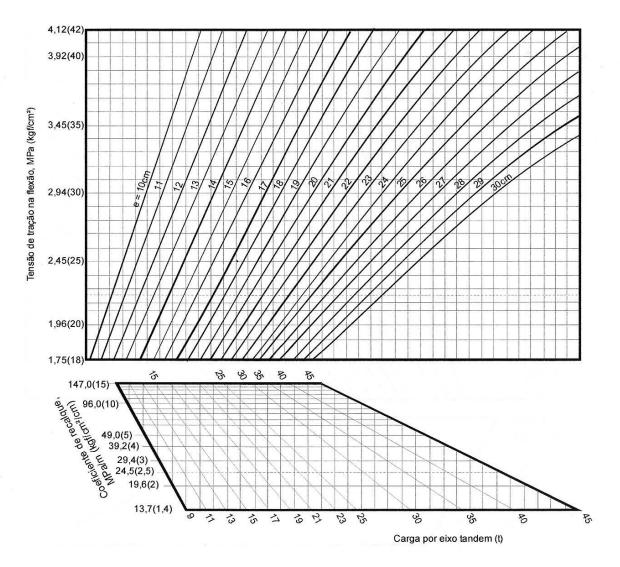




FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO Departamento de Transportes e Obras de Terra APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO



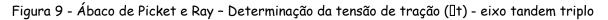


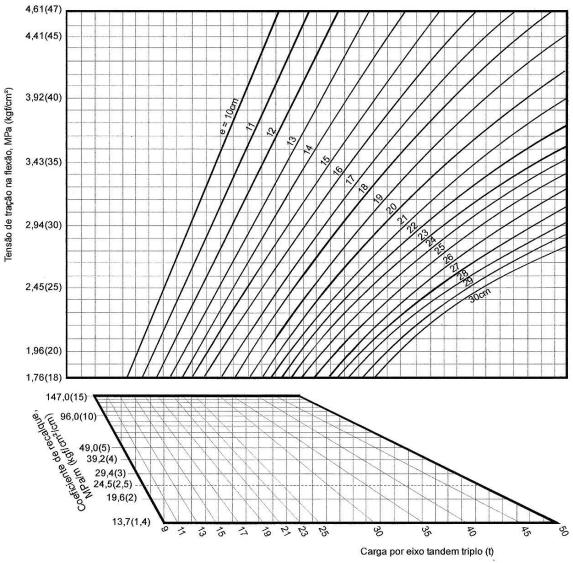


Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO







Carga por eixo tandem triplo (t)

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

APOSTILA DE PROJETO DE PAVIMENTO



Relação de tensões(*)	N ² admissivel de repetições de carga	Relação de tensões	Nº admissive 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 à carga dividida pela resistência característica à tração na flexão do concreto.

Exercício 1											
Classe	Тіро	Volume	VDM								
2C	Com. 2	95									
3C	Com. 3	601									
252	Com. 4	121									
253	Com. 5	407									
353	Com. 6	400									
3D4	Com. 7	298									
3T6	Com. 9	31									

Fatores relativos a contagem

semanal (3dias) =	41,8%
mensal =	9,5%
diário =	75,0%

Sobrecarga = 25%
75% dos veículos comerciais com carga
máxima lega
10% com sobrecarga
15% vazios
Taxa de crescimento = 4,78%/ano
Espessura inicial = 19 cm
Coeficiente de reação (k) = 4 kgf/cm2/cm
Módulo de ruptura (MR) = 45 kgf/cm2
FSC = 1,1

	Exercício 2											
Classe	Тіро	Volume	VDM									
3C	Com. 3	289										
2S2	Com. 4	150										
3C2	Com. 5	300										
353	Com. 6	815										
3D4	Com. 7	27										
3T6	Com. 9	65										

Fatores relativos a contagem

semanal (3dias) =	49,8%
mensal =	10,4%
diário =	69,8%

Sobrecarga = 20%

70% dos veículos comerciais com carga máxima lega 20% com sobrecarga 10% vazios Taxa de crescimento = 5,24%/ano Espessura inicial = 20 cm Coeficiente de reação (k) = 4 kgf/cm2/cm Módulo de ruptura (MR) = 40 kgf/cm2 FSC = 1,2

	Exerc	cício 3	
Classe	Тіро	Volume	VDM
2C	Com. 2	139	
3C	Com. 3	879	
2S2	Com. 4	177	
2J3	Com. 5	595	
3J3	Com. 6	585	
3D4	Com. 7	436	
3T6	Com. 9	45	

Fatores relativos a contagem

semanal (3dias) =	40,0%
mensal =	8,7%
diário =	81,3%

Sobrecarga = 28% 80% dos veículos comerciais com carga máxima lega 15% com sobrecarga 5% vazios Taxa de crescimento = 4,08%/ano Espessura inicial = 21 cm Coeficiente de reação (k) = 5 kgf/cm2/cm Módulo de ruptura (MR) = 42,5 kgf/cm2 FSC = 1,3

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra



				Dete	erminag	ção do volu	me tot	tal de ve	ículos para	a o período	de proj	eto				
Vt = 365	5*P*Vm	Vm = (V	'i + Vp)/2	Vi =	VDMA	Vp = Vi*	(1+(t/100))*P)	onde:	Vt = volume total Vm = volume médio						
Vp =									_	Vi = volume inici	al = volume d	iário médio	anual			
Vm =			Vt =		=			veículos		Vp = volume acre	scido da taxa	de crescim	ento anu	al para o per	íodo de pro	jeto
					D	eterminaçã	ăo do r	número	de repetiç	ões previst	а					
Classif	icação		Carga po	r Eixos (t)		∑ de cargas por			• •	•						
Classe	Тіро	ESRS (6t)	ESRD (10t)	ETD (17t)	ETT (25,5t)	tipo de veículo	Llin	óteses	Sobrecarga de							
							- nip	Joleses	% dos veículo	os comerciais com o	arga máxima l	egal,% c	com sobred	carga e%	vazios	
							Tipo de		Particularização de Vt por carga	Fator de eixo (%)	Sobrecarga (30%)	Carregado	Vazio	Car	gas por eixo	,
							Eixo	(%)	de vi por carga					Sobrecarga	Carregado	Vazio
							ESRS (6t)								6,0	3,0
							ESRD (10t)								10,0	5,0
							ETD (17t)								17,0	6,0
	~						ETT (25,5t)								25,5	9,0
Ponde	eraçao															
							Dim	ensiona	imento							
	Númer	יס	_		h _{adotado} = _	cm		MR ₂	₈ = kgf/cm ²					FCS =		
Tipo d			dição	Carga por eixo (tf) Carga corrigida = A			*FSC (tf) Tensões de tração na placa (kgf/cm²)			Relação o _t /MR ₂₈	Número de r permiss		Número de repetições previstas		% de cons resistência	
		Va	izio													
Simples (ro	da simples)	Carr	egado													
		Sobre	ecarga													
		Va	izio													
Simples (ro	oda dupla)	Carr	egado													
		Sobre	ecarga	T T							[
			izio													
Tanden	Duplo	Carr	egado													
		Sobre	ecarga													
		Va	izio													
Tanden	Triplo	Carr	egado												<u> </u>	
		Sobre	ecarga													
													CRF total			



				Dete	ermina	ção do volu	me tot	al de ve	ículos para	a o período	de proj	eto				
Vt = 365	5*P*Vm	Vm = (V	′i + Vp)/2	Vi =	VDMA	Vp = Vi*	^t (1+(t/100)	*P)	onde:	Vt = volume total Vm = volume médio Vi = volume inicial = volume diário médio anual						
Vp =										Vi = volume inici	al = volume d	iário médic	o anual			
Vm =			Vt =		=			veículos		Vp = volume acre	scido da taxa	de crescim	iento anu	al para o pei	ríodo de prc	ojeto
					D	eterminaçã	ão do r	úmero	de repetiç	ões previst	а					
Classif	ficação		Carga por	Eixos (t)	-	∑ de cargas por			**	•						
Classe Tipo ESRS (6t) ESRD (10		ESRD (10t)	ETD (17t)	ETT (25,5t)	tipo de veículo	Hin	óteses	Sobrecarga de								
					1110	010303	% dos veículo	os comerciais com o	arga máxima l	egal,% d	com sobre	carga e%	vazios			
				******			Tipo de Fixo			Fator de eixo (%)	Sobrecarga (30%)	Carregado	Vazio	Car	gas por eixo	>
							LIXO	(70)	de Vt por carga					Sobrecarga	Carregado	
							ESRS (6t)								6,0	3,0
							ESRD (10t)								10,0	5,0
							ETD (17t) ETT (25,5t)								17,0 25,5	6,0 9,0
Ponde	eração						2(20,04)								20,0	5,0
	,							-								
							Dim	ensiona	mento					-		
	Númer	יס	-		h _{adotado} = _	cm		MR ₂₈	-					FCS =		
Tipo d	le eixo	Con	dição	Carga po	r eixo (tf)	Carga corrigida = ,	A*FSC (tf)		tração na placa gf/cm²)	Relação ot/MR28	Número de r permise			de repetições evistas	% de cons resistência	
		Va	zio					(0)	g() (m)		permis	14613	pr	2413103	resistencia	u Tuurge
Simples (ro	da simples)	Carr	egado													
Simples (10	aa simpres)		-													
		20010	ecarga												<u> </u>	
		Va	izio													
Simples (ro	oda dupla)	Carr	egado													
		Sobr	ecarga													
		Va	izio													
Tander	n Duplo	Carr	egado													
		Sobr	ecarga													
		Va	izio													
Tander	n Triplo	Carr	egado													
		Sobr	ecarga													
													CRF total			



				Dete	ermina	ção do volu	me tot	al de ve	ículos para	a o período	de proj	eto				
Vt = 365	5*P*Vm	Vm = (V	′i + Vp)/2	Vi =	VDMA	Vp = Vi*	^t (1+(t/100)	*P)	onde:	Vt = volume total Vm = volume médio Vi = volume inicial = volume diário médio anual						
Vp =										Vi = volume inici	al = volume d	iário médic	o anual			
Vm =			Vt =		=			veículos		Vp = volume acre	scido da taxa	de crescim	iento anu	al para o pei	ríodo de prc	ojeto
					D	eterminaçã	ão do r	úmero	de repetiç	ões previst	а					
Classif	ficação		Carga por	Eixos (t)	-	∑ de cargas por			**	•						
Classe Tipo ESRS (6t) ESRD (10		ESRD (10t)	ETD (17t)	ETT (25,5t)	tipo de veículo	Hin	óteses	Sobrecarga de								
					1110	010303	% dos veículo	os comerciais com o	arga máxima l	egal,% d	com sobre	carga e%	vazios			
				******			Tipo de Fixo			Fator de eixo (%)	Sobrecarga (30%)	Carregado	Vazio	Car	gas por eixo	>
							LIXO	(70)	de Vt por carga					Sobrecarga	Carregado	
							ESRS (6t)								6,0	3,0
							ESRD (10t)								10,0	5,0
							ETD (17t) ETT (25,5t)								17,0 25,5	6,0 9,0
Ponde	eração						2(20,04)								20,0	5,0
	3							-								
							Dim	ensiona	mento					-		
	Númer	יס	-		h _{adotado} = _	cm		MR ₂₈	-					FCS =		
Tipo d	le eixo	Con	dição	Carga po	r eixo (tf)	Carga corrigida = ,	A*FSC (tf)		tração na placa gf/cm²)	Relação ot/MR28	Número de r permise			de repetições evistas	% de cons resistência	
		Va	zio					(0)	g() (m)		permis	14613	pr	2413103	resistencia	u Tuurge
Simples (ro	da simples)	Carr	egado													
Simples (10	uu simpres)		-													
		20010	ecarga												<u> </u>	
		Va	izio													
Simples (ro	oda dupla)	Carr	egado													
		Sobr	ecarga													
		Va	izio													
Tander	n Duplo	Carr	egado													
		Sobr	ecarga													
		Va	izio													
Tander	n Triplo	Carr	egado													
		Sobr	ecarga													
													CRF total			



				Dete	ermina	ção do volu	me tot	al de ve	ículos para	a o período	de proj	eto				
Vt = 365	5*P*Vm	Vm = (V	′i + Vp)/2	Vi =	VDMA	Vp = Vi*	^t (1+(t/100)	*P)	onde:	Vt = volume total Vm = volume médio Vi = volume inicial = volume diário médio anual						
Vp =										Vi = volume inici	al = volume d	iário médic	o anual			
Vm =			Vt =		=			veículos		Vp = volume acre	scido da taxa	de crescim	iento anu	al para o pei	ríodo de prc	ojeto
					D	eterminaçã	ão do r	úmero	de repetiç	ões previst	а					
Classif	ficação		Carga por	Eixos (t)	-	∑ de cargas por			**	•						
Classe Tipo ESRS (6t) ESRD (10		ESRD (10t)	ETD (17t)	ETT (25,5t)	tipo de veículo	Hin	óteses	Sobrecarga de								
					1110	010303	% dos veículo	os comerciais com o	arga máxima l	egal,% d	com sobre	carga e%	vazios			
				******			Tipo de Fixo			Fator de eixo (%)	Sobrecarga (30%)	Carregado	Vazio	Car	gas por eixo	>
							LIXO	(70)	de Vt por carga					Sobrecarga	Carregado	
							ESRS (6t)								6,0	3,0
							ESRD (10t)								10,0	5,0
							ETD (17t) ETT (25,5t)								17,0 25,5	6,0 9,0
Ponde	eração						2(20,04)								20,0	5,0
	,							-								
							Dim	ensiona	mento					-		
	Númer	יס	-		h _{adotado} = _	cm		MR ₂₈	-					FCS =		
Tipo d	le eixo	Con	dição	Carga po	r eixo (tf)	Carga corrigida = ,	A*FSC (tf)		tração na placa gf/cm²)	Relação ot/MR28	Número de r permiss			de repetições evistas	% de cons resistência	
		Va	zio					(0)	g() (m)		permis	14613	pr	2413103	resistencia	u Tuurge
Simples (ro	da simples)	Carr	egado													
Simples (10	aa simpres)		-													
		20010	ecarga												<u> </u>	
		Va	izio													
Simples (ro	oda dupla)	Carr	egado													
		Sobr	ecarga													
		Va	izio													
Tander	n Duplo	Carr	egado													
		Sobr	ecarga													
		Va	izio													
Tander	n Triplo	Carr	egado													
		Sobr	ecarga													
													CRF total			



				Dete	ermina	ção do volu	me tot	al de ve	ículos para	a o período	de proj	eto						
Vt = 365*P*Vm		Vm = (Vi + Vp)/2		Vi = VDMA		Vp = Vi*	^t (1+(t/100)	*P)	onde:	Vt = volume tota		Vm = volu		D				
Vp =										Vi = volume inici	al = volume d	iário médic	o anual					
Vm = Vt =			Vt =		=			veículos		Vp = volume acrescido da taxa de crescimento anual para o período de proje								
					D	eterminaçã	ão do r	úmero	de repetiç	ões previst	а							
Classificação Carga por Eixos (t)					∑ de cargas por			**	•									
Classe Tipo I		ESRS (6t) ESRD (10t)) ETD (17t) ETT (25,5t)		tipo de veículo	Hin	óteses	Sobrecarga de	ecarga de								
				1110	010303	% dos veículos comerciais com carga máxima legal,% com sobrecarga e% vazios												
							Tipo de Eixo	Ponderação (%)	Particularização de Vt por carga	Fator de eixo (%)	Sobrecarga (30%)	Carregado	Vazio	Car	gas por eixc)		
							LIXO	(70)	ue vi por carga					Sobrecarga	Carregado	Vazio		
							ESRS (6t)								6,0	3,0		
							ESRD (10t)								10,0	5,0		
							ETD (17t) ETT (25,5t)								17,0 25,5	6,0 9,0		
Ponde	eração						LTT (23,5t)								23,5	9,0		
1 on ac	cruçuo							I										
							Dim	ensiona										
Número hadotado = cm						cm		$MR_{28} = kgf/cm^2$						FCS =				
Tipo d	le eixo	Condição		Carga por eixo (tf)		Carga corrigida = A*FSC (tf)			tração na placa gf/cm²)	Relação o _t /MR ₂₈	Número de repetições permissíveis			de repetições evistas	% de cons resistência			
		Vazio							g() (m)		permis	14613	pr	2413103	resistencia	a radige		
Simples (ro	da simples)	Carr																
Simples (10	aa simpres)	Carregado																
		Sobrecarga																
		Va	izio															
Simples (ro	oda dupla)	Carr	egado															
		Sobr	ecarga															
		Va	izio															
Tander	n Duplo	Carr	egado															
		Sobr	ecarga															
		Va	izio															
Tander	n Triplo	Carr	egado															
		Sobr	ecarga															
													CRF total					



	Determinação do volume total de veículos para o período de projeto																	
Vt = 365*P*Vm		Vm = (Vi + Vp)/2		Vi = VDMA		Vp = Vi* (1+(t/100)*P)			onde:	Vt = volume total		Vm = volu	ne médio)				
Vp =										Vi = volume inicia	al = volume d	iário médio	anual					
Vm =			Vt =		=			veículos		Vn = volume acre	scido da tava	de crescim	ento anus	al nara o ner	íodo de pro	ieto		
VIII -			v t –									i de crescim	scimento anual para o período de projeto					
		-			D	eterminaçã	io do r	número	de repetiç	ões previst	а							
Classificação Carga por Eixo			Eixos (t)		∑ de cargas por			1										
Classe	Тіро	ESRS (6t) ESRD (10t) ETD (17		ETD (17t) ETT (25,5t)		tipo de veículo	Hip	óteses	Sobrecarga de % dos veículos comerciais com carga máxima legal,% com sobrecarga e% vazios									
								1	% dos veículo	s comerciais com c		egal,% c	om sobrec	arga e%	vazios			
							Tipo de Ponderação I Eixo (%)		Particularização de Vt por carga	Fator de eixo (%)	Sobrecarga (30%)	Carregado	Carregado Vazio Carga		gas por eixo	1		
								(73)	ac tripor carga					Sobrecarga	Carregado	Vazio		
							ESRS (6t)								6,0	3,0		
							ESRD (10t) ETD (17t)								10,0	5,0		
							ETT (25,5t)								17,0 25,5	6,0 9,0		
Ponde	ração						LTT (23,5t)								23,5	3,0		
	Tuçuo																	
							Dim	ensiona	mento									
	Númer	יס			h _{adotado} = _	cm		MR ₂₈					FCS =					
Tipo de	e eixo	Condição		Carga por eixo (tf)		Carga corrigida = A*FSC (tf)			tração na placa gf/cm²)	Relação o _t /MR ₂₈	Número de repetições permissíveis			le repetições evistas	% de cons resistência			
		Vazio																
Simples (roo	da simples)	Carr	egado												1			
		Sobre	ecarga												-			
		Va	zio												1			
Simples (ro	ida dupia)		egado												<u> </u>			
		Sobre	ecarga								-				<u> </u>			
		Va	zio															
Tanden	Duplo	Carro	egado															
		Sobre	ecarga															
		Va	zio															
Tanden	Triplo	Carro	egado															
		Sobre	ecarga															
													CRF total					



				Dete	erminag	ção do volu	me tot	al de ve	ículos para	a o período	de proj	eto					
Vt = 365*P*Vm		Vm = (Vi + Vp)/2		Vi = VDMA		Vp = Vi*	(1+(t/100)	*P)	onde:	Vt = volume tota		Vm = volur	ne médio)			
Vp =								Vi = volume inicia	al = volume di	iário médio	anual						
Vm = Vt =			=			veículos		Vp = volume acrescido da taxa de crescimento anual para o período de projeto									
					D	eterminac	n oh oř	número	de renetic	ões previst	a						
Determinação do número de repetições prevista Classificação Carga por Eixos (t) Σ de cargas por																	
Classe	Tipo ESRS (6t) ESRD (10t) ETD			ETT (25.5t)	tipo de veículo	111.00	<i>4</i> 4000	Sobrecarga de									
							Hipóteses		% dos veículo	s comerciais com c	arga máxima l	egal,% c	om sobrec	arga e%	vazios		
									Particularização de Vt por carga	Fator de eixo (%)	Sobrecarga (30%)	Carregado	do Vazio Cargas po		gas por eixo		
							Eixo	(%)	de vi por carga					Sobrecarga	Carregado	Vazio	
							ESRS (6t)								6,0	3,0	
							ESRD (10t) ETD (17t)								10,0	5,0	
							ETT (25,5t)								17,0 25,5	6,0 9,0	
Ponde	ração						211 (20,01)				1				23,5	5,0	
							-	-									
	Dimensionamento																
	Númer	o	-		h _{adotado} = _	cm											
Tipo de	e eixo	Condição		Carga por eixo (tf)		Carga corrigida = A*FSC (tf)		Tensões de tração na placa (kgf/cm²)		Relação o _t /MR ₂₈	Número de repetições permi <i>ss</i> íveis			e repetições vistas	% de consu resistência d		
		Vazio															
Simples (rod	da simples)	Carr	egado														
		Sobrecarga															
		Va	izio														
Simples (ro	da dupla)	Carr	egado														
		Sobre	ecarga														
		Va	izio														
Tanden	Duplo	Carr	egado														
		Sobre	ecarga														
		Va	izio														
Tanden	Triplo	Carr	egado												<u> </u>		
		Sobre	ecarga														
													CRF total				



				Dete	erminag	çã <mark>o do volu</mark>	me tot	al de ve	ículos para	a o período	o de proj	eto							
Vt = 365*P*Vm		Vm = (Vi + Vp)/2		Vi = VDMA		Vp = Vi* (1+(t/100)*P)			onde:	Vt = volume tota	I	Vm = volu	volume médio						
Vp =								Vi = volume inici	al = volume d	iário médio	anual								
\/m -			\/ + -		_			veículos		Vp = volume acre	ascido da tava	de crescim	ento anu	al nara o nei	ríodo de pro	vieto			
												ue crescim				jeto			
		I			D	eterminaçã	<u>ao do r</u>	número	de repetiç	ões previst	:a								
						Σ de cargas por													
Classe	Тіро	ESRS (6t)	ESRD (10t)	ETD (17t)	ETT (25,5t)	tipo de veículo	Нір	óteses	Sobrecarga de % dos veículos comerciais com carga máxima legal,% com sobrecarga e% vazios										
							· · · · · ·		% dos veículo	os comerciais com o		egal,% c	om sobred	carga e%	vazios				
							Tipo de Ponderação Eixo (%)		Particularização de Vt por carga	Fator de eixo (%)	Sobrecarga (30%)	Carregado	do Vazio Cargas p		gas por eixo)			
								()						Sobrecarga		Vazio			
							ESRS (6t)		-						6,0	3,0			
							ESRD (10t) ETD (17t)								10,0 17,0	5,0 6,0			
I							ETT (25,5t)								25,5	9,0			
Ponde	ração						211 (20,01)					1			23,3	3,0			
	. aşao		l	<u> </u>			<u> </u>												
							Dim	ensiona											
	Númer	°o	-		h _{adotado} = _	cm		MR ₂₁	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				FCS =						
Tipo de	e eixo	Condição		Carga por eixo (tf)		Carga corrigida = A*FSC (tf)		Tensões de tração na placa (kgf/cm²)		Relação o _t /MR ₂₈	Relação ot/MR28 Número de repetições permissíveis			le repetições evistas	% de cons resistência				
		Vazio		Vazio															
Simples (rod	la simples)	Carr	egado												-				
			ecarga											+					
		Va	izio																
Simples (ro	da dupla)	Carr	egado																
		Sobre	ecarga																
		Va	izio																
Tanden	Duplo	Carr	egado																
		Sobre	ecarga																
		Va	izio																
Tanden	Triplo	Carr	egado																
		Sobre	ecarga																
													CRF total						



				Dete	erminag	ção do volu	me tot	al de ve	ículos para	a o período	de proj	eto							
Vt = 365*P*Vm		Vm = (Vi + Vp)/2		Vi = VDMA		Vp = Vi* (1+(t/100)*P)			onde:	Vt = volume tota		Vm = volur	me médio)					
Vp =								Vi = volume inici	al = volume d	iário médio	anual								
\/m -			\/ + -		=			veículos		Vp = volume acre	scido da taxa	do crossim	onto anu	al para o po	ríada da pre	vioto			
Vm =			Vt =									ue crescim		ai para o per		Jeto			
					D	eterminaçã	<u>ăo do r</u>	número	de repetiç	ões previst	a								
Classificação Carga por Eixos (t)						∑ de cargas por													
Classe	Тіро	ESRS (6t)	ESRD (10t)	ETD (17t)	ETT (25,5t)	(25,5t) tipo de veículo		óteses	Sobrecarga de % dos veículos comerciais com carga máxima legal,% com sobrecarga e% vazios										
									% dos veículo	os comerciais com o		egal,% c	com sobred	carga e%	vazios				
							Tipo de Ponderação Eixo (%)		Particularização de Vt por carga	Fator de eixo (%)	Sobrecarga (30%) Carregado Vazio			gas por eixo					
														Sobrecarga	-				
							ESRS (6t)								6,0	3,0			
							ESRD (10t) ETD (17t)		-						10,0 17,0	5,0 6,0			
							ETT (25,5t)								25,5	9,0			
Ponde	racão											II			20,0	3,0			
	- 3						_												
				T			Dim	ensiona						1					
	Númer	°o	-		h _{adotado} = _	cm		MR ₂			FCS =								
Tipo d	e eixo	Condição		Carga por eixo (tf)		Carga corrigida = A*FSC (tf			: tração na placa gf/cm²)	Relação ot/MR28	Número de r permiss			le repetições evistas	% de cons resistência				
		Vazio		Vazio					gr/ cm /		permiss	17615	pre	2013103	resistencia	a raarga			
Simples (roo	da simples)														+				
Simples (iot	au simples)		-								-								
		Sobre	ecarga																
		Va	izio																
Simples (ro	oda dupla)	Carr	egado																
		Sobre	ecarga																
		Va	zio																
Tanden	Duplo	Carr	egado																
		Sobre	ecarga																
		Va	zio																
Tanden	Triplo	Carr	egado					1							1				
		Sobre	ecarga																
													CRF total						