

Fatec – SP Departamento de Transportes e Obras de terra

PROJETO DE PAVIMENTO

COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO PARA FINALIDADE DE PROJETO ESTRUTURAL DE PAVIMENTO

2º. Semestre / 2024

Projeto de Pavimento Prof. Dr. Edson de Moura

1

Número N

Por definição, número N é o número de solicitações da carga de um eixo padrão (ESRD) de 8,2 t que um pavimento será submetido em sua vida de serviço.

Pela Lei da Balança temos:
eixo traseiro = $10t + 12,5\% = 12,5t$
Dianteiro = $6t + 12,5\% = 6,7t$
Total = $19,2t$



Eixo traseiro sem carga = 5 t

Eixo dianteiro sem carga = 3 t

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

2

Número N

Tipos de veículos aqui considerados tem classificação do DNIT (2006) e são:



O - comerciais rígidos de maior dimensão



SR - comerciais articulados e um semirreboque

RE - comerciais com reboque - unidade tratora simples, um semirreboque e um reboque denominado de bitrem - 9 eixos

Fatec – SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N

Seus valores anuais e acumulados durante o período de projeto são calculados com base nas projeções do tráfego, sendo necessário para isso o conhecimento qualitativo e quantitativo da sua composição presente e futura.

Esse conhecimento é obtido por meio das pesagens, pesquisas de origem e destino, contagens volumétricas classificatórias e pesquisas de tendências da frota regional ou nacional.

$$N = 365 * P * Vm * FE * FEC * FR$$

Onde:
N = número de solicitações da carga de 8,2 t
P = período em anos
Vm = VDM (volume diário médio) admitindo uma taxa de crescimento
FE = fator de eixo
FEC = fator de equivalência de carga (FC)
FR = fator climático regional
FV = FE * FEC

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

3

4

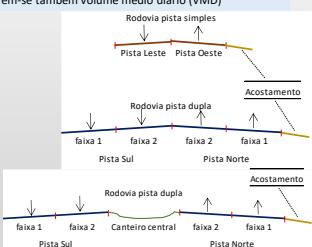
Fatec – SP

departamento de transportes e obras de terra

Número

O procedimento para a determinação do número N consiste em realizar, contagem quantitativa e qualitativa dos veículos de interesse de forma a determinar o volume diário médio (VDM) ou volume médio (Vm) ou ainda volume diário médio de veículos comercial (VDMC). Tem-se também volume médio diário (VMD)

A contagem é realizada em apenas uma faixa, sendo essa a mais solicitada, quando em rodovias com duas ou mais faixas por direção, caso em pistas simples a contagem pode ser unidirecional ou bidirecional, se bidirecional, deve-se determinar a porcentagem da direção de maior fluxo.



Projeto de Pavimento

Prof. Edson

Fatec – SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N

Além da contagem quantitativa e qualitativa, determina-se o fator de carga (FC), também denominado de fator de equivalência de carga (FEC) e por fim o fator de eixo (FE).

Com esses parâmetros acima, se obtém o número N para o 1º ano e com a taxa de crescimento (linear ou geométrica) determinar o valor de N para o período de projeto.

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

5

6

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

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

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

7

$N = \sum_{i=1}^p N_i$	<p>N = número equivalente de operações de eixo simples de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto;</p> <p>P = período de projeto igual a 10 anos para pavimento flexível e 20 anos para pavimento rígido;</p> <p>i = 1 = ano de início da vida do projeto;</p> <p>Ni = número equivalente de operações do eixo simples (ESRD) padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado durante o ano "i".</p>
<p>Vti = volume total acumulado de veículos comerciais por sentido na faixa de projeto durante o ano "i";</p> <p>FV = fator de veículo de frota, que é função do método empregado;</p> <p>FR = fator climático regional</p>	$N_i = V_{ti} * FV * FR$
<p>Projeto de Pavimento</p>	<p>Prof. Edson</p>

8

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

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

$$V_{ti} = VDM_C * 365 * D * F_p$$

V_{ti} = volume total acumulado de veículos comerciais por sentido na fx. de projeto durante o ano “i”;

VDM_C = volume diário médio de veículos comerciais total durante o ano “i”;

D = distribuição direcional (%)

F_p = porcentagens de veículos comerciais na faixa de projeto (%)

O volume diário médio de veículos comerciais, VDMC, na etapa de estudo:

- i. preliminar deve ser baseado no Caderno de Estatística de Tráfego do DER/SP.
- ii. Já nas etapas de projetos **básico** e **executivo** devem ser realizadas contagens de tráfego de acordo com a Instrução de Projeto de Elaboração de Estudos de Tráfego.

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

9

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

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

FV = Fator de veículo de Frota

Para a determinação do FV da frota, é necessário inicialmente determinar o fator equivalente de operações de cada um dos veículos que trafegarão sobre o pavimento, que é o produto entre o fator de eixo, FE, e o fator de carga, FC

$$\text{FV} = \text{FE} * \text{FC}$$

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

10

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

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

FE = É um fator que transforma o tráfego em número de veículos padrão de passagens de eixo equivalente (ESRD). Para tanto, calcula-se o número de eixos dos tipos de veículos que passarão pela via:

$$FE = (p_1/100)*2 + (p_2/100)*3 + \dots + (p_n/100)*n$$

Onde: p2 = porcentagem de veículos de 2 eixos
p3 = porcentagem de veículos de 3 eixos
pn = porcentagem de veículos de n eixos

N. eixos	%	FE
2	11	11/100*2 = 0,22
3	10	0,30
4	22	0,88
5	14	0,70
6	18	1,08
7	13	0,91
9	12	1,08
Σ	100	5,17

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

Fatec – SP		departamento de transportes e obras de terra																			
Número N – DER-SP - IP-DE-P00/001 (2006)																					
Entretanto, caso não se consigam dados de pesagens de veículos e se autorizados pela fiscalização do DER/SP, podem ser adotados os valores de fatores de veículos indicados nas Tabelas 2 e 3.																					
Tabela 2 – Fatores de Veículos na Etapa de Estudo Preliminar																					
Classificação dos Veículos		FV Flexível Rígido			Combinação de Eixos				Nº de Eixos												
Classe	Tipo	USACE	AASHTO		E8RS	ESRD	ETD	ETT													
Medio	Com. 1	1,98	1,36	1,37	1	1	0	0	2												
Pesado	Com. 2	4,49	1,05	1,66	1	0	1	0	3												
Semi-Rev.	Com. 3	9,89	3,04	5,26	1	1	0	1	5												
Ônibus	Com. 4	2,39	1,06	1,28	1	1	0	0	2												

11

12

Fatec – SP

departamento de transportes e obras de terra

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

Entretanto, caso não se consigam dados de pesagens de veículos e se autorizados pela fiscalização do DER/SP, podem ser adotados os valores de fatores de veículos indicados nas Tabelas 2 e 3.

Classificação dos Veículos	Classe	Tipo	FV		Combinação de Eixos			Nº de Eixos
			Flexivel	Rígido	ESRS	ESRD	ETD	
2C (16)	Com. 1	0,09	0,11	0,11	1	1	0	0
2C (22)	Com. 2	2,78	1,89	1,91	1	1	0	2
3C (20)	Com. 3	2,28	0,55	0,93	1	0	1	0
3C (22)	Com. 4	5,44	1,27	1,97	1	0	1	0
2S1	Com. 5	4,09	2,81	2,99	1	2	0	0
2S2	Com. 6	8,70	3,14	3,96	1	1	1	0
2S3	Com. 7	10,27	3,32	5,95	1	1	0	1
3S3	Com. 8	9,42	1,90	5,01	1	0	1	1
3D4	Com. 9	17,28	4,09	6,25	1	0	3	0
3D6	Com. 10	14,02	3,27	5,08	1	0	4	0
On. (2C)	Ônibus 2	2,81	1,88	1,90	1	1	0	2
On. (3C)	Ônibus 3	2,21	0,71	1,02	1	1	0	3

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

13

Fatec – SP

departamento de transportes e obras de terra

Fator de equivalência de carga (FEC)

FEC são os chamados fatores do Corpo de Engenheiros dos USA (USACE).

Transformam o efeito de cada carga para o feito de um eixo simples de roda dupla, tendo como referência o afundamento plástico no subleito, considerado a 70 cm de profundidade.

Dentre os possíveis critérios de equivalência de cargas, optou-se pela igualdade da deformação vertical máxima (deflexão máxima) verificada em uma profundidade igual à espessura total do pavimento.



Caminhão toco



ESRD

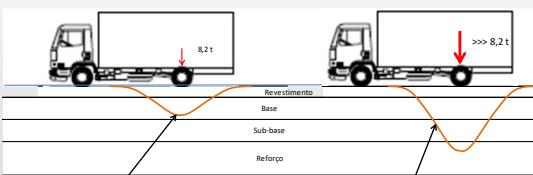
Projeto de Pavimento

Prof. Edson

15

Fatec – SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N - Fator de equivalência de carga (FEC)

Essa deflexão causa um DANO a estrutura do pavimento

Uma passagem desse eixo (8,2 t) significa que $N = 1$

Assim, uma única passagem dessa carga maior, significa que $N > 1$

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

17

Fatec – SP

departamento de transportes e obras de terra

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

A determinação do FC (FEC) possui duas metodologias:

(i) a da *United States Army Corps of Engineers* – USACE preconizada pelo DNIT,

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em t)
Direntero simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{1,074}$
Tandem duplo	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-4} \times P^{1,074}$
Tandem triplo	≥ 11	$FC = 1,5900 \times 10^{-4} \times P^{1,074}$
Tandem triplo	≥ 18	$FC = 8,0369 \times 10^{-5} \times P^{1,074}$
Tandem triplo	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-5} \times P^{1,074}$

(ii) a da *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO.

Tipos de eixo	Equações (P em t)
Simples de rodagem simples	$FC = P / 1,77)^{0,33}$
Simples de rodagem dupla	$FC = P / 8,17)^{0,33}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = P / 15,08)^{0,33}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = P / 22,95)^{0,33}$

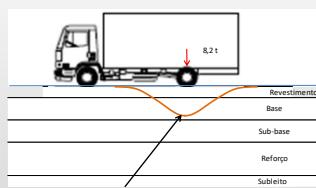
Projeto de Pavimento

Prof. Edson

14

Fatec – SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N - Fator de equivalência de carga (FEC)

Essa deflexão causa um DANO a estrutura do pavimento

Uma passagem desse eixo (8,2 t) significa que $N = 1$

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

16

Fatec – SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N - Fator de equivalência de carga (FEC)

Eixo simples (ESRD) : 10 t

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

18

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N - Fator de equivalência de carga (FEC)

The diagram shows two tires on a horizontal surface. The distance between the centers of the two tires is labeled 'ETD'. A blue arrow points to the overlapping area between the two tire tracks, which is labeled 'área de sobreposição de efeitos' (area of effect overlap).

Eixo tandem duplo: $(10 \text{ tf} \times 2) \times 0,85 = 17 \text{ t}$

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

19

20

Número N - Fator de equivalência de carga (FEC) - USACE		
A determinação do FEC com o peso por eixo simples, duplo ou triplo (Ps, Pd, Pt), é dada pelas seguintes equações:		
Tipo de Eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em t)
Diantero simples e traseiro simples	0 - 8 ≥ 8	$FEC = 2,0782 \times 10^{-4} \times p^{4,0375}$ $FEC = 1,8320 \times 10^{-6} \times p^{6,2542}$
Tandem duplo	0 - 11 ≥ 11	$FEC = 1,5920 \times 10^{-4} \times p^{3,4720}$ $FEC = 1,5280 \times 10^{-6} \times p^{5,4840}$
Tandem triplo	0 - 18 ≥ 18	$FEC = 8,0359 \times 10^{-5} \times p^{3,3549}$ $FEC = 1,3229 \times 10^{-7} \times p^{5,5789}$

21

Número N - Fator de equivalência de carga (AASHTO)	departamento de transportes e obras de terra										
De forma análoga, para o dimensionamento de pavimentos flexíveis da AASHTO (1993) tem-se os fatores de equivalência de carga para pavimentos flexíveis e também para pavimentos de concreto.											
Os FEC da AASHTO tiveram como base o desempenho da pista experimental associado à perda de serventia expresso em relação ao número estrutural (SN), que projetada a partir de 1951 e construída entre 1956 e 1958 na cidade Ottawa, Illinois – USA, teve seu tráfego, utilizado na elaboração do dimensionamento, monitorado entre 1958 e 1960.											
Essa diferenciação resulta em valores de número N bem inferiores quando se utiliza FEC da USACE.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; background-color: #0070C0; color: white;">Tipo de eixo</th><th style="text-align: center; background-color: #0070C0; color: white;">Equação (carga P em t)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">ESRS</td><td style="text-align: center;">$(P/7,77)^{4,32}$</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">ESRD</td><td style="text-align: center;">$(P/8,17)^{4,32}$</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">ETD</td><td style="text-align: center;">$(P/15,08)^{4,14}$</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">ETT</td><td style="text-align: center;">$(P/22,95)^{4,22}$</td></tr> </tbody> </table>	Tipo de eixo	Equação (carga P em t)	ESRS	$(P/7,77)^{4,32}$	ESRD	$(P/8,17)^{4,32}$	ETD	$(P/15,08)^{4,14}$	ETT	$(P/22,95)^{4,22}$
Tipo de eixo	Equação (carga P em t)										
ESRS	$(P/7,77)^{4,32}$										
ESRD	$(P/8,17)^{4,32}$										
ETD	$(P/15,08)^{4,14}$										
ETT	$(P/22,95)^{4,22}$										

22

The diagram illustrates the difference in soil layering between USACE and AASHTO standards, particularly regarding the treatment of subgrade.

USACE:

- Revestimento
- Base
- Sub-base
- Reforço
- Subleito

AASHTO:

- Revestimento
- Base
- Sub-base
- Reforço
- Subleito

FEC Comparison:

- USACE:** FEC (Usace) = 17
- AASHTO:** FEC (AASHTO) = 7,4

Text at the top: "Número N - Fator de equivalência de carga (USACE x AASHTO)"

Text below: "Para um mesmo VDM e também para uma mesma taxa de crescimento, tem-se obtido valores de N bem inferiores quando se utiliza os FECs da AASHTO."

23

Fatec – SP		departamento de transportes e obras de terra					
Número N - Fator de equivalência de carga (USACE x AASHTO)							
FECS USACE E AASHTO							
Tipo de eixo		Carga (tf)					
Sobrecarga (30%)*		Carregado	Vazio				
ESRS	7,8	6	3				
ESRD	13	10	5				
ETD	22,1	17	6				
ETT	33,15	25,5	9				

(*) sobrecarga como exemplo

24

Fatec – SP		departamento de transportes e obras de terra			Fatec – SP		departamento de transportes e obras de terra								
Número N - Fator de equivalência de carga (USACE x AASHTO)					Número N - Fator de equivalência de carga (USACE x AASHTO)										
FECS USACE E AASHTO					FECS USACE E AASHTO										
Tipo de eixo	Carga (tf)	Sobre carga (30%)*	Carregado	Vazio	FECS USACE	Sobre carga (30%)*	Carregado	Vazio	FECS AASHTO						
ESRS	7,8	6	3		0,8	0,28	0,02		1,02						
ESRD	13	10	5		16,97	3,29	0,13		2,39						
ETD	22,1	17	6		36,04	8,55	0,08		1,64						
ETT	33,15	25,5	9		40,19	9,3	0,13		1,56						

(*) sobrecarga como exemplo

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

25

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

26

Fatec – SP		departamento de transportes e obras de terra					
Número N - DER-SP - IP-DE-P00/001 (2006)							
Entretanto, caso não se consigam dados de pesagens de veículos e se autorizados pela fiscalização do DER/SP, podem ser adotados os valores de tabelados pelo órgão.							
$V_{ti} = VDM_C * 365 * D * R_p$							
$N_i = V_{ti} * FV * FR$							
$N = \sum_{i=1}^P N_i$							

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

27

Fatec – SP		departamento de transportes e obras de terra					
Número N - Contagem de campo							
Várias maneiras podem ser empregadas para a obtenção de contagens de veículos em campo.							
As contagens obtidas em praças de pedágio, pode ser tomada com o mais fiel possível.							
Entretanto, normalmente, contagens são realizadas em curtos espaços de tempo, algumas horas do dia, muitas vezes em dias não consecutivos e em meses também alternados.							
Através de alguns modelos matemáticos pode-se obter o número N com relativa precisão							

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

28

Fatec – SP		departamento de transportes e obras de terra					
Número N - Contagem de campo							
A título de exemplo de determinação do número N, foi realizado um levantamento de campo por meio de filmagem dos veículos que solicitam somente a 3ª faixa.							
Foram 15 horas de filmagem entre 6:00 h e 21:00 h, distribuídas em três dias 24, 25 e 26/01/2017 (quarta, quinta e sexta feira), na Rodovia BR 376 SC trecho de subida de serra. Através dessa filmagem foi possível quantificar o volume de veículos por classes.							

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

29

Fatec – SP		departamento de transportes e obras de terra										
Número N - Contagem de campo												
O DER-SP, através de um sistema permanente de contagem e controle de tráfego nas rodovias do Estado, publicou o documento técnico n. 8879/00-IX-RL-0102-0 referente a análise da variação do volume de tráfego em praças de pedágio do estado de São Paulo.												
Fatores de distribuição do volume de tráfego doc. técnico n. 8879/00-IX-RL-0102-0												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Período</th> <th>Fator de distribuição (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diário 16/24 h (P_{24h})</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Semanal - quarta/quinta/sexta (dp)</td> <td>48,3</td> </tr> <tr> <td>Mês - janeiro/2009 (pm)</td> <td>7,6</td> </tr> </tbody> </table>					Período	Fator de distribuição (%)	Diário 16/24 h (P _{24h})	80	Semanal - quarta/quinta/sexta (dp)	48,3	Mês - janeiro/2009 (pm)	7,6
Período	Fator de distribuição (%)											
Diário 16/24 h (P _{24h})	80											
Semanal - quarta/quinta/sexta (dp)	48,3											
Mês - janeiro/2009 (pm)	7,6											
$VDM = \frac{\left[\frac{\sum_{dp}^{ndp} VD_{dp}}{\sum_{dp}^{ndp}} \right]}{365 * p_m * P_{24h}} * 4,35$												

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

30

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N - USACE

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO			FEC DA	(X) USACE	() AASHTO
Classificação dos Veículos	Nº de Eixos	Volume Diário (VDM)	% de Véhiculos	Fatores de Veículos - USACE	
Classe	Tipo	Simples (rodas simples)	Simples (rodas duplas)	Tandem duplo (rodas duplas)	
2C	Com. 2	1	-	-	36 0,0443
2C	Com. 3	1	1	-	2,00 0,0000
252	Com. 4	1	1	1	36,90 0,0458
253	Com. 5	1	1	1	206,67 0,2592
353	Com. 6	1	1	2	1,0268 0,1667
3D4	Com. 7	1	-	3	1,73 0,1285
3T6	Com. 9	1	-	4	11,89 0,0548
Total					1,00 0,0000

Hipótese de ocorrência da distribuição de carga dos veículos na frota: 80% com sobrecarga e 0% vazios. $I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

Volume Diário (VDM) = 360,000 t/dia

PV = 12,27

$N = 36 \cdot 12,27^{0,05} = 3,616 \cdot 06$ solicitações

Determinar o valor de N para um período de 10 anos utilizando uma taxa de crescimento de 2,0%/ano.

$I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

$N_{10\text{ anos}} = 4,18E+07$

Fatores relativos a contagem:

semanal (Débito) = 46,8%

intervalo = 0,7%

índice = 0,45

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

37

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N - USACE

Classificação dos Veículos	Nº de Eixos	Volume Diário (VDM)	% de Véhiculos	Fatores de Veículos - USACE	
Classe	Tipo	Simples (rodas simples)	Simples (rodas duplas)	Tandem duplo (rodas duplas)	
2C	Com. 2	1	-	-	36 0,0443
2C	Com. 3	1	1	-	2,00 0,0000
252	Com. 4	1	1	1	36,90 0,0458
253	Com. 5	1	1	1	206,67 0,2592
353	Com. 6	1	1	2	1,0268 0,1667
3D4	Com. 7	1	-	3	1,73 0,1285
3T6	Com. 9	1	-	4	11,89 0,0548
Total					1,00 0,0000

Hipótese de ocorrência da distribuição de carga dos veículos na frota: 80% com sobrecarga e 0% vazios. $I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

Volume Diário (VDM) = 360,000 t/dia

PV = 12,27

$N = 36 \cdot 12,27^{0,05} = 3,616 \cdot 06$ solicitações

Determinar o valor de N para um período de 10 anos utilizando uma taxa de crescimento de 2,0%/ano.

$I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

$N_{10\text{ anos}} = 4,18E+07$

Fatores relativos a contagem:

semanal (Débito) = 46,8%

intervalo = 0,7%

índice = 0,45

Transferir o VDM calculado, fazer a somatória (805)

Calcular as porcentagens de cada VDM

$$\% = 36/805 = 0,0443 \text{ ou}$$

$$\% = 36/805 \cdot 100 = 4,43\%$$

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

38

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N - USACE

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO			FEC DA	(X) USACE	() AASHTO
Classificação dos Veículos	Nº de Eixos	Volume Diário (VDM)	% de Véhiculos	Fatores de Veículos - USACE	
Classe	Tipo	Simples (rodas simples)	Simples (rodas duplas)	Tandem duplo (rodas duplas)	
2C	Com. 2	1	-	-	36 0,0443
2C	Com. 3	1	1	-	2,00 0,0000
252	Com. 4	1	1	1	36,90 0,0458
253	Com. 5	1	1	1	206,67 0,2592
353	Com. 6	1	1	2	1,0268 0,1667
3D4	Com. 7	1	-	3	1,73 0,1285
3T6	Com. 9	1	-	4	11,89 0,0548
Total					1,00 0,0000

Hipótese de ocorrência da distribuição de carga dos veículos na frota: 80% com sobrecarga e 0% vazios. $I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

Volume Diário (VDM) = 360,000 t/dia

PV = 12,27

$N = 36 \cdot 12,27^{0,05} = 3,616 \cdot 06$ solicitações

Determinar o valor de N para um período de 10 anos utilizando uma taxa de crescimento de 2,0%/ano.

$I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

$N_{10\text{ anos}} = 4,18E+07$

Fatores relativos a contagem:

semanal (Débito) = 46,8%

intervalo = 0,7%

índice = 0,45

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

39

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N - USACE

Classificação dos Veículos	Nº de Eixos	Volume Diário (VDM)	% de Véhiculos	Fatores de Veículos - USACE	
Classe	Tipo	Simples (rodas simples)	Simples (rodas duplas)	Tandem duplo (rodas duplas)	
2C	Com. 2	1	-	-	36 0,0443
2C	Com. 3	1	1	-	2,00 0,0000
252	Com. 4	1	1	1	36,90 0,0458
253	Com. 5	1	1	1	206,67 0,2592
353	Com. 6	1	1	2	1,0268 0,1667
3D4	Com. 7	1	-	3	1,73 0,1285
3T6	Com. 9	1	-	4	11,89 0,0548
Total					1,00 0,0000

Hipótese de ocorrência da distribuição de carga dos veículos na frota: 80% com sobrecarga e 0% vazios. $I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

Volume Diário (VDM) = 360,000 t/dia

PV = 12,27

$N = 36 \cdot 12,27^{0,05} = 3,616 \cdot 06$ solicitações

Determinar o valor de N para um período de 10 anos utilizando uma taxa de crescimento de 2,0%/ano.

$I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

$N_{10\text{ anos}} = 4,18E+07$

Fatores relativos a contagem:

semanal (Débito) = 46,8%

intervalo = 0,7%

índice = 0,45

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

40

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N - USACE

Classificação dos Veículos	Nº de Eixos	Volume Diário (VDM)	% de Véhiculos	Fatores de Veículos - USACE	
Classe	Tipo	Simples (rodas simples)	Simples (rodas duplas)	Tandem duplo (rodas duplas)	
2C	Com. 2	1	-	-	36 0,0443
2C	Com. 3	1	1	-	2,00 0,0000
252	Com. 4	1	1	1	36,90 0,0458
253	Com. 5	1	1	1	206,67 0,2592
353	Com. 6	1	1	2	1,0268 0,1667
3D4	Com. 7	1	-	3	1,73 0,1285
3T6	Com. 9	1	-	4	11,89 0,0548
Total					1,00 0,0000

Hipótese de ocorrência da distribuição de carga dos veículos na frota: 80% dos veículos, carga máxima legal, 10% com sobrecarga, 10% vazios.

$I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

Cargas (tf) (frota) = 360,000 t/dia

FC-USACE (fórmulas)

$N = 36 \cdot 12,27 \cdot 805 = 3,616 \cdot 06$ solicitações

Determinar o valor de N para um período de 10 anos utilizando uma taxa de crescimento de 2,0%/ano.

$I = [2 + (P - 1)\tau] / 100$

$N_{10\text{ anos}} = 4,18E+07$

Fatores relativos a contagem:

semanal (Débito) = 46,8%

intervalo = 0,7%

índice = 0,45

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

Prof. Edson

41

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

42

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N

na legal, 15% com sobrecarga e 5% vazios	15%	80%	5%
			FV = 12,27
io	N(anio zero) = 365*FV*VDM		

$$N = 365 \cdot 12,27 \cdot 805 = 3,61E+06 \text{ solicitações}$$

3

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

49

departamento de transportes e obras de terra

Número N

Classificação das vias	Tipo	DETERMINAÇÃO DO NÚMERO			FEC DA	DO USACE	() ASHTO
		Simples (modo duplo)	Simplex (modo duplo)	Tandem modo duplo			
2C	Com. 2	1	1	-	36	0,0443	10,87
3C	Com. 3	1	1	-	36	0,0448	11,02
2S2	Com. 4	1	1	-	36,90	0,0458	14,12
2S3	Com. 5	1	1	1	206,67	0,2592	86,58
2D2	Com. 6	1	1	2	206,67	0,2592	86,58
3D4	Com. 7	1	-	3	87,32	0,1086	70,28
3T6	Com. 9	-	-	4	11,89	0,0443	303,45
					Total		374,48

1) Hipótese de distribuição de descarga das vias considerando que a via é legal, 15% com sobrecarga e 5% vazios.

Carregamento das vias (calcular)	FCGASAE (fatorias)	N(ano zero) = 365*FV*VDM
Carregamento	Vazio	FV = 12,27
Simplex (modo duplo)	10,87	
Tandem (modo duplo)	11,02	
Tandem (modo duplo)	14,12	
Tandem (modo duplo)	86,58	
Tandem (modo duplo)	86,58	
Tandem (modo duplo)	70,28	
Tandem (modo duplo)	303,45	
Tandem (modo duplo)	374,48	

N = 365*12,27*805 = 3,61E+06 solicitações

Determinar o valor de N para um período de 10 anos utilizando uma taxa de crescimento de 2,69%.

Ano (p)	Indice (I)	USACE
2010	0	1
2011	1	1,01345
2012	2	1,01345 ²
2013	3	1,01345 ³
2014	4	1,01345 ⁴
2015	5	1,01345 ⁵
2016	6	1,01345 ⁶
2017	7	1,01345 ⁷
2018	8	1,01345 ⁸
2019	9	1,01345 ⁹
2020	10	1,01345 ¹⁰

$= [2 + (P - 1)^T] / 100$

$N = 10 \text{ anos} = 4,18E+07$

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

50

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N

ano	Ano (p)	Índice (I)	N anual	N acumulado
2013	0	1	3,61E+06	3,61E+06
2014	1	1	3,61E+06	7,21E+06
2015	2	1,01345	3,65E+06	1,09E+07
2016	3	1,0269	3,70E+06	1,46E+07
2017	4	1,04035	3,75E+06	1,83E+07
2018	5	1,0538	3,80E+06	2,21E+07
2019	6	1,06725	3,85E+06	2,60E+07
2020	7	1,0807	3,90E+06	2,99E+07
2021	8	1,09415	3,94E+06	3,38E+07
2022	9	1,1076	3,98E+06	3,78E+07
2023	10	1,12105	4,04E+06	4,18E+07

$$I = (2 + (P - 1)^T) / 100$$

Por exemplo, para o ano 2018, temos um valor de $P = 5$, logo.

$$I(p=5) = (2 + 5^2) * 2,69 / 100 / 2 = 1,0538$$

$$\text{Manual } (5) = 1,0538 * 3,61 * 10^6 = 2,21 * 10^7$$

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

51

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Número N

Classe	Tipo	Volume	VDM	Indice	N anual	N acumulado
2C	Com. 2	87	36			
3C	Com. 3	598	345			
2S2	Com. 4	90	37			
2S3	Com. 5	509	209			
2D2	Com. 6	380	180			
3D4	Com. 7	213	87			
3T6	Com. 9	29	12			
		305	25,5	9,0	25,72	93,35

Fatores relativos a contagem:

ano	Ano (p)	Indice (I)	USACE
2010	0	1	3,61E+06
2011	1	1,01345	3,65E+06
2012	2	1,01345 ²	3,69E+06
2013	3	1,01345 ³	3,73E+06
2014	4	1,01345 ⁴	3,77E+06
2015	5	1,01345 ⁵	3,80E+06
2016	6	1,01345 ⁶	3,83E+06
2017	7	1,01345 ⁷	3,86E+06
2018	8	1,01345 ⁸	3,89E+06
2019	9	1,01345 ⁹	3,92E+06
2020	10	1,01345 ¹⁰	3,95E+06

$I = [2 + (P - 1)^T] / 100$

$N = 365 \cdot 12,27 \cdot 805 = 3,61 \cdot 10^6 \text{ solicitações}$

Determinar o valor de N para um período de 10 anos utilizando uma taxa de crescimento de 2,69%.

Ano (p)	Indice (I)	USACE	
2010	0	1	3,61E+06
2011	1	1,01345	3,65E+06
2012	2	1,01345 ²	3,69E+06
2013	3	1,01345 ³	3,73E+06
2014	4	1,01345 ⁴	3,77E+06
2015	5	1,01345 ⁵	3,80E+06
2016	6	1,01345 ⁶	3,83E+06
2017	7	1,01345 ⁷	3,86E+06
2018	8	1,01345 ⁸	3,89E+06
2019	9	1,01345 ⁹	3,92E+06
2020	10	1,01345 ¹⁰	3,95E+06

$N = 10 \text{ anos} = 4,18E+07$

Determina-se o valor de N acumulado para o período de 10 anos

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

52

Fatec - SP

departamento de transportes e obras de terra

Exercício

Projeto de Pavimento

Prof. Edson

53