

Departamento de Eng. de Transportes da Escola Politécnica da USP
PTR3322 – Pavimentação Rodoviária
Exercício 6: Estudos de Tráfego e cálculo do número N
Profa. Dra. Liedi Bernucci
Profa. Dra. Kamilla Vasconcelos

Fixação de conceitos:

1. O que é eixo-padrão?
2. O que é Fator de Equivalência de Carga (FEC)?
3. O que é o número de repetições equivalentes à carga padrão e qual é a diferença entre este valor e o número total de veículos previstos para trafegar na via durante o período de projeto?

$$N = 365 \times VDM \times \frac{(1 + P \times t)^2 - 1}{2t} \times FV \times Ff \times Fs \times Fd$$

FV = Fator de veículo

Ff = Fator de frota (comerciais/total)

Fs = Fator de sentido

Fd = Fator de distribuição (faixa de projeto)

Fator de veículo: $FV = FC \times FE = \Sigma \text{Equivalente de Operações} \times FE$

Fator de eixo: $FE = \Sigma ni / \text{número de veículos comerciais,}$

Σni = somatória do número total de eixos

VDM: volume diário médio de veículos (= volume total no ano/365)

P: período do projeto em anos

t: taxa de crescimento

Tabela 1: Fatores de equivalência de carga (USACE)

TIPO DE EIXO	FAIXA DE CARGAS (t)	EQUAÇÕES (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 - 8	$FEC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FEC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 - 11	$FEC = 1,592 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FEC = 1,528 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 - 18	$FEC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FEC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$
<i>P</i> = Peso bruto total sobre o eixo		

Aplicação de conceitos:

4. Está sendo prevista a abertura de uma nova avenida em São Paulo, com uma faixa exclusiva para ônibus. No sentido bairro-centro, estão previstos 80 ônibus/hora durante as três horas de pico, trafegando cheios; 40 ônibus/hora pelo período de 13 horas durante o dia e uma média de cerca de 5 ônibus/hora pelo período noturno, trafegando com poucas pessoas. Nos finais de semana, apesar de haver tráfego, será feita a hipótese de poder ser desprezível para simplificar o exercício.

Supondo que a configuração dos ônibus seja a mesma para toda a frota, tem-se que nos horários de pico, o ESRS pesa em média 5 toneladas e o ESRD 10 toneladas; nas demais horas, o ESRS pesa 4 toneladas e o ESRD 6 toneladas. Calcule o número de repetições equivalentes ao eixo-padrão para um período de projeto de 10 anos, com crescimento linear de 2% ao ano, pelo método da USACE.

	Número de ônibus	horas	Total
3 horas de pico			
13 horas do dia			
8 horas noturnas			
Total			

Tipo de eixo	Carga (t)	Quantidade n_i	$P_i(\%)$ $P_i = n_i / \sum n_i$	FEC	Equivalência de Operações (EO) $FEC \times P_i$
ESRS					
ESRD					
ETD					
ETT					
Total		$\sum n_i$	100%	$EO = \sum (FEC \times P_i)$ $FC = EO / 100$	

Número de veículos	Número de eixos	FE	FC	FV

Dias no ano	VDM	P	t	FV	Ff	Fs	Fd	N	N

5. Em uma Rodovia paulista, tem-se o seguinte número de veículos contados em uma determinada seção da Rodovia (2 sentidos):

Contagem classificatória			
Tipo de Veículo	VDM 2011/2012	%	% Comercial
Automóvel	40.000	80,00	-
Ônibus 2C	0	0,00	0,00
Ônibus Urbano Articulado - 2S1	0	0,00	0,00
Ônibus Urbano Bi-Articulado - 2I2	0	0,00	0,00
Caminhão – 2C	2.500	5,00	25,00
Caminhão – 3C	3.000	6,00	30,00
Caminhão – 4C	0	0,00	0,00
Carreta – 2S2	800	1,60	8,00
Carreta – 2S3	1.500	3,00	15,00
Carreta – 3S3	2.200	4,40	22,00
Caminhão c/ reboque – 3C3	0	0,00	0,00
Romeu & Julieta-3D4 / Bitrem-3T4	0	0,00	0,00
Rodotrem 9 eixos - 3T6	0	0,00	0,00
Total	50.000	100,00	100,00

Veículo Tipo	Total de veículos	ESRS	ESRD	ETD	ETT	Total de eixos
2C						
3C						
2S2						
2S3						
3S3						
Total						

Tipo	Configuração	Eixos de Projeto	Classificação
Automóvel		-	
Ônibus		ESRS; ESRD ou ESRS+ESRD	2C
Utilitário		-	
Caminhão		ESRS; ESRD	2C
Caminhão		ESRS; ETD	3C
Caminhão		ESRS; ETT	4C
Semi-reboque		ESRS; ESRD (2)	2S1
Semi-reboque		ESRS; ESRD; ETD	2S2
Semi-reboque		ESRS; ESRD; ETT	2S3
Semi-reboque		ESRS; ETD; ETD	3S2
Semi-reboque		ESRS; ETD; ETT	3S3
Reboque		ESRS; ESRD (3)	2C2
Reboque		ESRS; ESRD (2); ETD	2C3

Tipo de eixo	Carga (t)	Quantidade n_i	$P_i(\%)$ $P_i = n_i / \sum n_i$	FEC	Equivalência de Operações (EO) $FEC \times P_i$
ESRS	3				
	6				
ESRD	5				
	10				
ETD	6				
	17				
ETT	9				
	25,5				
Total		$\sum n_i$	100%	$EO = \sum (FEC \times P_i)$ $FC = EO / 100$	

Número de veículos	Número de eixos	FE	FC	FV

Dias no ano	VDM	P	t	FV	Ff	Fs	Fd	N	N

Supondo que:

- o crescimento anual seja de **2,5% ao ano**, linear;
- a rodovia tem aproximadamente o mesmo volume de tráfego por sentido;
- os veículos de carga trafegam **30% descarregados e 70% na carga máxima legal**; e
- há três (3) faixas de tráfego por sentido, sendo que a faixa 1 é de veículos leves, responsáveis por cerca de 10% do tráfego comercial, a faixa 2 conta com 25% do tráfego comercial e que na **faixa 3 há 65% do tráfego comercial**.

5.1. Calcule no número N de repetições de carga pela USACE para um período de projeto de **15 anos**.

5.2. Se for admitido um período menor, de **10 anos**, qual é o impacto no número N?

5.3. Se forem considerados que os veículos de carga trafegam:

- **30%** descarregados; e
- **70%** carregados, sendo destes 70%, **50%** na carga máxima legal e **20%** com **excesso de carga de 10% sobre a legal**, qual seria o número N para um período de 15 anos, com todas as outras hipóteses e dados fixados anteriormente?