FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

PROJETO DE PAVIMENTO

Definições de pavimento e Classificação de Veículos

Prof. Dr. Edson de Moura - 2º sem. 2024

1

Definições de pavimento

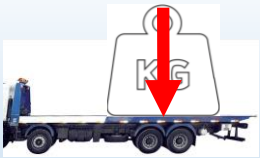
2

Porque os pavimentos no Brasil apresentam condições de rolamento ruins, quanto à economia e segurança para o usuário e o custo dos serviços de manutenção são elevados?

3

Porque os pavimentos no Brasil apresentam condições de rolamento ruins, quanto à economia e segurança para o usuário e o custo dos serviços de manutenção são elevados?"

Excesso de carga – devido à ausência de balanças rodoviárias, a prática de excesso de carga é, notoriamente, uma realidade nacional.

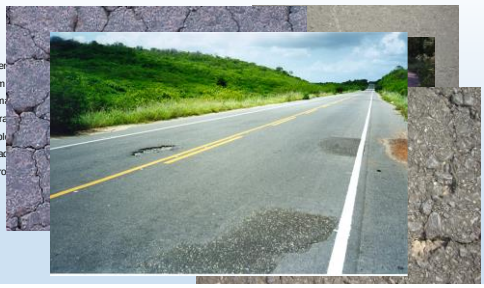


A concepção de uma estrutura de uma rodovia, tem como premissa: a quantidade, os tipos e principalmente a carga dos veículos que irão trafegar, expresso pelo número N (normalmente para período de 10 anos de projeto), caso nessa estrutura, quando em serviço, ocorram a passagens de veículos com excessos de cargas, não computado, o período de 10 anos, inicialmente considerado, pode ocorrer prematuramente.

4

Porque os pavimentos no Brasil apresentam condições de rolamento ruins, quanto à economia e segurança para o usuário e o custo dos serviços de manutenção são elevados?"

prever
levam
da m
fissura
em bl
camad
reparo



5

Porque os pavimentos no Brasil apresentam condições de rolamento ruins, quanto à economia e segurança para o usuário e o custo dos serviços de manutenção são elevados?"

Materiais - Os materiais empregados na construção de nossas rodovias, assemelham-se quanto a qualidade dos materiais, normalmente, empregados em rodovias de outros países. Principalmente, materiais empregados em camadas de bases, sub-bases e reforços de subleito. Mesmo os materiais da camada de rolamento, apresentam características análogas aos materiais dos revestimentos encontrados em outros países, visto que, os materiais devem atender às normas que preconizam e atestam a sua qualidade.

6

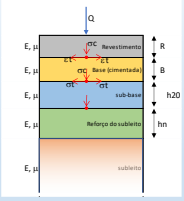
Porque os pavimentos no Brasil apresentam condições de rolamento ruins, quanto à economia e segurança para o usuário e o custo dos serviços de manutenção são elevados?"

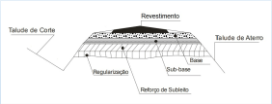
Construção – o processo de edificação de obras públicas no Brasil, não só de obras rodoviárias, mas obras civis em geral, requer atenção. Em obras usto, bico falta na e um a má vias. ente, deal, gem, de entre n a ção da vida útil da rodovia.

7

Porque os pavimentos no Brasil apresentam condições de rolamento ruins, quanto à economia e segurança para o usuário e o custo dos serviços de manutenção são elevados?"

Projeto – a concepção de projetos inadequados, como número N inferior ao real, erros no dimensionamento das camadas, análise mecanicista malfeita, além de outros parâmetros, resulta em estruturas com qualidade inferior, propiciando a ruptura prematura do pavimento





8

Porque os pavimentos no Brasil apresentam condições de rolamento ruins, quanto à economia e segurança para o usuário e o custo dos serviços de manutenção são elevados?"

Excesso de carga

Manutenção preventiva

Materiais

processo construtivo

Projeto

9

DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO

Pavimento conforme definição do DNIT (2017) é: "Estrutura construída após a terraplenagem, destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos veículos, a melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços horizontais tornando mais durável a superfície e rolamento".

DEFINIÇÃO MAIS PRECISA

pavimento é uma ***estrutura*** constituida de ***diversas camadas*** de ***diversos materiais*** num ***espaço semi-infino*** construida para ***resitir as solicitações das cargas repetidas e itinerantes*** e ***ações do ambiente*** no ***horizonte temporal de projeto***.

10

Estrutura: arcabouço destinado a resistir, em função de seu esqueleto, a esforços externos e internos.

Diversas camadas: essa estrutura é constituida por diversas camadas de forma que todas devem estar intimamente unidas e, com a ação da carga do tráfego as tensões de tração/compressão tanto verticais com horizontais estejam distribuidas de forma a não gerar acúmulo de tensões em uma única camada.

Diversos materiais: as camadas da estrutura do pavimento são cosntituidas por diferentes materiais, como: solo, brita, solo-cimento, bgtc, mistura asfáltica, concreto etc.

Espaço semi-infinito: o espaço considerado até onde a ação da carga pode ser detectada. Toma-se como referência a profundidade de 1,5 m.

Resitir as solicitações das cargas: o pavimento deve ser dimensionando de forma a resistir a ação das cargas dos veículos. Os veículos aqui considerados são caminhões, reboques, semi-reboques e ônibus. Os veículos de passeios (automóveis, vans, e pic-ups) não possuem cargas significativas para serem consideradas no dimensionamento dos pavimentos.

11

Cargas repetidas e itinerantes: cargas cíclicas e que pode não ocorrer no mesmo local, embora, os pavimentos possuam tráfego canalizado.

Ações do ambiente: o pavimento ocorre ao longo de extesões significativas, atravessando regiões com climas e relevo distintos, principalmente em um país como o Brasil que possui dimensões contineais. Dai, a necessidade da compreensão do clima, do relevo e também da eventual mudança no tipo de tráfego e a consideração dessas variáveis no projeto do pavimento.

Horizonte temporal de projeto; o projeto deve ser realizado considerando uma vida útil de serviço do pavimento superior o mais longo possível.

12

O que é um bom pavimento?

Um bom pavimento deve, necessariamente, apresentar três requisitos básicos:

a. *Conforto ao usuário* – possuir superfície que propicie uma rolagem suave, sem vibrações, ausência de solavancos e também de forma a causar o menor ruído possível para o motorista e para as propiedades lindeiras à via.

b. *Segurança ao usuário* – o pavimento deve ser concebido com uma traçado condizente com a velocidade diretriz e ter uma rugosidade superficial e inclinação transversal de forma a permitir rapidamente o escoamento da água da chuva propiciando uma melhor aderência pneu/pavimento.

c. *Econômico* – apresentar uma solução técnica de projeto e execução que conduza ao menor custo para a implantação da obra.

13

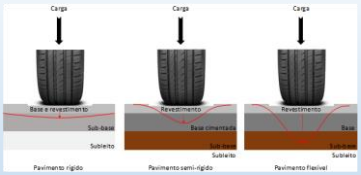
Observe-se que os parâmetros: conforto, segurança e economia são desafios impostos aos técnicos rodoviários, que trabalham em projetos ou atuam diretamente em obras como executores ou em controle tecnológico e também em orgãos administradores como os DERs, Prefeituras e as Concessionárias.

Registra-se que para o usuário a segurança e conforto se confundem, já para os técnicos rodoviários, segurança e conforto são parâmetros distintos.

14

Classificações dos Tipos de Pavimentos

Os pavimentos podem ser classificados em três grupos distintos: pavimento flexível, pavimento rígido e pavimento semi-rígido.



Cuidados na classificação de pavimentos com base no tipo de revestimento

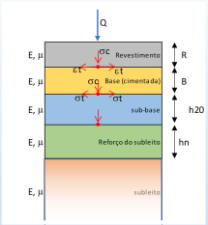
15

Importância da Classificações dos Tipos de Pavimentos

Correto diagnóstico das causas dos defeitos, propicia a adoção da correta manutenção.

Pavimentos semirrígidos, trincas por fadiga na camada de rolamento nos induz a associar o problema à base cimentada.

Ocorre que se a mistura asfáltica se apresenta com problemas de usinagem, como massa queimada ou mesmo baixo teor de ligante asfáltico, certamente, trincas no revestimento aparecerão e o problema não está associado a problemas com a base.



16

Classificações dos Tipos de Pavimentos

Outro tipo de não conformidade que pode ocorrer em classificar os pavimentos conforme o material empregado, por exemplo: um pavimento com camada de rolamento, base e sub-base de material asfáltico conhecido como "*full depth asphalt pavement*" foi um tipo de pavimento bastante empregado nos EUA e também no Brasil nas décadas de 70 e 80, hoje muito empregado na França.

Com base na classificação do DNIT trata-se de um pavimento flexível, entretanto, devido às características visco-elásticas do material empregado, ligante asfáltico, juntamente com a baixa temperatura de serviço, a viscosidade do ligante asfáltico aumenta significativamente, fazendo com que o módulo de resiliência desse material aumente em até dez vezes.

Nessas condições, esse tipo de pavimento apresenta comportamento de características mais próximas de um pavimento rígido que propriamente dito como pavimento flexível.

17

Classificação de veículos

18

Classificação de veículos

Lei da Balança

1960 – disciplinação de cargas por eixo em SP – DER-SP

1961 – cria a "lei da balança" decreto federal 50.903/61 – Não havia punição para excessos de carga

1968 – foi somado o decreto 62127/68, que regulamentou a Lei 5.108/66: ESRS = 5t, ESRD isolado = 10 t e 8,5 t por ETD ou ETT. O peso bruto total = 40 t.

1985 – com a Lei 7408/85 foi introduzido tolerâncias de 5% no peso por eixo e também 5% no peso bruto total.

1990 – decreto 98.933/90 passou de 5t no eixo dianteiro para 6t.

1998 – o CTB, modificou a resolução 104 do Contran, passou de 5% para 7,5% de tolerância por eixo e extinguiu a multa por excesso nos eixos – se há excesso mas o PBT ou PBTC (45 t) está dentro da tolerância, permite-se remanejamento de carga. Se há excesso no PBT o u PBTC, aplica-se multa, o excesso deve ser removido para autorização de trafegabilidade.

2005 – aumento do PBT ou PBTC de 45 para 48,5 t – e para configurações (ETT rodagens duplas – 12 pneus) trafegarem com 57 t.

2015 – foi instituída a Lei do Motorista 13103/15, além de contemplar o descanso do motorista, autoriza a mudança de 7,5% de tolerância por eixo para 10%, entretanto, a tolerância de 7,5% ao PBT ou PBTC fica mantida – resolução n. 104 do Contran (1998).

19

Classificação de veículos

Com o avanço tecnológico acentuado que vem ocorrendo na indústria automobilística, estão produzindo veículos mais econômicos, mais seguros e também mais velozes, não só na linha de veículos leves, mas também nos veículos pesados.

Um segmento de destaque nesse avanço tecnológico da indústria automobilística diz respeito às indústrias fabricantes de pneus.

Os pneus extralargos vêm se popularizando nos últimos anos pelas vantagens econômicas que proporciona, e seu uso está regulamentado pela resolução Nº 62/98 do CONTRAN.

Cabe lembrar, no entanto, que no artigo 1º dessa resolução, regulamenta o uso do pneu do tipo 385/65 R 22.5 em semirreboques e reboques dotados de suspensão pneumática com eixos em tipo tandem.

20

Classificação de veículos

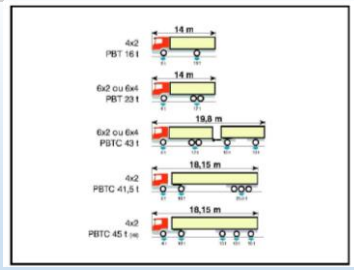
Desafio

A somatória de reduzida malha rodoviária pavimentada do Brasil, com mais de 50% em condições precárias, aumentos de carga transportada por veículo, e ainda o aumento do volume de cargas transportadas pelo modo rodoviário nos últimos anos, traz ao técnicos rodoviários o desafio de melhorar as características dos pavimentos rodoviários, tanto sob o aspecto funcional como também estrutural.

21

Classificação de veículos

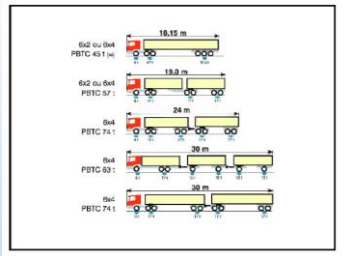
Dimensões e pesos de veículos até 45 t



22

Classificação de veículos

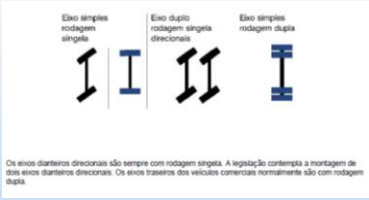
Dimensões e pesos de veículos até 74 t



23

Classificação de veículos

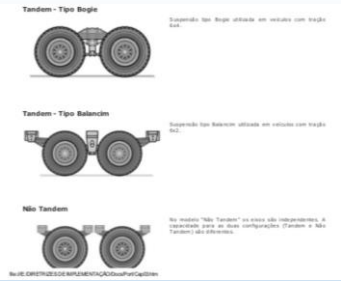
Configurações de eixo



24

Classificação de veículos

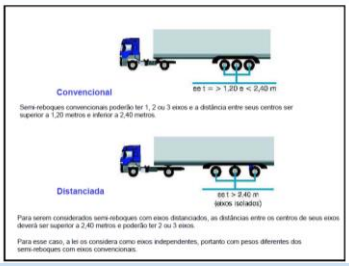
Configurações das Suspensões



25

Classificação de veículos

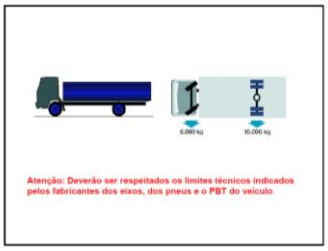
Configurações dos eixos de semirreboques



26

Classificação de veículos

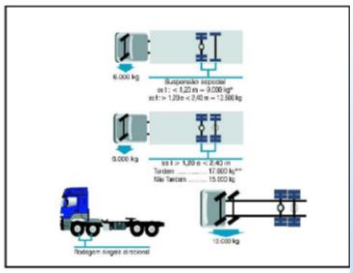
Capacidade legal – veículos com 2 eixos



27

Classificação de veículos

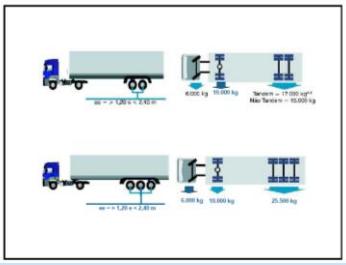
Capacidade legal – veículos com 3 e 4 eixos



28

Classificação de veículos

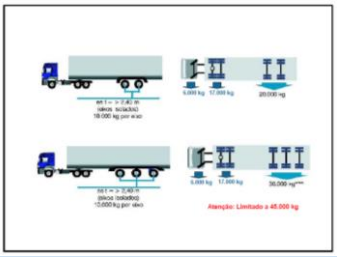
Capacidade legal – veículos com 4 e 5 eixos



29

Classificação de veículos

Capacidade legal – veículos com 5 e 6 eixos distanciados



30

Classificação de veículos

VEÍCULOS DE PROJETO

Para fins de projeto é necessário examinar todos os tipos de veículos em circulação, selecionando-os em classes e estabelecendo a representatividade dos tamanhos dos veículos dentro de cada classe.

A grande variedade de veículos existentes conduz à escolha, para fins práticos, de tipos representativos, que em dimensões e limitações de manobra, excedam a maioria dos de sua classe.

A estes veículos é dada a designação de veículos de projeto, os quais são definidos como veículos cujo peso, dimensões e características de operação servirão de base para estabelecer os controles do projeto de rodovias e suas interseções.

Para efeito de dimensionamento de pavimentos, o aspecto a ser considerado é única e exclusivamente a carga dos veículos e a configuração dos eixos. Tamanho, altura, capacidade de torque, raio de giro dentro outras características refere-se ao projeto geométrico da via.

Assim, para o dimensionamento estrutural da via o veículo de projeto são: caminhões, ônibus, reboques e semirreboques.

31

Classificação de veículos

VEÍCULOS DE PROJETO

O Manual de Projeto de Interseções, DNIT, 2005, classifica os veículos usuais em cinco categorias, a serem adotadas em cada caso conforme as características predominantes do tráfego:

VP - Representa os veículos leves (veículos de passeio), física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel, incluindo minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares.

CO - Representa os veículos comerciais rígidos, não articulados. Abrangem os caminhões e ônibus convencionais, normalmente de dois eixos e quatro a seis rodas.

O - Representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões. Entre estes incluem-se os ônibus urbanos longos, ônibus de longo percurso e de turismo, bem como caminhões longos, frequentemente com três eixos (trucão), de maiores dimensões que o veículo CO básico. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal admissível para veículos rígidos.

SR - Representa os veículos comerciais articulados, compostos de uma unidade tratora simples (cavalo mecânico) e um semirreboque. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal para veículos dessa categoria.

RE - Representa os veículos comerciais com reboque. É composto de uma unidade tratora simples, um semirreboque e um reboque, frequentemente conhecido como bitrem. Seu comprimento é o máximo permitido pela legislação.

32

Classificação de veículos

Principais dimensões básicas dos veículos de projeto

Designação do veículo tipo / Características	Veículos leves (VP)	Caminhões e ônibus convencionais (CO)	Caminhões e ônibus longos (O)	Semi-reboques (SR)	Reboques (RE)
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	16,8	19,8
Raio min. da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,7	13,7
Raio min. da roda interna traseira	4,7	8,7	7,1	6,0	6,9

33

Classificação de veículos

Correspondência das tarifas de pedágio pelas diversas categorias de veículos

Categoria	Tipo de veículos	N.º de eixos	Rodagem	Multiplicador da tarifa
1	Automóvel, caminhoneta e furgão	2	simples	1,00
2	Caminhões, ônibus, Caminhão- trator e furgão	2	dupla	2,00
3	Automóvel com semi-reboque e caminhoneta com semi-reboque	3	simples	3,00
4	Caminhão, caminhão-trator, Caminhão-trator com semi-reboque e ônibus	3	dupla	3,00
5	Automóvel com reboque e Caminhoneta com reboque	4	simples	4,00
6	Caminhão com reboque e Caminhão-trator com semi-reboque	4	dupla	4,00
7	Caminhão com reboque e Caminhão-trator com semi-reboque	5	dupla	5,00
8	Caminhão com reboque e Caminhão-trator com semi-reboque	6	dupla	6,00
9	Motocicletas, motonetas e Bicicletas a motor	2	simples	0,50

34

Classificação de veículos

As diversas classes são representadas por um código alfanumérico, por exemplo, 2S3. No código adotado, o primeiro algarismo representa o número de eixos do veículo simples ou da unidade tratora, enquanto que o segundo algarismo, caso exista, indica a quantidade de eixos da(s) unidade(s) rebocada(s). As letras significam:

C = veículo simples (caminhão ou ônibus) ou veículo trator + reboque;
S = veículo trator (cavalo mecânico) + semirreboque;
I = veículo trator + semirreboque com distância entre eixos > 2,40 m (eixos isolados);
J = veículo trator + semirreboque com um eixo isolado e um eixo em tandem;
D = combinação dotada de 2 (duas) articulações;
T = combinação dotada de 3 (três) articulações;
Q = combinação dotada de 4 (quatro) articulações;
X = veículos especiais;
B = ônibus.

35

Classificação de veículos

Exemplos:
3C = caminhão simples com 3 eixos
3C3 = caminhão simples com 3 eixos + 1 reboque com 3 eixos
2S3 = caminhão trator (cavalo mecânico) com 2 eixos + semirreboque com 3 eixos
2I2 = caminhão trator com 2 eixos + semirreboque com 2 eixos isolados
3D3 = caminhão simples com 3 eixos + reboque especial com 3 eixos
3Q4 = caminhão simples com 3 eixos + 2 reboques com 4 eixos - treminhão
3T6 = caminhão trator com 3 eixos + 2 ou 3 semirreboques com 6 eixos - rodotrem ou tritrem
3X6 = caminhão trator com 3 eixos + reboque com 6 eixos - carga excepcional
Para os veículos simples existem as classes:
2CB – exclusiva para ônibus dotado de 2 (dois) eixos, sendo o traseiro de rodagem dupla.
3CB - exclusiva para ônibus dotados de conjunto de eixos traseiro duplo, um com 4 (quatro) e outro com 2 (dois) pneumáticos;
4CB - exclusiva para ônibus dotados de 2 (dois) eixos direcionais;
4CD - exclusiva para caminhões dotados de 2 (dois) eixos direcionais. A classe X é composta por combinações de veículos para carga especializada, com mais de 9 (nove) eixos, para o transporte de cargas excepcionais em peso ou dimensões, trafegando com AET.

36

Classificação de veículos

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	2S1	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

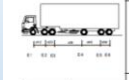
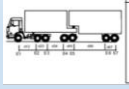
37

Classificação de veículos

	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	3S1	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	2S3	74
	5	**45** (47)	**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 1,20 m < d23, d45 ≤ 2,40 m	3S2	75

38

Classificação de veículos

	6	**45,5** (50,93) **Res. Contran 164/2008 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. E4E5E6 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d34 ≥ 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d56 ≤ 2,40 m	3S3	78
	6	**53** (56,05) **Res. Contran 164/2008 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	3I3	83
	6	**50** (52,5) **Res. Contran 164/2008 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. E5E6 = conjunto 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
	7	**57** (59,8) **Res. Contran 164/2008 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. d12, d34, d56 ≥ 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67 ≤ 2,40 m	3T4	91

39

Pessoal valeu!

40