



A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA COM VEÍCULOS DE GRANDE CAPACIDADE

Rosário, 25 de outubro de 2016

Antecedentes

- Até 1978, o peso bruto máximo admitido nas rodovias brasileira era de 40 toneladas.
- Em 1978, o Decreto 82.925 elevou este limite para 45 t.
- Na década de 80, surgem pressões pelo aumento dos pesos por eixo e pelo uso de veículos mais pesados, como forma de reduzir os custos do transporte.
- Não se conseguiu aumentar os limites de peso por eixo, mas o governo passou a admitir o uso de veículos mais pesados, com maior número de eixos.
- Surgem nessa época os primeiros treminhões e rodotrens experimentais com **mais de duas unidades**, até 9 eixos, até 73 t de peso bruto e 30 m de comprimento, operados pela Coral e pela Sul Fluminense

Resolução 631/84

Estas combinações longas foram regulamentadas pela Resolução nº 631/84, do CONTRAN, que estabeleceu os requisitos para a circulação de **Combinações de Veículos de Carga (CVC)** com mais de duas unidades, mediante **Autorização Especial de Trânsito (AET)**, concedida pela autoridade com jurisdição sobre a via, válida por um ano.

- Não podiam ter peso bruto superior a 73 t (9 eixos), seu comprimento variava de 19,80 m a 30 m, e obedeciam aos limites legais de peso por eixo.
- Posteriormente, este limite passou para 74 t, com a elevação do limite no eixo dianteiro de 5 t para 6 t

Resolução 631/84

Limites legais de peso por eixo:

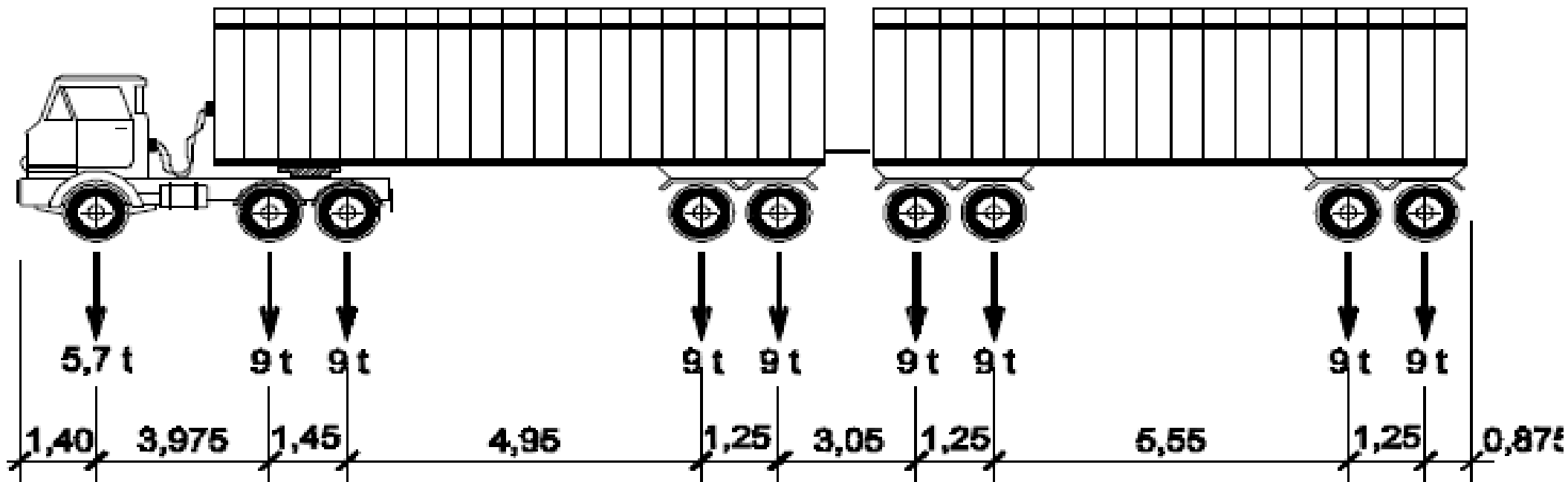
- Eixo direcional (na época): 5 t
- Eixo direcional (atual): 6 t
- Eixo isolado: 10 t
- Eixo tandem duplo com 6 pneus: 13,5 t
- Eixo tandem duplo com 8 pneus: 17 t
- Eixo tandem triplo: 25,5 t

Resolução 631/84

Exemplo de CVC

2

Rodotrem - 74 t (+ 5% lei da balança = 77,7t)
 Comprimento total = 25,00m



Resolução 631/84

Exemplo de CVC – Rodotrem, 9 eixos, 74 t, até 30 m



Resolução 631/84

Exemplo de CVC – Treminhão canavieiro



Resolução 631/84

Exemplo de CVC – Tritrem madeireiro



Resolução 631/84

- Freios conjugados entre todas as unidades
- Sistema de engate especial reforçado por corrente ou cabos de aço
- Tração dupla (6x4)
- Nas vias de duplo sentido poderia ser exigida a existência de faixa adicional para veículos lentos nos trechos com aclive superior a 5% e comprimento superior a 500 m.
- A velocidade foi limitada a 60 km/h.
- Sinalização especial na traseira, luzes laterais a cada 3 m

Resolução 631/84



Resolução 631/84

- . Trânsito do amanhecer ao por do sol.
- Nas vias com pistas de sentido único, dotadas de separadores físicos, com duas ou mais faixas de mesmo sentido (vias expressas), poderia ser autorizado o trânsito noturno.
- Em casos especiais, devidamente justificados, ficou autorizado o tráfego noturno nas vias de pistas simples de duplo sentido desde que:
- O traçado deveria oferecer condições de segurança, especialmente para a ultrapassagem;
- O tráfego não deveria ser muito intenso;
- Projeto técnico do conjunto.

Resolução 631/84

- Este projeto deveria se assinado por profissional habilitado e conter, fotos mostrando a sinalização e memorial descritivo, indicando:
- PBTC e CMT determinado pelo fabricante;
- **Gráfico da curva de desempenho em aclives;**
- **Compatibilidade da força de aderência e da capacidade de rampa com o peso bruto total;**
- **Capacidade de frenagem;**
- **Sistema de engate;**
- Dimensões de cada unidade e do total da combinação;
- Carga útil legal.

Resolução 68/98

- A Resolução 631/84 foi modificada pela Resolução 68/98, que criou um anexo contendo a silhuetas das configurações homologadas, que não admitiam o uso do tandem triplo:
- Romeu e Julieta (caminhão + reboque) com 19,80 m, com 50 e 57 t (seis e sete eixos)
- Bitrem biarticulado com 7 eixos, 19,80 m e 57 t (3 tandens duplos)
- Tritrem triarticulado com 9 eixos, até 30 m (trator trucado e 3 carretas de dois eixos)
- Treminhão de 8 eixos, até 30 m e 63 t (cavalo 6x4 e 2 reboques de dois eixos)
- Rodotrem de 9 eixos, até 30 m e 74 t (cavalo mecânico 6x4, duas carretas de dois eixos e *dolly* intermediário de 2 eixos)

Resolução 68/98

A velocidade foi aumentada para 80 km/hora

As CVC só podiam trafegar do amanhecer ao por do sol.

O transito podia ser diuturno se o comprimento fosse 19,80 m ou se o veículo trafegar em pistas vias de pista dupla.

Em casos excepcionais, as CVC com mais de 19,80 m poderão trafegar em vias de pista simples, desde que:

- o volume de tráfego noturno fosse inferior a 2.500 veículos;
- o traçado, condições de segurança e ultrapassagem permitissem ;
- o trecho fosse sinalizado (presença de veículos longos);
- e levando-se em conta distância a ser percorrida.

Resolução 68/98

A obtenção da AET exigia projeto técnico e cópias dos CRLV.

O projeto técnico deve conter:

- planta dimensional;
- **cálculo demonstrando que CVC pode vencer rampas de 6%;**
- **gráfico de velocidades em aclives de 0 a 6%;**
- **capacidade de frenagem;**
- **desenhos de arraste e varredura (para 25 m, os mesmos de um SR) e**
- **laudo técnico atestando estabilidade.**

Resolução 164/2004

- A grande expansão da frota de bitrens de 57 t, sete eixos e 19,80 m gerou grandes pressões pela dispensa da AET para esta configuração.
- Isso ocorreu em setembro de 2004, por meio da Resolução 164.
- Esta Resolução, impunha como condição para a dispensa a prévia a adequada sinalização das rodovias e dava prazo máximo até o dia 15 de dezembro de 2004 para tanto.
- O prazo não foi cumprido e alguns órgãos de trânsito começaram a utilizar a ausência de sinalização como pretexto para não dispensar a AET.
- Outros cuidaram de sinalizar, embora com algum exagero no número de pontes que não comportavam esta configuração.

Resolução 164/2004



Resolução 184/2005

- Alguns juízes entenderam que, mesmo após 15 de dezembro, não se podia dispensar a AET nas rodovias onde não houvesse sinalização, o que levou muitos estados a manterem esta exigência.
- Em 17 de outubro de 2005, ocorre em Brasília o “Grito das Estradas”, realizado pela Frente Nacional do Transporte, com o objetivo de eliminar a exigência de AET para os bitrens de 7 eixos e 57 t.
- Estes veículos eram considerados essenciais para escoar as safras agrícolas.
- **É editada a Resolução 184/05, que elevou o Peso Bruto Total Combinado (PBTC) das Combinações de Veículos de Carga (CVCs) com duas ou mais unidades de 45 t para 57 t.**

Resolução 184/2005

- O bitrem com 7 eixos e comprimento entre 17,50 m e 19,80 m teve seu tráfego diuturno totalmente liberado, sem necessidade de Autorização Especial de Trânsito (AET)
- O bitrem de 7 eixos passa a ser considerado um veículo comum.
- Tratar como especial uma frota de bitrens que já era superior a 100 mil unidades só servia mesmo para burocratizar o transporte e alimentar a até então próspera “indústria” das AETs.
- O bitrem deveria adotar obrigatoriamente, no prazo de cinco anos, tração 6x4. Ficou assegurado, no entanto, o direito de circulação de todos os bitrens equipados com tração simples que fossem licenciados até cinco anos após a entrada em vigor da nova Resolução.

Virtudes do bitrem

Estudo técnico elaborado pela NTC&Logística demonstrou que:

- Quando se comparam os fatores de equivalência de carga (FEC) por tonelada útil, **o dano ao pavimento provocado pelo bitrem é de 76,6% do dano provocado por um semirreboque comum com 25 t de carga.**
- Do ponto de vista de danos às obras de arte, **o bitrem de sete eixos foi considerada uma configuração perfeitamente compatível com a infraestrutura viária**, em estudo feito pelos técnicos da EESC da USP (Escola Estadual de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), desde que, obedecidos os limites legais de pesos.

Virtudes do bitrem

- Com 19,80 m, o bitrem não cria dificuldades adicionais para ser ultrapassado, além das já existentes, em relação aos caminhões que tracionam reboques.
- O bitrem apresenta uma vantagem adicional, não só em relação ao Romeu-e-Julietta (caminhão + reboque), como também em relação aos semirreboques que substitui, pois possui uma articulação a mais, o que reduz sensivelmente seu arraste e sobrelargura nas curvas.
- O uso do engate tipo B, ou seja uma segunda quinta roda torna o veículo bastante estável, em relação ao tombamento.

Virtudes do bitrem

Estudo produzido pelo DOT americano registra:

- *“Propriedade anti-tombamento é uma característica especial dos engates bitrem. Uma conexão bitrem entre dois rebocados num double cria essencialmente uma combinação semirreboque/semirreboque com dois pontos de articulação no lugar de três. Uma quinta roda normal é usada para acoplar os dois semirreboques, assegurando assim, significativas forças de combate ao tombamento entre os dois semirreboques.”*
- *“... a conexão por meio do trem B, entre dois rebocados, elimina efetivamente um ponto de articulação e garante uma grande força de combate ao tombamento para ambos os semirreboques, quando eles giram em sentidos opostos durante uma manobra rápida de mudança de faixa.”*

Virtudes do bitrem

- A exigência de duplo diferencial (6x4), embora eleve o preço e o peso morto do cavalo mecânico, contribui sobremaneira para aumentar a capacidade de tração em rampas, devido à maior força de aderência, com **impacto positivo sobre a segurança do trânsito e sobre o desgaste do pavimento.**
- A esmagadora maioria dos estudos norte americanos, concluiu que as CVCs são, no mínimo, tão seguras quanto o semirreboque convencional.
- Dados levaram os autores do TRB-SR 211 (1986, p. 135) a concluir que **a taxa de envolvimento das CVCs em acidentes, em operações interurbanas de empresas de transporte de carga geral em rodovias rurais, por milha percorrida é igual ou apenas ligeiramente superior à dos semirreboques.**

Virtudes do bitrem

- Essa ligeira variação na segurança seria compensada pela redução do número de viagens, devido à maior capacidade desses veículos.
- As diferenças na gravidade dos acidentes também foram julgadas pequenas, especialmente porque uma fração significativa de sinistros com as CVCs envolve apenas a última carreta e reflete a dificuldades de condução desse tipo de veículo.

Resolução 211/06

- As novas CVCs com peso bruto superior a 57 t passaram a ter obrigatoriamente comprimento mínimo de 25 m.
- Esta exigência baseou-se em estudo realizado pela USP de São Carlos, que concluiu que CVC com cerca de 20 m de comprimento eram incompatíveis com as pontes existentes.
- Aumentou bastante a lista de configurações permitidas, que passaram a incluir o bitrem de 9 eixos.



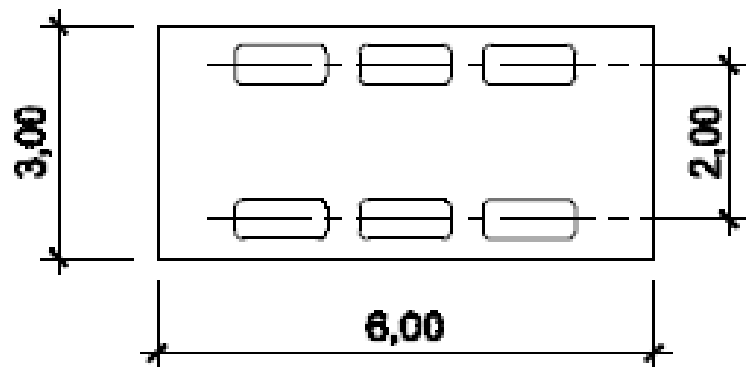
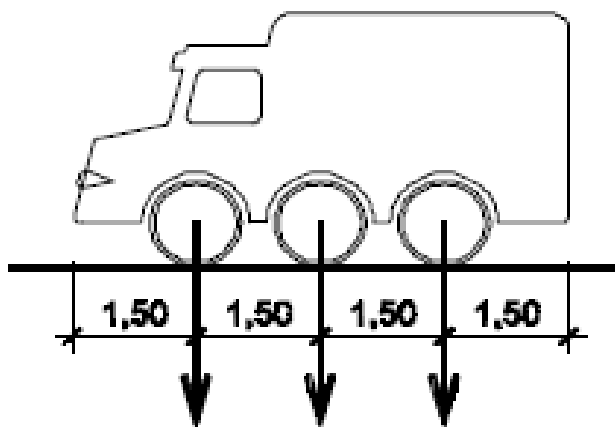
Normas para o cálculo de pontes

Tabela 3 - Normas para cálculo de pontes

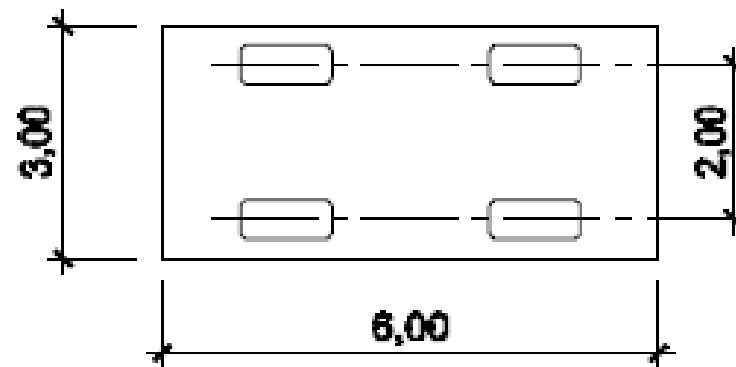
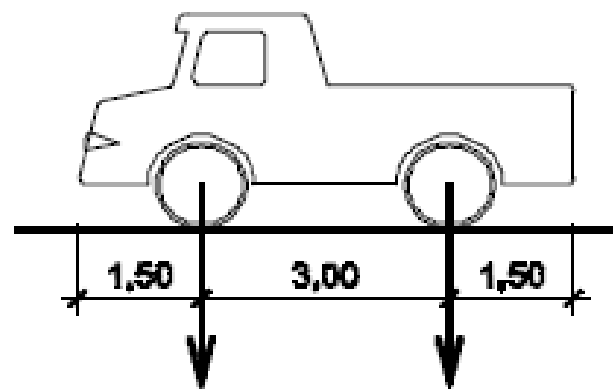
Norma	Validade	Veículo tipo	Carga/eixo (tf) DEE = 1,5 m	Carga distribuída (kgf/m ²)	Outras cargas (kgf/m ²)
NB-6	1960 a 1984	12	6/6	300	-
		24	8/8/8	400	
		36	12/12/12	500	
				Na faixa	
NBR 7184	1984 em diante	12	6/6	500	300
		30	10/10/10	500	300
		45	15/15/15	500	300
				Na pista	Nos passeios

Norma NB-6

TIPOS 36 e 24

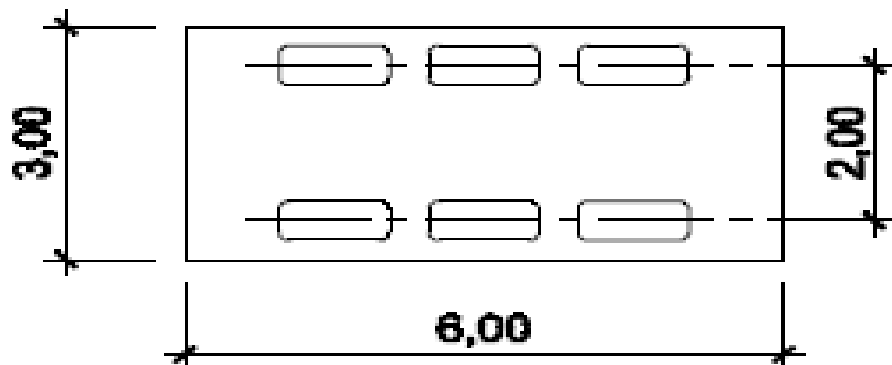
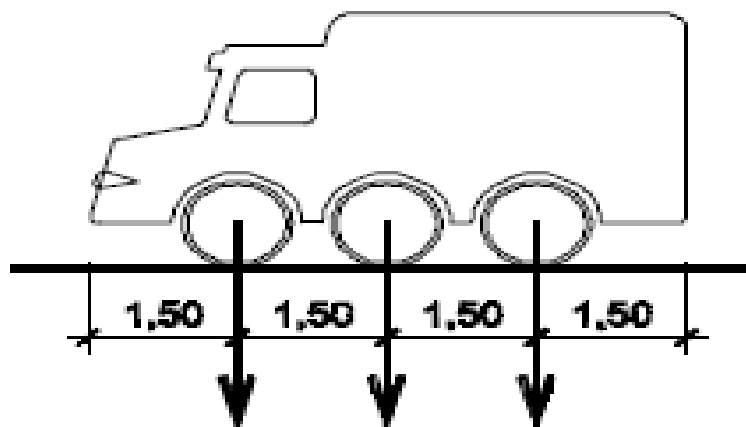


TIPO 12

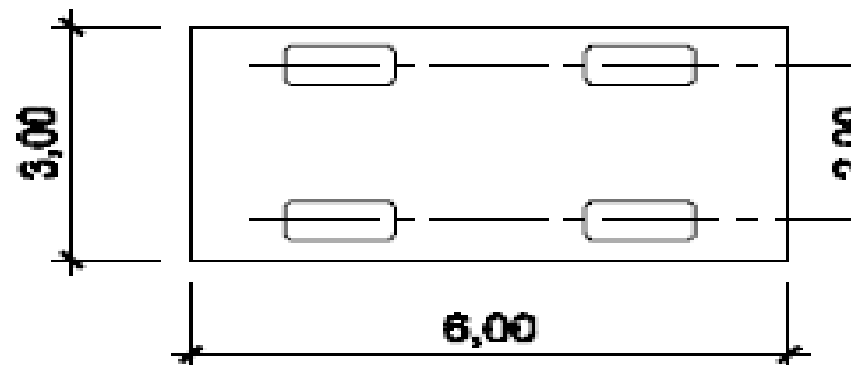
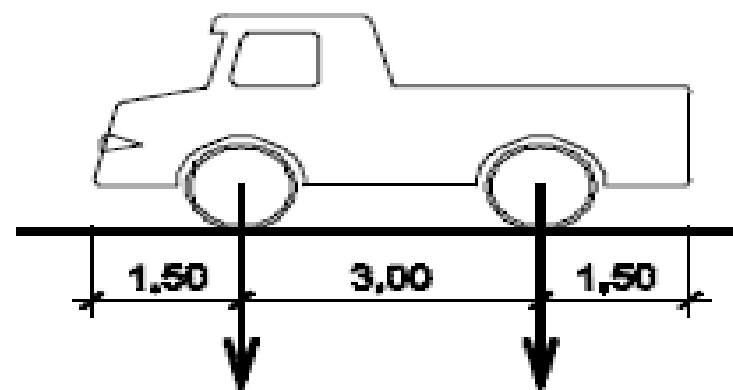


Norma NBR-7188

TIPOS 45 e 30



TIPO 12



Resultados

CVC 74/20 (rodotrem de 74t e comprimento 20m)

Classe PTC	Vão	Tipo estrutural	Resultado
45	< 25m	Qualquer, exceto laje contínua	Recomendado
45	Qualquer	Laje contínua	Não recomendado
36, 30 ou 24	Qualquer	Qualquer	Não recomendado

CVC 74/25 (rodotrem e bi-trem de 74t e comprimento 25m)

Classe PTC	Vão	Tipo estrutural	Resultado
45 ou 36	Qualquer	Qualquer	Recomendado
30 ou 24	Qualquer	Qualquer	Não recomendado

Amplificação traseira

- Aumento do deslocamento lateral da última unidade quando comparado com o deslocamento lateral da unidade tratora durante curvas e manobras evasivas.
- Em consequência dessa amplificação, a unidade traseira é submetida a acelerações laterais maiores, podendo vir a tombar e levar consigo todo o conjunto.
- Rubem Penteado de Mello, “Avaliação da Estabilidade lateral em Conjuntos de Veículos de Carga”, PUC-PR 2004, concluiu:
- De modo geral, o conjunto do tipo Bitrem mantêm-se relativamente estável nas manobras avaliadas, com uma amplificação lateral pequena comparada com a apresentada pelo tipo Rodotrem.

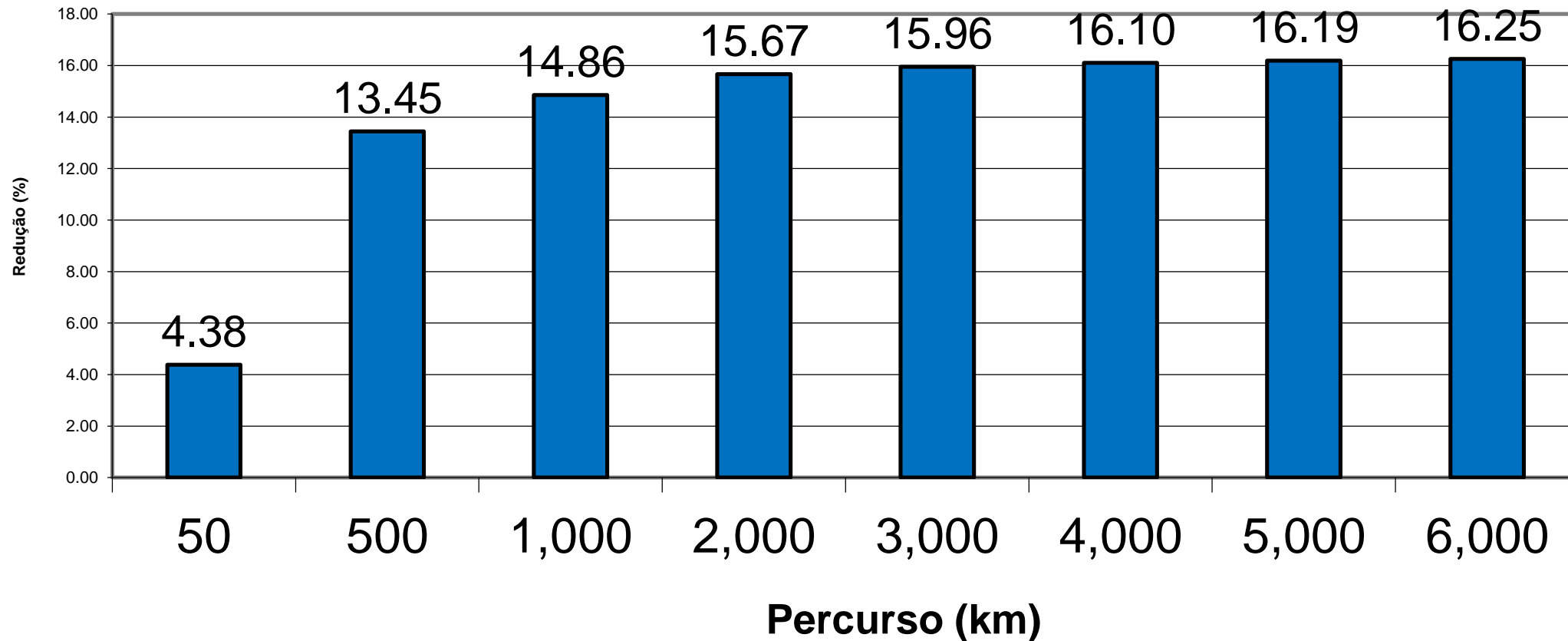
Amplificação traseira

- Na condição com o 1º Semirreboque vazio e 2º carregado, as acelerações laterais são significativamente maiores em ambos os conjuntos, sendo que o Rodotrem torna-se instável nas manobras, levando ao tombamento lateral.
- O conjunto **Rodotrem**, sob determinadas condições de carregamento e velocidade, pode apresentar características de instabilidade, com oscilações crescentes durante as manobras.
- Devido à maior instabilidade do conjunto do tipo Rodotrem é recomendável uma redução da velocidade máxima permitida para 60 km/h.
- Alterações no projeto como a redução do comprimento da lança de engate entre o “*dolly*” e o segundo semirreboque no Rodotrem, influenciam significativamente o resultado da amplificação traseira.

Amplificação traseira

- Devido ao fenômeno da amplificação traseira do movimento, é recomendável que os motoristas desses conjuntos recebam treinamento específico para evitar as manobras que tornam esse fenômeno significativo.
- As transportadoras devem ser orientadas a não utilizar os conjuntos com carga somente na última unidade.
- É recomendável que as autoridades de trânsito ou concessionárias de rodovias analisem os projetos das vias existentes e as normas de construções das novas identificando os pontos críticos para as CVCs, a fim de sinalizá-los adequadamente, reduzindo a possibilidade de acidentes.

Redução de custos



Redução de custos

