

RELATÓRIO TÉCNICO

EIXOS SUSPENSOS EM VEÍCULOS DE CARGA



SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO.....	3
II. OS EFEITOS NA DISTRIBUIÇÃO DOS PESOS.....	6
III. OS EFEITOS NA DISTRIBUIÇÃO DOS PESOS SE ACIONADO COM O VEÍCULO CARREGADO.....	9
IV. OS EFEITOS NA FRENAGEM.....	12
V. OS EFEITOS NA ESTABILIDADE.....	14
VI. OS EFEITOS SOBRE O PRÓPRIO VEÍCULO QUANDO NA CONDIÇÃO CARREGADO.....	15
VII.A SUSPENSÃO DE DOIS EIXOS NO TANDEM TRIPLO DE SEMIRREBOQUES.....	16
VIII. LITERATURA E REGRAS EM OUTROS PAÍSES	20
IX. CONCLUSÕES	23
X. RECOMENDAÇÕES.....	23
XI. REFERÊNCIAS.....	24
XII. TERMO DE ENCERRAMENTO.....	25



I. INTRODUÇÃO

a) Breve histórico do procedimento de suspensão de eixo.

Com o advento dos caminhões de três eixos, do tipo 6x2, e dos semirreboques com tandem triplo, surgiu também possibilidade de levantar o eixo, tirando os pneus do contato com o piso. A finalidade é manter um dos eixos do veículo, quando na condição sem carga (vazio), elevado, proporcionando assim economia dos pneus desse eixo.

Inicialmente com acionamento mecânico, através do uso de macaco hidráulico, calço ou mesmo de uma lombada, levantava-se o eixo e com auxílio de dois pinos, o mesmo era mantido nessa posição para o retorno vazio do veículo.

Alguns anos depois a tecnologia permitiu o desenvolvimento de acionamento pneumático utilizando-se o ar comprimido gerado pelo próprio caminhão, cujo dispositivo é denominado: "suspensor de eixo". Com isto, criou-se a possibilidade de o eixo ser suspenso, sem maiores dificuldades, a qualquer momento, ainda que o veículo não esteja vazio e esteja em movimento.

Existem muitos modelos e marcas disponíveis no mercado, com detalhes distintos para os vários tipos de veículos, porém quase todos têm a mesma concepção, sendo constituídos basicamente de três partes, conforme ilustra a Figura 1:

- Um quadro inferior, fixado no chassi do veículo;
- Um quadro superior com dois grampos que "abraçam" o eixo;
- Uma "bolsa" pneumática entre essas duas partes.

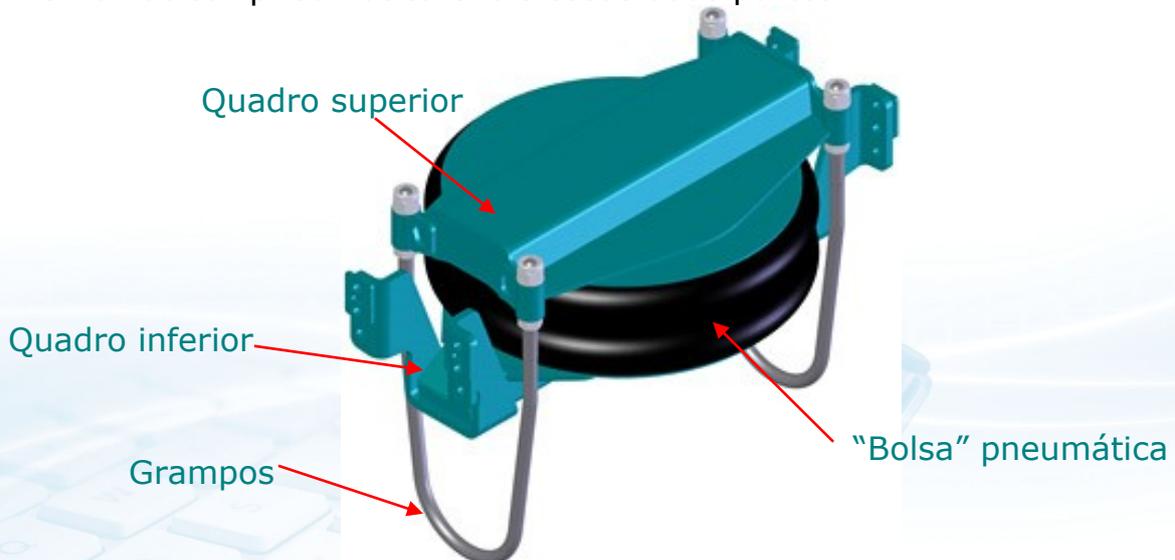


Figura 1: Ilustração do suspensor pneumático e suas partes principais

b) Efeitos da Suspensão de Eixo.

O conceito original de levantar um dos eixos na viagem de retorno com o veículo já vazio, de fato trás economia importante dos pneus.

Uma vez que a quantidade total de eixos e pneus em veículos de carga só se faz necessária para a condição carregado, quando vazio (sem carga) era de se esperar que, proporcionalmente, apenas com os eixos necessários para o peso menor, houvesse economia na operação.

Além da redução do consumo dos pneus, suspender um eixo permite também economia de combustível no retorno vazio, uma vez que, reduzindo os pneus em contato com o pavimento, reduz-se a resistência ao rolamento. Além disso, especialmente em carretas com tandem triplo, o fato de torná-lo tandem duplo (Figura 2) ao levantar um dos eixos, reduz a rigidez direcional do conjunto nas manobras e com isso também a demanda de tração no veículo-trator, e por conseqüência, reduz-se o consumo de diesel.



Figura 2: Tandem triplo com o 1º eixo levantado, tornando-o tandem duplo

c) As interferências do uso do Suspensor de Eixo.

Embora de concepção simples e objetivos relevantes, a instalação e utilização do suspensor de eixo em veículos de cargas interfere em outros aspectos técnicos importantes para o desempenho e a segurança do transporte.

A instalação incorreta, o uso inadequado ou inadvertido do suspensor podem comprometer esses aspectos e por isso merecem um exame mais detalhado.

As principais interferências da suspensão de eixo estão nos seguintes aspectos:

- Na distribuição de pesos entre os eixos;
- Na distribuição de pesos quando acionado com o veículo carregado;
- Na capacidade de frenagem;
- Na estabilidade do conjunto;
- Na estrutura do veículo de carga.

Esses são os principais objetos deste estudo.



II. OS EFEITOS NA DISTRIBUIÇÃO DOS PESOS

Quando levantamos o eixo de um veículo de carga, alteramos significativamente a distribuição de pesos entre os demais eixos, porque modificamos a configuração (quantidade e distância) dos seus apoios sobre o piso.

Vejamos um exemplo dessa alteração em um conjunto vazio do tipo veículo-trator de 2 eixos (4x2) com semirreboque de 3 eixos convencionais, conforme Figura 3. Os pesos indicados são estimados, apenas para efeito comparativo e podem variar dependendo da marca e modelo do veículo bem como do tipo de semirreboque.

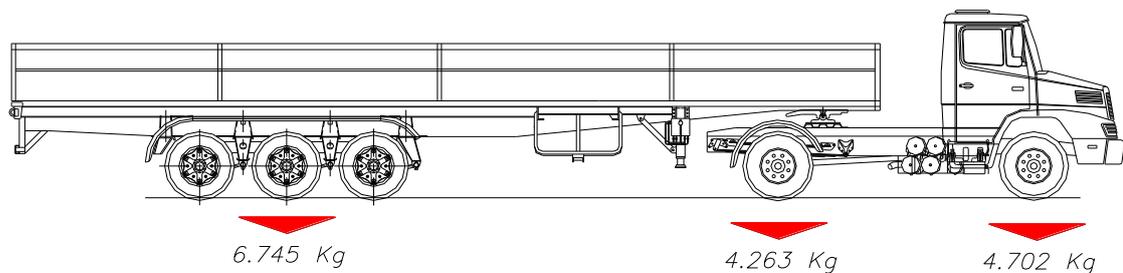


Figura 3: Ilustração de um conjunto veículo-trator + semirreboque 3 eixos, vazio

Observe na Figura 4 que, quando levantamos o 1º eixo da carreta vazia, transferimos para o cavalo-mecânico, aproximadamente 520 kg de peso adicional.

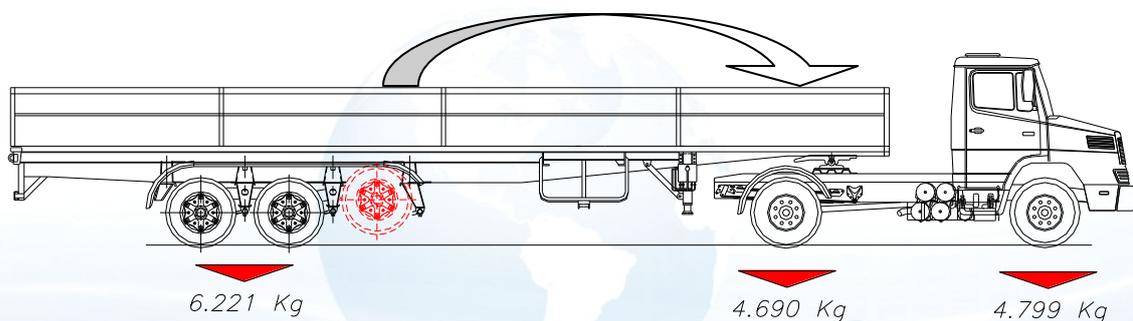


Figura 4: Conjunto veículo-trator + semirreboque 3 eixos vazio, com 1º eixo levantado

Esse acréscimo de peso é de certo modo favorável para a condução do conjunto na condição vazio, porque ao transferir mais peso para o caminhão-trator, melhora a sua capacidade de tração.

Outro resultado dessa transferência de peso para o trator é a redução da possibilidade de travamento dos pneus do eixo de tração durante frenagens. Por conseqüência, reduz-se a possibilidade da ocorrência do acidente conhecido como "L" ou "efeito canivete", comum a conjuntos desse tipo quando a carreta está vazia e quando travam os pneus da tração.

Vejam os a re-distribuição dos pesos esperada para o conjunto do tipo caminhão-trator com 3 eixos (6x2) acoplado com semirreboque de 3 eixos distanciados ("Wanderléia"). Na condição vazio, esperam-se os pesos indicados na Figura 5 (valores estimados).

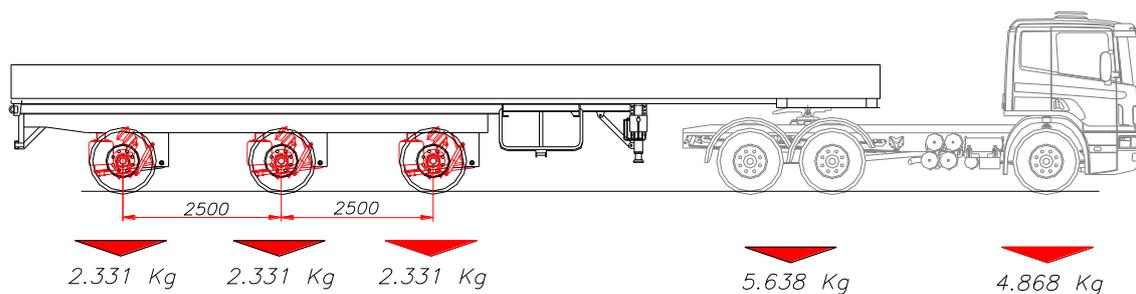


Figura 5: Conjunto veículo-trator + semirreboque 3 eixos distanciados, vazio

Quando levantamos o 1º eixo de uma carreta vazia com 3 eixos distanciados (Figura 6), transferimos para o cavalo-mecânico, aproximadamente 850 kg, obtendo os mesmos benefícios indicados no exemplo anterior.

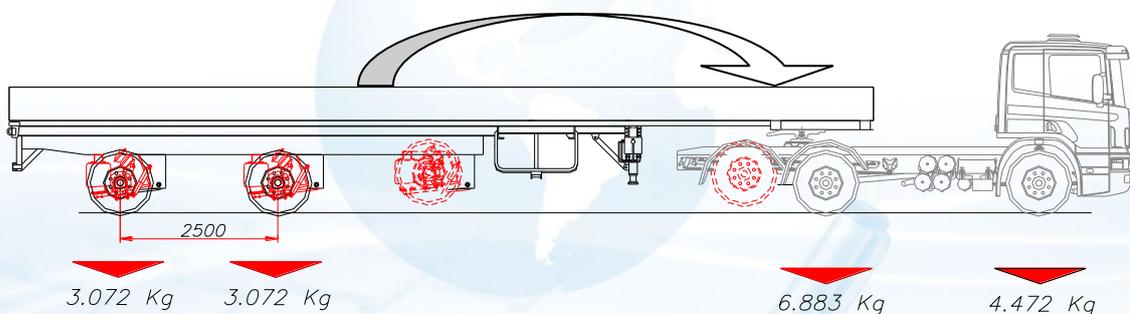


Figura 6: Conjunto veículo-trator + semirreboque 3 eixos distanciados, vazio, com 1º eixo levantado.

Portanto, além da redução do consumo de pneus e de diesel, suspender o 1º eixo da carreta quando está vazia, torna o conjunto mais seguro.

Considerando-se ainda a Combinação de Veículo de Carga – CVC, mais comum nas rodovias, o Bitrem de 7 eixos, teríamos a seguinte distribuição de peso para a condição vazio e com todos os eixos no piso:

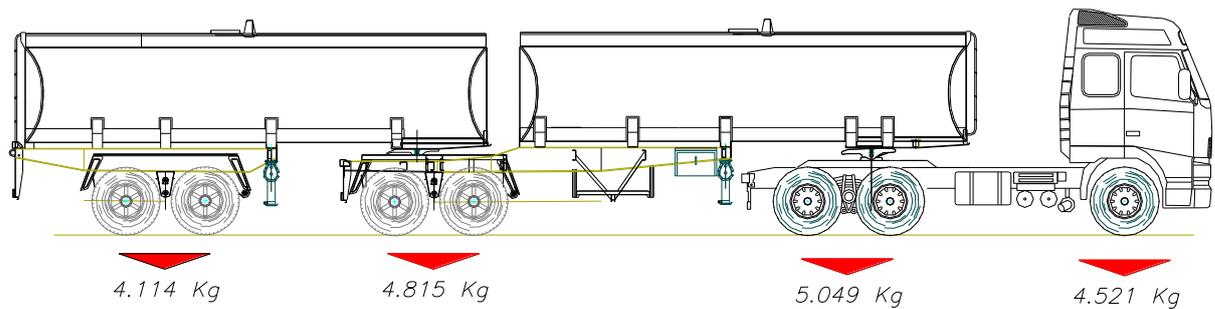


Figura 7: Conjunto bitrem, vazio – pesos estimados

Neste caso, pode-se suspender, na condição vazio, 3 eixos do conjunto: um de cada semirreboque e o terceiro-eixo do veículo trator (6x2), passando para a distribuição indicada na Figura 8.

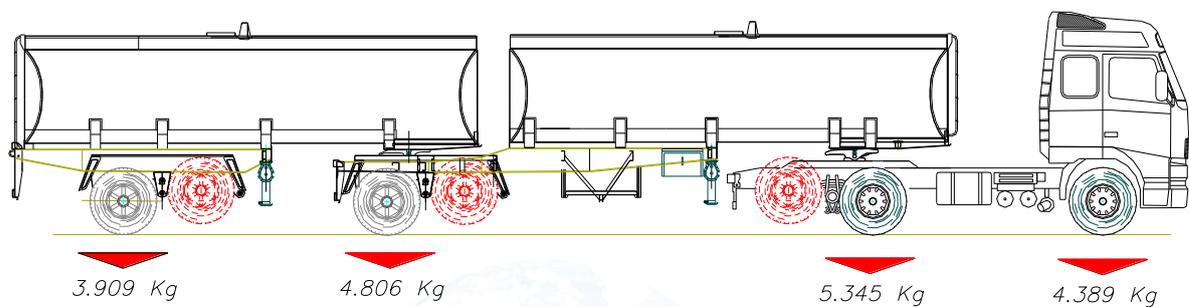


Figura 8: Conjunto bitrem, vazio, com 3 eixos suspensos

Portanto, também neste caso além da redução do consumo de pneus e de diesel, suspender o 1º eixo de cada carreta e 3º eixo do veículo-tractor, quando vazios, torna o conjunto mais econômico e seguro.

III. OS EFEITOS NA DISTRIBUIÇÃO DOS PESOS SE ACIONADO COM O VEÍCULO CARREGADO.

Do mesmo modo que na condição vazia, quando carregado e efetivada a suspensão do eixo, a distribuição de pesos no veículo é alterada completamente. Para o conjunto do primeiro exemplo, a distribuição esperada está indicada na Figura 9.

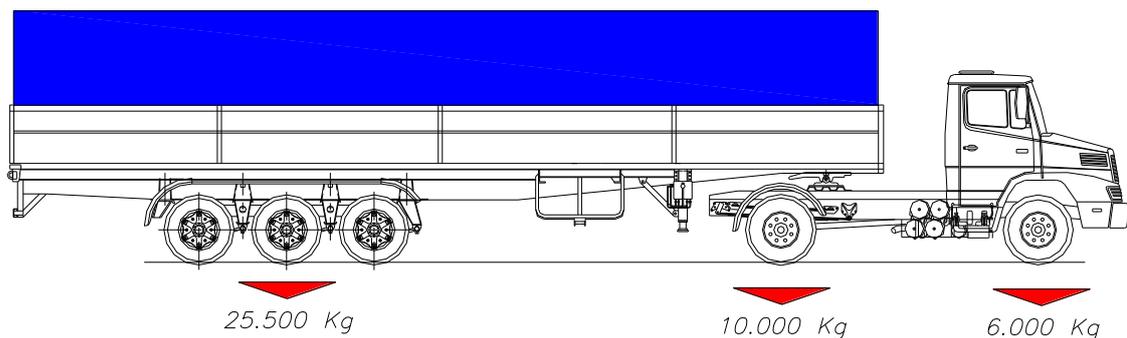


Figura 9: Conjunto veículo-trator + semirreboque 3 eixos, carregado

No entanto, ao suspender o 1º eixo com a carreta carregada, a distribuição dos pesos passa a ser aquela indicada na Figura 10.

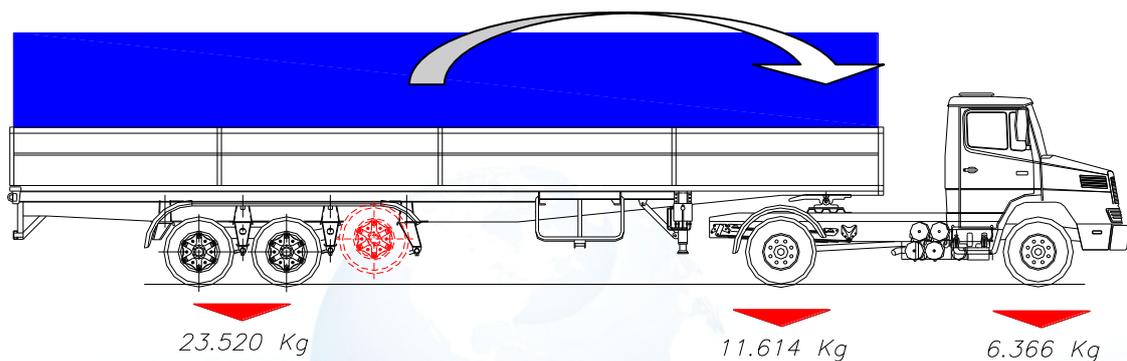


Figura 10: Conjunto veículo-trator + semirreboque 3 eixos, carregado e com o 1º eixo levantado

Observa-se que os dois eixos da carreta que permaneceram em contato com o piso passam a suportar 23.520 kg (ou 11.760 kg por eixo), muito acima do limite de pesos estabelecidos na Resolução 210/06 do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito).

Os eixos do caminhão-tractor também passam a trafegar com excesso de peso, conforme ilustrado na Figura 10.

Como normalmente, na situação atual, o comando para levantar o eixo está dentro da cabine e não há mecanismo que impeça o seu acionamento com qualquer condição de carga, nem tão pouco que o abaixe automaticamente quando carregado, o motorista tem a liberdade de acioná-lo a qualquer momento e ocasionar o excesso de peso citado.

Para o conjunto com carreta "Wanderléia" na condição com carga legal máxima, temos a distribuição de pesos indicada na Figura 11. No entanto, se o motorista suspender o 1º eixo do semirreboque, os demais eixos passarão a trafegar com peso excessivo, conforme ilustra a Figura 12.

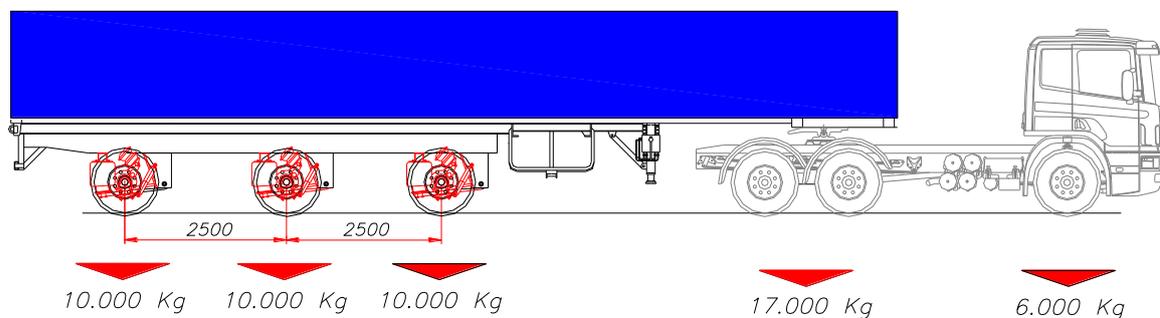


Figura 11: Conjunto veículo-tractor + semirreboque 3 eixos distanciados, carregado

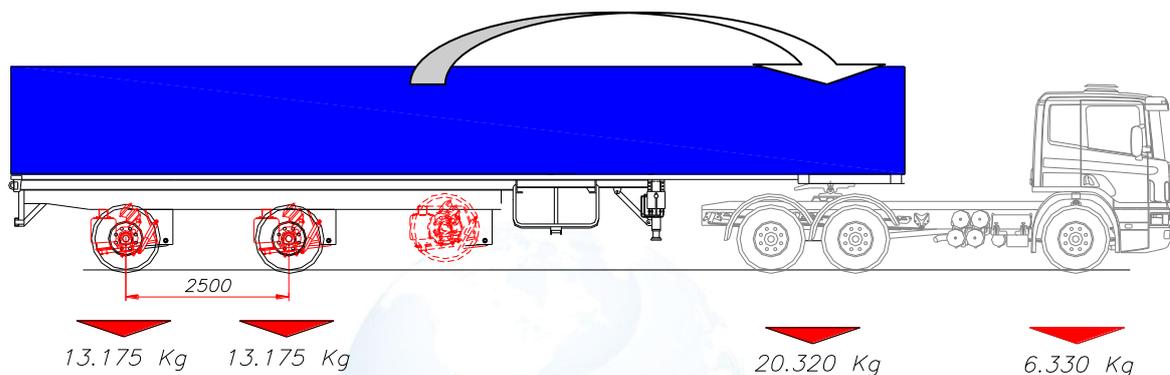


Figura 12: Conjunto veículo-tractor + semirreboque 3 eixos distanciados, carregado e com o 1º eixo levantado

Observa-se que os eixos do semirreboque passam a trabalhar com mais de 13 toneladas cada um, podendo ultrapassar até o limite técnico do eixo e provocar trincas e fraturas no futuro.

Para o conjunto do tipo Bitrem, na condição com carga legal máxima, temos a distribuição de pesos indicada na Figura 13. No entanto, se o

motorista suspender três eixos do conjunto, os demais eixos passarão a trafegar com peso excessivo, conforme ilustra a Figura 14.

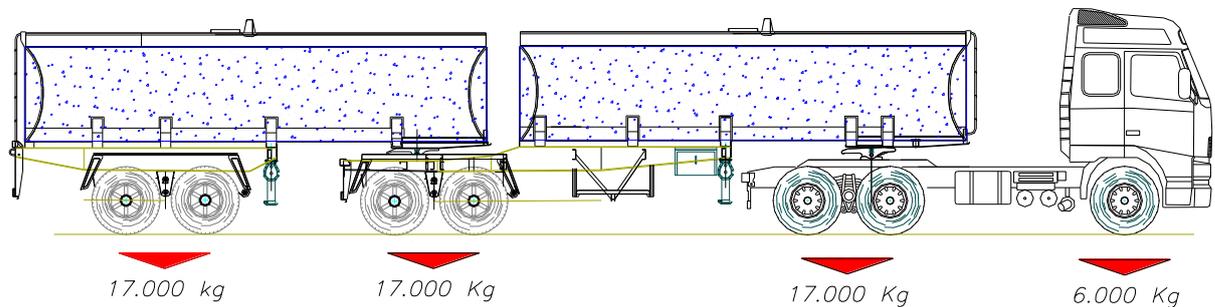


Figura 13: Conjunto bitrem carregado

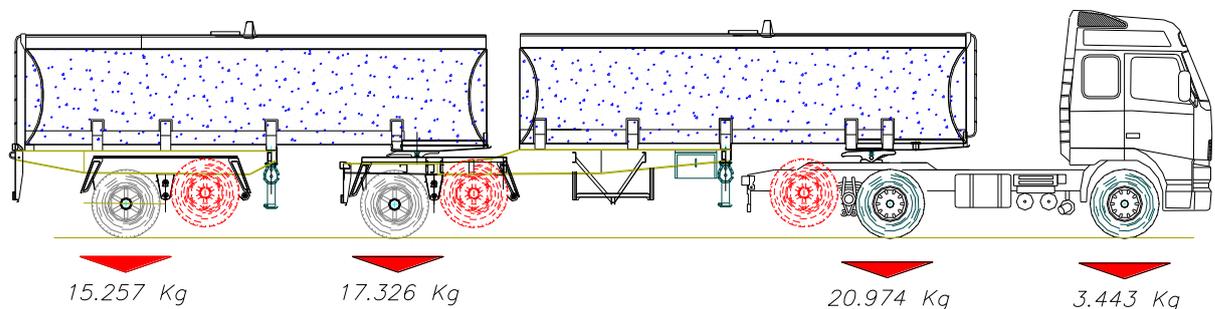


Figura 14: Conjunto bitrem carregado na hipótese de 3 eixos suspensos

Neste caso, simulou-se a hipótese de levantar também o 3º-eixo do trator. Observa-se que ocorre excesso elevado na tração e redução do peso no eixo dianteiro (porque a 5ª-roda está posicionada atrás da tração) e com isso compromete-se a dirigibilidade do conjunto.

Essa sobrecarga nos eixos pode provocar os seguintes problemas:

- Danos no pavimento;
- Danos nos componentes da suspensão: eixos, molas, pneus, etc;
- Redução da capacidade de desaceleração (frenagem), conforme será demonstrado no Capítulo IV;
- Deformações permanentes na estrutura do semirreboque (empenamentos), conforme será ilustrado no Capítulo VI.

Assim sendo, não é tecnicamente recomendável a prática de suspender o eixo na condição de veículo com carga pelos problemas listados acima.

Pode ser tolerado apenas e unicamente em baixa velocidade nos casos excepcionais em rodovias rurais quando o veículo-trator encalhar. Nesse caso, suspender o 1º eixo proporcionará mais tração ao caminhão e assim permitir que saia do atoleiro, baixando novamente o eixo assim que liberado o conjunto e retomada a velocidade normal.

IV. OS EFEITOS NA FRENAGEM

De forma simplificada podemos dizer que a eficiência do Sistema de Freios é dada pela relação entre o peso bruto do conjunto e a sua capacidade de frenagem. É definida então pela relação entre o peso do veículo e a soma das forças de frenagem na superfície dos pneus.

O sistema de freio dos veículos de carga é dimensionado para a condição "com carga". Os caminhões mais antigos e a quase totalidade dos semirreboques não possuem ainda, no Brasil, a chamada "válvula sensora de carga". A função dessa válvula é adequar a pressão no sistema de freio para a condição de carga do veículo.

Com a ausência desse recurso, o sistema não consegue modular a pressão e se adequar à condição do veículo "sem carga". Por isso, quando vazio, há tendência de arrastar os pneus com facilidade durante as freiadas fortes, especialmente os pneus do semirreboque.

Portanto, quando o veículo está vazio, ao suspender um dos eixos, transferimos mais peso para os demais, reduzindo um pouco o problema ocasionado pela inexistência dessa válvula sensora de carga.

Veículos de carga devem ter um valor mínimo de 50% de eficiência, ou seja: o Somatório das forças de freio, $F_i = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$ da Figura 13, deve ser no mínimo 50% do valor do somatório dos pesos nos eixos.

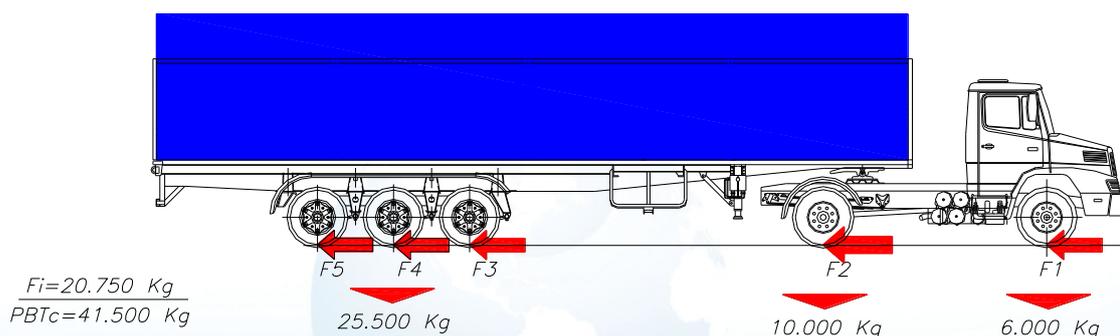


Figura 13: Ilustração da medida de eficiência do freio (veículo carregado)

Portanto, um conjunto de Peso Bruto Total Combinado - PBTC de 41.500 kg deve apresentar um total de forças de frenagens nos pneus de no mínimo 20.750 kg (50% de 41.500 kg). E assim o conjunto de freios é dimensionado.

De forma resumida, pode-se considerar como uma desaceleração satisfatória para o conjunto em estudo em condições normais de carga e manutenção, um valor próximo de $4,5 \text{ m/s}^2$.

Mas, quando se trafega com a mesma carga e um eixo suspenso a eficiência baixa de 50% (pois mantém-se o peso total, mas a capacidade de frenagem é a reduzida proporcionalmente ao eixo que deixou de atuar), e por consequência é reduzida a capacidade de desacelerar o conjunto.

Para essa configuração, o Peso Total mantém-se o mesmo (41.500 kg), mas Somatório das forças de Frenagens "Fi" não conta mais com a Força dos freios do eixo suspenso (F3), baixando a eficiência global (Figura 14).

Embora passem a existir cargas verticais maiores nos eixos restantes, o sistema de freio não tem capacidade de suprir a ausência da força de frenagem do eixo que foi levantado, e o conjunto perde em segurança.

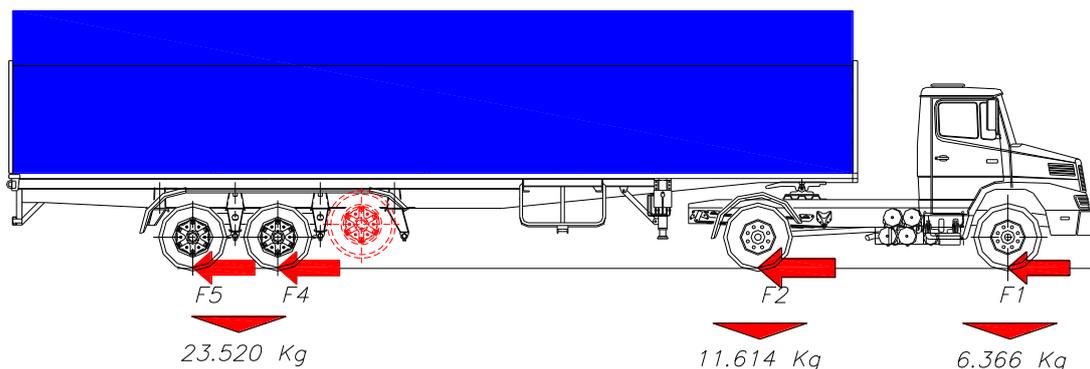


Figura 14: Ilustração da medida de eficiência do freio com o eixo suspenso

Portanto um conjunto carregado com um eixo suspenso tem reduzida a sua capacidade de desaceleração e, por consequência, necessita de uma distância de parada maior que o conjunto com todos os eixos no piso.

Outro aspecto importante é quanto a instalação correta do acessório "suspensor de eixo". A bolsa do suspensor é pressurizada pelo mesmo ar do sistema de freio. Por isso é recomendável a existência de sistema de proteção que preserve o sistema pneumático de alimentação dos freios, para o caso de vazamento ou estouro da bolsa do suspensor.

V. OS EFEITOS NA ESTABILIDADE

A suspensão de eixo em veículos de carga tem influência em diversas questões da sua dirigibilidade:

- No raio de giro (“*off-tracking*”) porque modifica-se a distância entre os eixos que estão no piso, e portanto na área de varredura necessária para executar uma curva;
- Na demanda de atrito menor na tração: considerando a redução do arraste lateral dos pneus;
- Na estabilidade ao tombamento.

J.R. Billing, pesquisador canadense, concluiu em seu estudo chamado “*An Assessment of Tank Truck Roll Stability*” que o uso do suspensor de eixo, reduz em apenas 0,01 a 0,03 g’s o Limiar de Tombamento – SRT (aceleração lateral capaz de tombar o veículo), dos veículos testados.

Considerando que veículos de carga quando vazios tem SRT elevado (próximo a 0,8 g’s), a redução imposta pela suspensão do eixo tem pouco significado na estabilidade do conjunto.

Contudo, se o motorista, equivocada ou inadvertidamente, suspender o eixo com o veículo carregado durante a viagem, o que se tornou possível com o desenvolvimento do acessório pneumático, a sobrecarga na suspensão daqueles eixos que permaneceram no piso tornam o veículo suscetível ao tombamento, mesmo em baixas velocidades.

VI. OS EFEITOS SOBRE O PRÓPRIO VEÍCULO QUANDO NA CONDIÇÃO CARREGADO

Além da sobrecarga nos principais componentes da suspensão, como molas, eixos e pneus, conforme citado anteriormente, ao suspender o eixo na condição carregado, as tensões na estrutura do semirreboque são amplificadas significativamente, podendo provocar deformações permanentes e até mesmo trincas ou fraturas.

Ao levantar o 1º eixo, a estrutura do semirreboque carregado perde o seu apoio central, elevando as tensões a níveis altíssimos. Apenas para efeito demonstrativo, analisou-se as tensões atuantes em um semirreboque com 3 eixos distanciados ("Wanderléia") carregado, comparando-se as duas situações: com os 3 eixos no piso e com o 1º eixo levantado.

As tensões atuantes aumentam em praticamente 95% quando o 1º eixo é levantado na condição "com carga", conforme ilustrado no Gráfico da Figura 15: em azul o resultado com os 3 eixos no piso e em vermelho o resultado com o 1º eixo levantado, estando a carreta carregada.

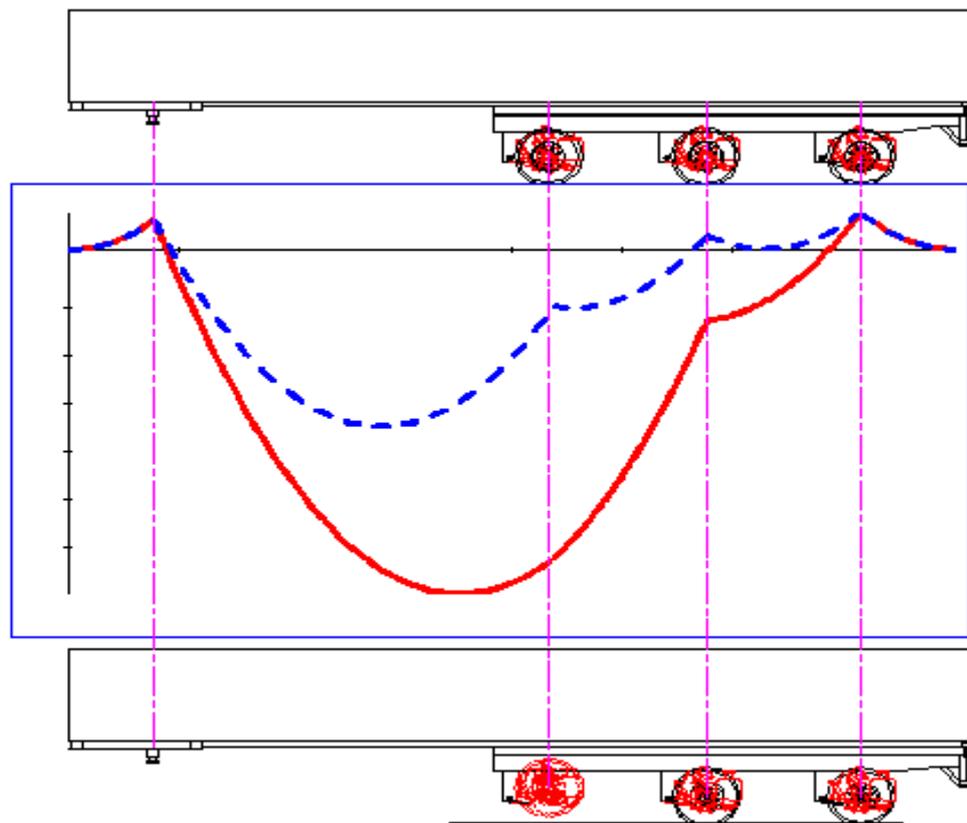


Figura 15: Gráfico dos esforços no chassi de um semirreboque carregado com 1º eixo levantado

VII. A SUSPENSÃO DE DOIS EIXOS NO TANDEM TRIPLO DE SEMIRREBOQUES

Como forma de buscar multiplicar os efeitos do uso da suspensão de um eixo, muitos usuários instalam o acessório "suspensor de eixo" adicionalmente, em mais um eixo das carretas com tandem triplo, passando para a configuração indicada na Figura 16.

Embora possa de fato ser esperado algum daqueles efeitos anteriormente citados, como economia de pneus e de combustível, essa configuração cria alguns problemas novos e merece uma análise mais detalhada.

As principais implicações são as seguintes:

a) A transferência de peso para o veículo-tractor ao se levantar o 1º eixo, deixa de existir (Figura 16) e com isso perde-se os benefícios de segurança mostrados no Capítulo II.

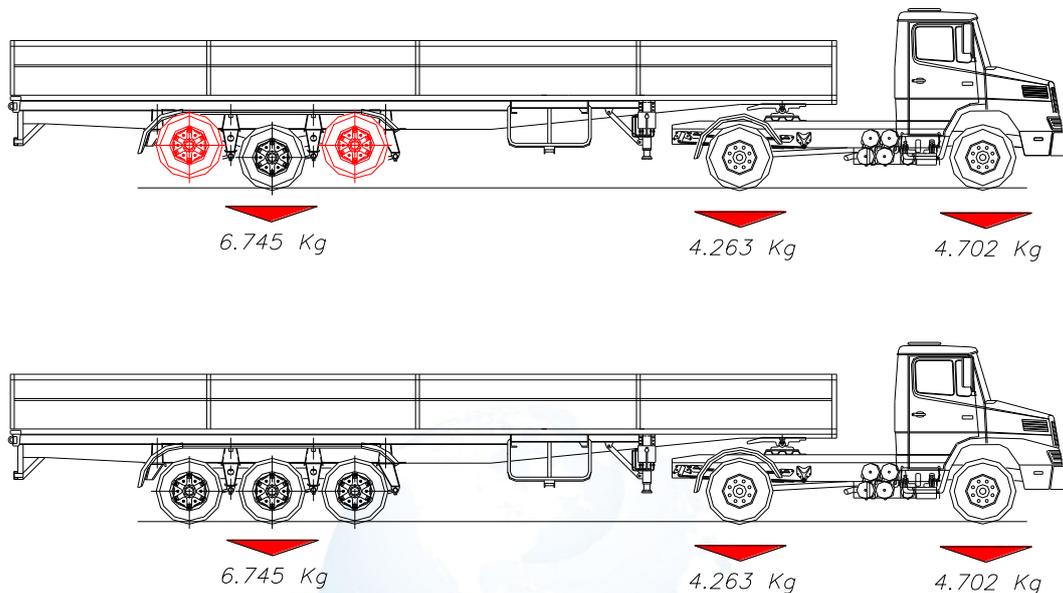


Figura 16: Semirreboque 3 eixos com suspensor no 1º e no 3º - Comparativo

b) Ao levantar o 3º eixo do semirreboque aumenta-se a medida chamada de "balanço traseiro" (distância do último eixo à traseira do veículo) e pode-se ultrapassar o valor máximo de 3,5 metros estabelecido pela Resolução CONTRAN 210/06.

Esse limite de 3,5 metros do último eixo à traseira do veículo tem como objetivo evitar que o canto da carreta “varra” excessivamente a pista contrária nas manobras e com isso provoque acidentes (Figura 17).

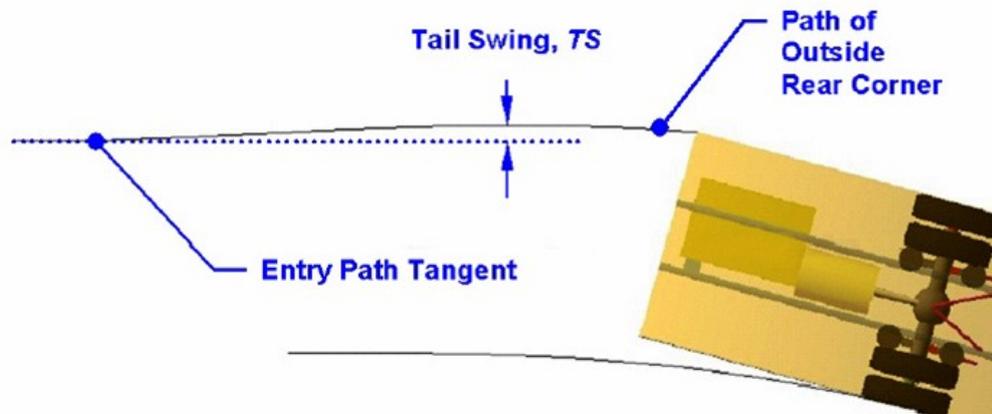


Figura 17: Ilustração da varredura do veículo em função do balanço traseiro

Considerando que o limite estabelecido está associado a questões de segurança, deve ser atendido em qualquer situação de carregamento, ou seja, vazio ou carregado.

Apenas como exemplo, no conjunto da Figura 18 (carreta 3 eixos com caminhão de 2 eixos), para todas as carretas com comprimento maior ou igual a 11 metros, ao levantar o 3º eixo já se ultrapassaria os 3,5 metros, limite estabelecido pela Legislação.

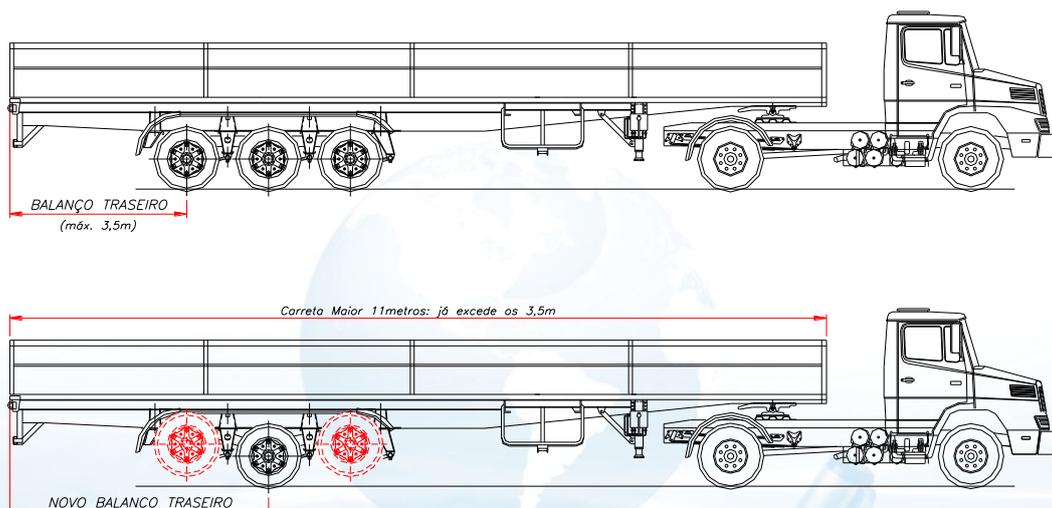


Figura 18: Ilustração do excesso no balanço traseiro com o 3º eixo levantado

c) Ao permanecer com apenas 1 eixo no piso há redução da estabilidade do conjunto.

A estabilidade lateral em curvas e manobras é basicamente garantida pelas forças laterais transmitidas do pneu para a pista. Essas forças geradas nas curvas estão relacionadas com as características do pneu e com a carga vertical sobre o eixo. Quando aumentamos a força vertical sobre o eixo aumentamos a força lateral transmitida do pneu. Contudo a relação entre a força lateral e a carga vertical no pneu não é linear.

Assim, quando transferimos peso de dois eixos para um único eixo podemos estar diminuindo a soma total das forças laterais, comparada com a soma das forças gerada caso os eixos estivessem no piso, e com isso temos uma redução na estabilidade lateral do veículo.

A grande diferença está na capacidade da carreta vazia com os dois eixos em contato com o piso manter-se alinhada ou recuperar o alinhamento na pista após uma manobra brusca. Essa medida de desempenho tem o nome de "Coeficiente de Amortecimento Rotacional" ("Yaw Damping Coefficient") e está ilustrado na Figura 19.

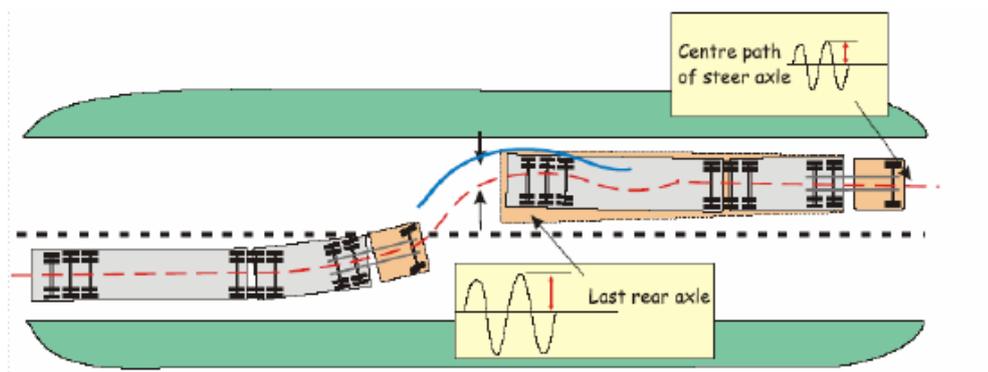


Figura 19: Ilustração do coeficiente de amortecimento em manobras

Com apenas 1 eixo no piso as forças laterais são sensivelmente reduzidas conforme ilustra a Figura 20, e com isso perde-se em segurança.

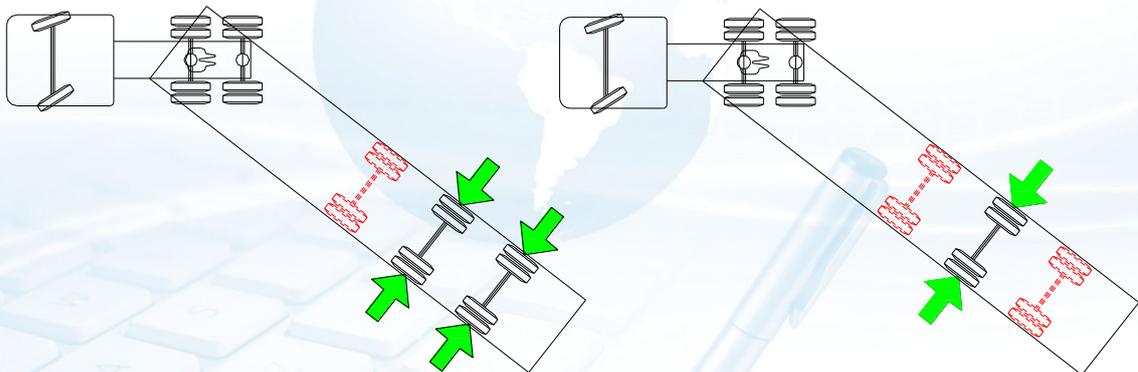


Figura 20: Forças laterais nos pneus – comparativo

Obviamente existem carretas com apenas 1 eixo original de fábrica em circulação, e que de fato são mais instáveis lateralmente quando comparadas com carretas de 2 e 3 eixos. Mas neste caso, amplifica-se o problema da instabilidade quando se utiliza um tandem triplo vazio com apenas o 2º eixo no piso.

d) Ao permanecer com apenas 1 eixo no piso pode-se comprometer a capacidade e a estabilidade durante as frenagens.

A Resolução 777/93 do CONTRAN estabelece, através das Normas Brasileiras correlacionadas, os requisitos para a segurança dos sistemas de freios de todos os veículos, tanto para a condição carregado quanto vazio. Por isso, para um semirreboque trafegar com 2 eixos suspensos o fabricante deve comprovar que atende aos requisitos dessa Resolução para essa configuração específica.

Ainda sim, uma vez que seja comprovado o atendimento aos requisitos do sistema de freio da Resolução 777/93, e garantida a estabilidade lateral para uma carreta vazia com 2 eixos levantados, a melhor técnica recomendaria levantar o 1º e 2º eixo (possível para as unidades com suspensão pneumática) e não o 1º e o 3º, conforme ilustrado na Figura 21. (Obs.: modelo sugestão a ser analisado e testado pelos fabricantes).

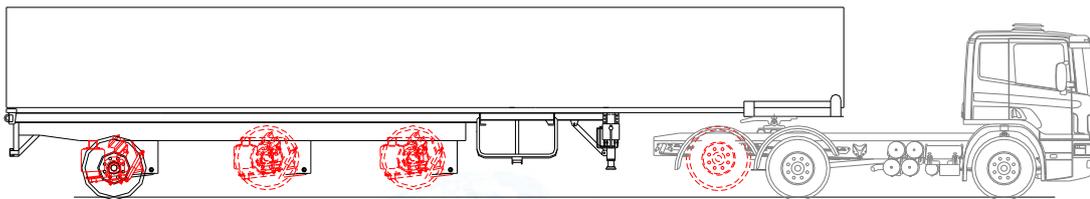


Figura 21: Proposta de modelo alternativo para avaliação futura

VIII. LITERATURA E REGRAS EM OUTROS PAÍSES

Muitos outros países utilizam suspensor de eixos em seus caminhões e carretas e possuem algumas regras distintas, em função das interfaces acima demonstradas. Algumas dessas regras estão registradas abaixo:

a). Na Argentina, o Decreto Nacional 779/95 que regulamentou a Lei de Trânsito N^o 24.449, diz em seu item 1.4:

*"1.4. Los vehículos o semirremolques que se fabriquen dotados de ejes móviles (ejes levadizos), deben construirse de forma tal que, el vehículo pueda girar estando todos sus ejes apoyados sobre el suelo, es decir que sean direccionales y que la transmisión de peso al pavimento sea invariablemente la misma, estando el vehículo cargado. Los vehículos que cuenten con ejes que puedan levantarse, deben contar con un dispositivo **(no accionable desde la cabina), que automáticamente baje el eje cuando el vehículo está cargado.** Este apartado comenzará a regir a partir de UN (1) año de la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto."*

Nota-se na parte destacada (em negrito) a preocupação com a possibilidade de acionamento de dentro da cabine e de transitar com o eixo levantado estando o veículo carregado.

b) Diz a *DIRECTIVA 97/27/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO* de 1997, modificada pela *DIRECTIVA 2003/19/CE* de 2003:

"3. Requisitos técnicos para a instalação de eixos retrácteis ou deslastráveis nos veículos.

3.1. Qualquer veículo pode ser autorizado a ter um ou mais eixos retrácteis ou deslastráveis.

3.2. Para esse efeito, o eixo retráctil ou deslastrável deverá baixar em direcção ao solo ou receber carga automaticamente, se o(s) eixo(s) mais próximo(s) do conjunto de eixos ou o eixo dianteiro do veículo a motor em carga atingir(em) a(s) respectiva(s) massa(s) máxima(s) admissível(is) para efeito de matrícula/circulação.

*3.3. Deve(m) existir luz(es) amarela(s) de aviso na cabina para assinalar ao condutor que o ou os eixos retrácteis ou deslastráveis do veículo a motor ou do reboque estão levantados. (*item eliminado pela 2003/19)*

3.4. Os dispositivos de elevação dos eixos, bem como os respectivos sistemas de accionamento, instalados nos veículos abrangidos pela presente directiva deverão ser concebidos e

montados de forma a evitar manobras erradas ou alterações abusivas.

3.5. Requisitos para o arranque dos veículos a motor em superfícies escorregadias:

3.5.1. Em derrogação do disposto no ponto 3.2, e no intuito de facilitar o arranque dos veículos a motor ou dos conjuntos de veículos em pisos escorregadios e de aumentar a aderência dos pneus nestas superfícies, o sistema de elevação do(s) eixo(s) poderá também accionar o eixo retráctil ou deslastrável do veículo a motor ou do semirreboque para aumentar a massa no eixo motor do veículo a motor, nas seguintes condições:

- A massa correspondente à carga em cada um dos eixos do veículo poderá ser até 30 % superior à massa máxima autorizada no eixo em vigor no Estado-membro em questão, desde que não exceda o valor indicado pelo fabricante especificamente para este efeito;
- O eixo retráctil ou deslastrável só deve ser accionado por um dispositivo de comando especial;
- após o arranque do veículo a motor, e antes de o veículo exceder uma velocidade de 30 km/h, o eixo deverá baixar ou receber de novo carga automaticamente."

c) O Instituto Mexicano de Transporte publicou em 2004 o trabalho: *"Investigación del Efecto Vial de los Ejes Virables en Vehículos Articulados : Revisión de la Literatura"* e nele, além dos eixos "auto-direccionais" também trata do assunto de eixos elevadiços. Diz o texto:

"En cuanto al empleo de los ejes retráctiles en las combinaciones vehiculares, cabe mencionar un caso interesante. En Canadá, con objeto de incrementar la productividad del transporte con base en un mayor número de ejes, se fomentó a principios de los noventas el uso de ejes retráctiles en el trayecto normal del vehículo a efecto de cubrir la descarga por eje, siendo posible su elevación al circular por caminos estrechos a baja velocidad, o maniobrar en zonas urbanas.

Sin embargo, aparentemente no ha sido la utilización de los ejes retráctiles como se esperaba, y el gobierno está restringiendo su uso. Tal vez es que supuestamente se hizo un abuso de tales modalidades tecnológicas, magnificándose durante esa época el deterioro de los pavimentos."

d) O Departamento de Transporte do Estado de Washington – EUA, publicou em 1994 o trabalho *"An Evaluation of the Lift Axle Regulation"*. Diz seu texto sobre a ação de levantar o eixo em veículo de carga:

"This practice saves on tire and equipment wear and also improves fuel efficiency. However, illegal travel with the axle inappropriately raised causes increased pavement damage. Representatives of regulatory agencies believe that locating the controls for raising and lowering the lift axle outside the cab may inhibit this practice since current enforcement manpower is too limited to effectively monitor trucks at locations other than the weight facilities."

Diz ainda esse trabalho que, basicamente dois estudos influenciaram a Legislação sobre suspensor de eixo, ambos de J.R. Billing, especialista do Canadá. Para os semirreboques multi-eixos o técnico recomenda os seguintes itens, entre outros:

- *"Semi-trailers should have no more than one liftable axle;*
- *The liftable axle should be ahead of the fixed axle;*

About recommendations concerning lift axle design and operation:

- *If the truck is empty, the liftable axle may be raised;*
- *The lift axle should support an adequate proportion of the load based on the gross weight, number of axles, and axle spacing;*
- *On uneven roadway surfaces, the lift axle must be capable of controlling its own load automatically;*
- *The liftable axle should control its own load over time;*
- *A control device to prevent tampering or misuse of the lift axle should be installed."*

O Guia do AASHTO *"Guide for Maximum Dimensions and Weights of Motor Vehicles and for the Operation of Non-divisible Load Oversize and Overweight Vehicles"*, diz ainda sobre o tema, segundo o mesmo documento do Departamento de Transporte de Washington:

" All controls must be located outside the cab and inaccessible from driver's compartment.

...

The retractable axle suspension system shall at all times, for weight computation, distribute the load so that no single axle or combination of axles in the axle group being considered exceeds legal weight limits or the bridge ceilings."

A Publicação *"Performance of Infrastructure – Friendly Vehicles"* do Centre for Surface Transportation Technology do Canadá diz ainda:

"Ontario Ministry of Transportation (MTO) has recognized that heavy trucks that raise liftable axles when loaded cause significant road wear, and increase the risk of bridge failure."

IX. CONCLUSÕES

Com as constatações levantadas anteriormente pode-se concluir de forma resumida os seguintes itens:

- O uso correto da suspensão de um eixo, com o veículo vazio, é uma ferramenta importante para a economia de pneus e de combustível;
- Suspender um eixo com o veículo carregado redistribui os pesos e essa redistribuição provoca excesso de peso nos eixos que permanecem no piso; afeta significativamente a estabilidade do veículo tornando-o mais suscetível ao tombamento; reduz a sua capacidade de frenagem, aumentando a distância necessária para parar e sobrecarrega a estrutura do veículo;
- Suspender o 1º e o 3º eixo no tandem triplo afeta a sua estabilidade e pode ocasionar excesso no balanço traseiro, mesmo com o veículo vazio;
- A disponibilidade do acessório "suspensor de eixo", acionado da cabine, criou a possibilidade de, equivocada ou inadvertidamente, suspender um ou mais eixos do veículo, ainda que carregados, em parte do trajeto.

X. RECOMENDAÇÕES

- a) Considerando os efeitos nefastos da suspensão de eixo de veículos que não estejam circulando vazios, deve-se procurar implementar as providências para evitar essa irregularidade.;
- b) Considerando que, embora seja classificado como "acessório", o suspensor de eixo em veículos de carga afeta sistemas importantes no veículo, recomendando-se a definição de parâmetros específicos para sua instalação e operação;
- c) Considerando que a suspensão de eixo com o veículo carregado, facilitado pelo acionamento do "suspensor de eixo", pode comprometer a segurança no trânsito recomenda-se a instalação de recurso que impeça o acionamento inadvertido ou equivocado e que alertem o motorista da sua condição quando acionado.

XI. REFERÊNCIAS

- WASHINGTON STATE TRANSPORTATION COMMISSION, "An Evaluation of the Lift Axle Regulation", WA-RD 342.1 Final Report, EUA, 1994.
- NAVARRETE J.A, et. al. "Investigación del Efecto Vial de los Ejes Virables en Vehículos Articulados: Revisión de la Literatura". Publicação Técnica No. 263. Instituto Mexicano del Transporte, México, 2004.
- BILLING, J.R., PATTEN, J.D. "An Assessment of Tank Truck Roll Stability". Center of Surface Transportation Technology", Canadá.
- BILLING, J.R., PATTEN, J.D. "Performance of Infrastructure – Friendly Vehicles". Center of Surface Transportation Technology", Canadá. 2003.
- Decreto Nacional 779/95. "Decreto Reglamentario de la Ley de Transito y Seguridad Vial". Argentina. 1995.
- DIRECTIVA 2003/19/CE DA COMISSÃO. Comunidade Européia. 2003.
- DIRECTIVA 97/27/CE. Comunidade Européia. 1997.



XII. TERMO DE ENCERRAMENTO

Este trabalho foi elaborado em observância estrita aos princípios do Código de Ética Profissional do CONFEA – Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

O signatário não tem no presente, nem contempla no futuro, interesse nos bens envolvidos neste trabalho.

O signatário coloca-se ao inteiro dispor para os esclarecimentos que se fizerem necessários.

O presente Relatório consta de 25 páginas.

Curitiba, 08 de março de 2010.



Rubem Penteado de Melo
Engenheiro Mecânico, MSc. – CREA-PR 16.712/D
rubem@trs.eng.br
Currículo do autor – Plataforma Lattes – disponível em:
<http://lattes.cnpq.br/6807417903221031>