

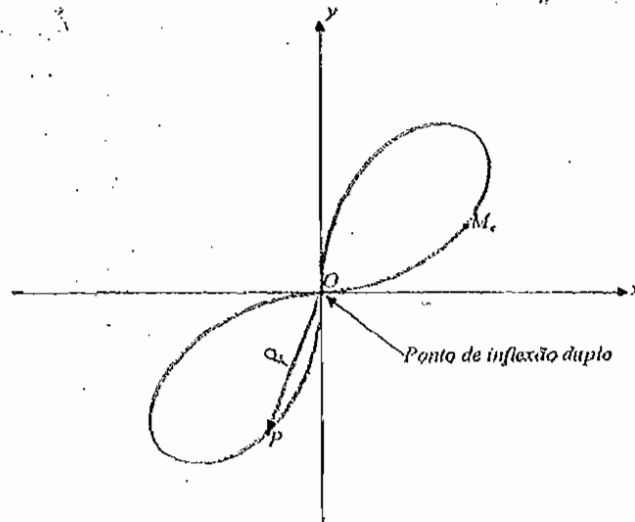
Em (O) a curva tem um ponto de inflexão e o raio é infinito. No estudo da transição, procura-se concordar a espiral com a curva circular, de modo a terem ambas no ponto μ_c (Figura 03), o mesmo raio de curvatura e a mesma tangente, isto é, de modo a torná-las osculatrizes no ponto comum μ_c .

A segunda curva de transição empregada é a Radióide às Cordas ou Lemniscata de Bernoulli. Se na fórmula da Clotóide tomarmos o arco da curva de transição pelo raio vetor (ρ), tem-se a expressão:

$$\rho = \frac{C}{|\rho|} \Rightarrow \underline{\rho = \frac{C}{r}}$$

que é a equação espontânea da Radióide aos raios vetores, chamada também Lemniscata de Bernoulli (Figura 04 a seguir):

Fig. 04:

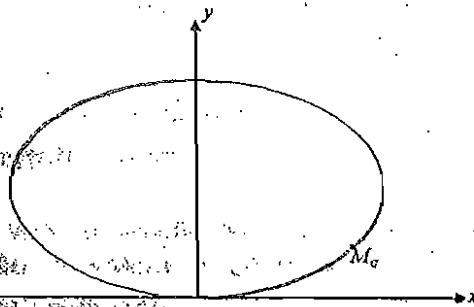



A terceira curva de transição, também clássica, é a Radióide às Abscissas. Tomando-se na equação da Espiral de Cornu o comprimento (λ) da curva pela abscissa (x), tem-se:

$$\underline{\rho = \frac{C}{x}}$$

que é a equação espontânea da Radióide às Abscissas, também denominada Curva Elástica (Figura 05 a seguir):

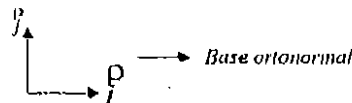
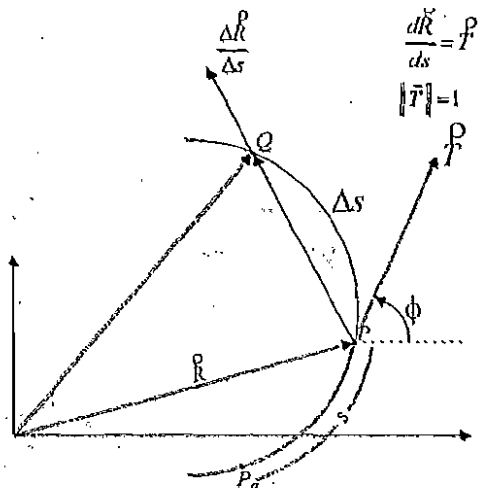
Fig. 05:



Será feita a Análise Diferencial do raio de curvatura de curvas e comparar-se-á com os resultados anteriores. É óbvio que o tempo t é um parâmetro de importância fundamental no estudo do movimento de um ponto P ao longo de uma trajetória curva.

Um outro parâmetro importante é o comprimento de arco S , medido a partir de um ponto fixo P_0 ao longo da curva até P (Figura 06 a seguir):

Fig. 06:



Justos

Considera-se agora K como função de S , examinando o significado da derivada $\frac{dK}{dS}$. Se P se move ao longo da curva até Q , quando S passa a $S + \Delta S$, então:

$\frac{\Delta K}{\Delta S} = \frac{PQ}{\Delta S}$ é um vetor cujo sentido é o da corda de P e Q e cujo comprimento é:

$$\frac{PQ}{\Delta S} = \frac{\text{Corda}}{\text{Arco}}$$

Quando $\Delta S \rightarrow 0$, a direção da corda tende à direção da tangente e a razão entre a corda e o arco tende a 1. Portanto, o vetor T^P é definido por:

$$\vec{T} = \frac{d\vec{k}}{ds} = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{k}}{\Delta s}$$

É um vetor de comprimento unitário tangente à curva em P e apontando no sentido dos S crescentes. \vec{T} chama-se vetor tangente unitário.

O quão rápido ou devagar varia a direção de \vec{T} indicará a curvatura da curva em questão. Logo, chamando de K a função curvatura e considerando o ângulo ϕ como função do comprimento de arco S , tem-se, por definição:

$$K = \frac{d\phi}{ds}$$

Seja $Y = f(x)$ o Modelo Matemático que exprime algebricamente a curva em questão, vem:

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{dy}{dx}$$

Logo:

$$\phi = \operatorname{arctg} \frac{dy}{dx}$$

Então:

$$K = \frac{d^2y/dx^2}{1+(dy/dx)^2} dx$$

Como $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$ sendo ds o diferencial do comprimento do arco, obtém-se:

$$ds = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

Dividindo-se $d\phi$ por ds tem-se:

$$K = \frac{d\phi}{ds} = \frac{d^2y/dx^2}{\left[1 + (dy/dx)^2\right]^{3/2}}$$

Seja P um ponto da curva em que $K \neq 0$. Seja \vec{N} a Normal à curva nesse ponto no sentido do seu lado côncavo (Figura 07 a seguir):

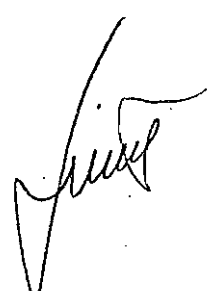
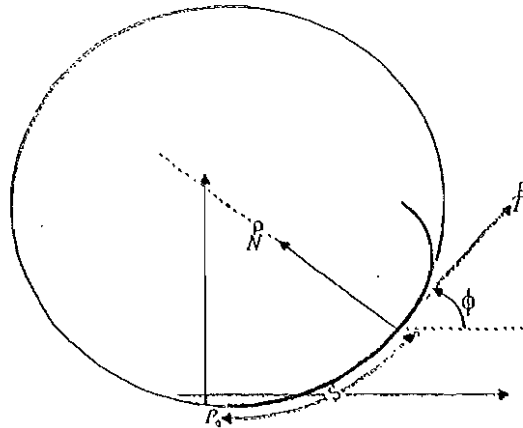
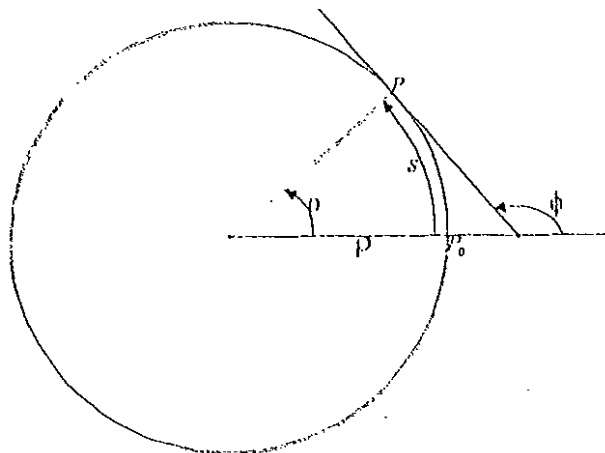


Fig. 07:



Todo círculo por P cujo centro está nessa Normal será tangente à curva em P . Dentre esses círculos, aquele cuja curvatura é igual a $|K|$ chama-se centro de curvatura e seu raio, r , raio de curvatura. Demonstrar-se-á que, no caso de um círculo, o raio é o inverso da curvatura. Observe a fig. 08 a seguir:

Fig. 08:



Vê-se que:

$$\phi = \theta + \frac{\pi}{2}$$

Mas:

$$\theta = \frac{S}{\rho}$$

Paulo

Então:

$$K = \frac{d\psi}{ds} = \frac{d\theta}{ds} = \frac{1}{\rho}$$

Logo, o raio de curvatura de uma curva num ponto é dado pela fórmula:

$$\rho = \frac{1}{|K|} = \frac{[1 + (dy/dx)^2]^{3/2}}{|d^2y/dx^2|}$$

Substituindo nas expressões espontâneas das 3 Radlóides anteriores ρ por tal expressão, tem-se as equações diferenciais das 3 curvas:

Espiral de Cornu:

$$\rho = \frac{[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2]^{3/2}}{|d^2y/dx^2|}$$

Lemniscata de Bernoulli:

$$\frac{[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2]^{3/2}}{|d^2y/dx^2|}$$

Elastica (Não é usada na prática):

$$\frac{[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2]^{3/2}}{|d^2y/dx^2|}$$



Parábola Cúbica.

Em qualquer destas equações diferenciais, pode-se fazer $\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = 0$, sem cometer grande erro, pois tratando-se de curvas de grandes raios de curvatura, este valor é muito pequeno, pois a

curva afasta-se pouco de sua tangente, em qualquer ponto.
expressão (expressão da elástica), tem-se:

Fazendo-se $\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = 0$ na última

$$\frac{C}{x} = \frac{1}{d^2y} \quad \frac{d^2y}{dx^2} - \frac{x}{C} = 0$$

Aplicando a Transformada de Laplace, vem:

$$s^2 F(s) - sy(0) - y'(0) - \frac{1}{C} \int_0^{\infty} xe^{-sx} dx = 0$$

Logo:

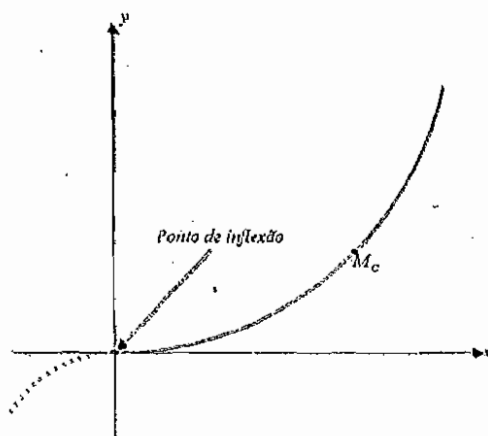
$$s^2 F(s) = \frac{1}{Cs^2}$$

$$F(s) = \frac{1}{Cs^4}$$

$$L^{-1}[F(s)] = y = \frac{x^{4-1}}{C \Gamma(4-1)} \Rightarrow y = \frac{x^3}{6C}$$

Demonstra-se que a parábola cúbica apresenta um ponto singular (vértice) para o ângulo central $\alpha = 24^\circ 51' 41''$. Além desse valor, a parábola cúbica não pode ser utilizada na prática de transição:

Fig. 09



Parábola cúbica

[Handwritten signature]

Os americanos do norte preferem o emprego da Espiral de Cornu ou Clotóide.
Os ingleses e italianos usam mais a Lemniscata.

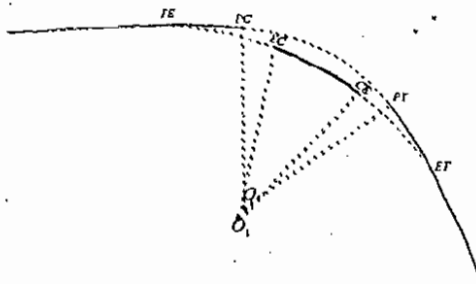
Será utilizada aqui a Clotóide pois, além de minimizar o custo do projeto, verificou-se que a mesma surge de forma suave na Teoria da Superelevação e, como consequência, nos Métodos de Segurança Máxima dos projetos e locações de estradas.

As curvas de transição podem ser intercaladas de 3 maneiras entre as tangentes e ramos de curvas circulares, a saber:

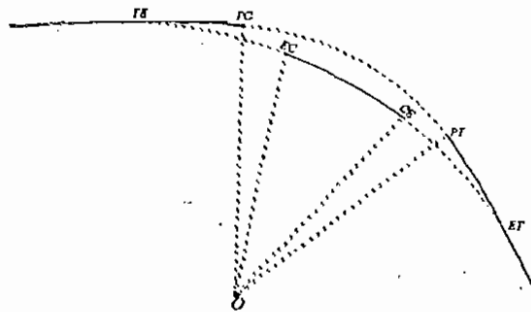
- Com raio conservado;
- Com centro conservado;
- E com raio e centro conservados.

Esquemáticamente, serão apresentadas essas maneiras de intercalação das curvas de transição, pelas figuras que se seguem:

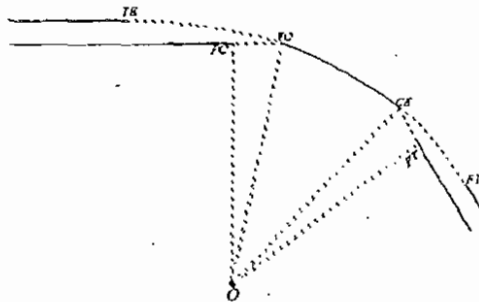
Raio conservado



Centro conservado



Raio e centro conservado




- TE* = Interseção com a tangente externa;
- PC* = Interseção com circunferência interna;
- PT* = Interseção com tangente interna;
- ET* = Interseção com tangente externa

EC = Interseção com circunferência externa;

CE = Interseção com circunferência externa;

O = Centro conservado;

O_1 = Centro deslocado.

Comprimento das Curvas de Transição - Conforme se sabe, a força centrífuga (pelo Princípio de D'Alembert) desenvolvida em um veículo que se move, num ponto da curva onde o raio é ρ , com a velocidade $v(m/s)$ (Velocidade Diretriz), é:

$$F_c = \frac{mv^2}{\rho}$$

Há pois, uma aceleração centrífuga dada por a_c :

$$a_c = \frac{v^2}{\rho}$$

Como foi definido, a curva de transição, no seu ponto inicial, comum à tangente, tem um raio infinito, o qual vai decrescendo até o valor R , igual ao da curva circular.

Assim, a aceleração centrífuga variará de:

$$\text{zero até } \frac{v^2}{R}$$

Esse crescimento não poderá ser brusco, pois provocará o desconforto e tanto o veículo como a estrada sofrerão com uma variação rápida dessa grandeza.

Por essas razões, para que se dê uma boa inscrição, esse crescimento deve ser feito em tempo mínimo (Tempo Mínimo de Segurança), que será denominado de t .

Pode-se dizer, portanto, que, no tempo t , o veículo com a velocidade v (Diretriz) percorrerá todo o comprimento λ_c da curva de transição, quando então a força centrífuga do valor zero, crescerá até o valor:

$$F_c = \frac{mv^2}{R}$$

Logo:

$$\lambda_c = vt \Rightarrow t = \frac{\lambda_c}{v}$$

Se a aceleração centrífuga cresce de zero até $\frac{v^2}{R}$ no tempo t , por unidade de tempo crescerá de a'_c , igual a:



$$a'_c = \frac{v^2}{R} / t \text{ ou } a'_c = \frac{v^2}{R} \cdot \frac{1}{t}$$

$$a'_c = \frac{v^2}{R} / \frac{\lambda_c}{v} \Rightarrow a'_c = \frac{v^3}{\lambda_c R}$$

Sendo a'_c a variação na unidade de tempo da aceleração centrífuga, o comprimento da curva de transição, λ_c , será:

$$\lambda_c = \frac{v^3}{a'_c R} \text{ com } v(m/s) \text{ ou } \lambda_c = \frac{V^3}{46,656 a'_c R} \text{ com } V(Km/h).$$



Pelo desenvolvimento Teórico exposto e pela alta experiência nos Projetos de Estradas é evidente que a máxima segurança só existe para:

- a) Um veículo em movimento com a velocidade diretriz;
- b) Uma estrada cuja curva de transição seja a Espiral de Cornu (ou a Lemniscata de Bernoulli, que, em fins práticos, muito se aproxima da curva anteriormente citada);
- c) Uma estrada com superelevação calculada com base na velocidade diretriz, no coeficiente de atrito entre os pneumáticos e a estrada e na altura do centro de massa dos veículos.

IV 2 ANÁLISE DA ESTABILIDADE DO ÔNIBUS DA REQUISITANTE:

IV 2a Determinação do Centro de Massa do Ônibus vistoriado, com base nas medidas de sua estrutura externa e interna, bem como na sua massa total.

Considere-se um sistema de n partículas de massas m_1, m_2, \dots, m_n situadas em pontos P_1, P_2, \dots, P_n .

Se os vetores posição desses pontos em relação a um ponto determinado forem P_1, P_2, \dots, P_n , o Momentum Linear do Sistema em relação a esse ponto será definido pelo vetor:

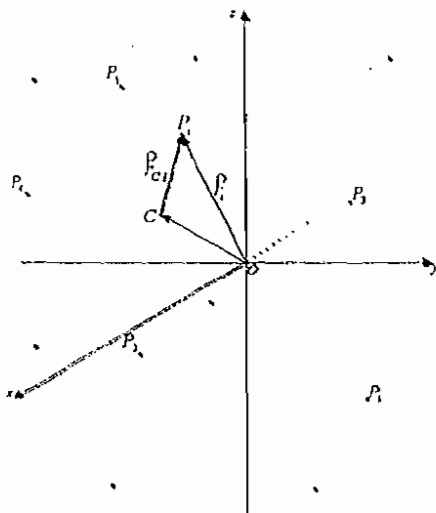
$$\sum_{i=1}^n m_i P_i$$

O centro de massa de um sistema é definido como o ponto em relação ao qual o Momentum Linear é nulo. Para mostrar que essa definição tem significado, é necessário demonstrar duas afirmativas:

- 1 - que existe um Centro de Massa;
- 2 - que há apenas um Centro de Massa.

Para estabelecer a existência de um centro de massa, toma-se um ponto qualquer O . Sejam P_1, P_2, \dots, P_n os vetores posição de P_1, P_2, \dots, P_n em relação a O . Seja também C o ponto tal

que:
$$\overrightarrow{OC} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i P_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$



Seja P_i um ponto qualquer dentre aqueles que constituem o Sistema em estudo.

Então o vetor posição do ponto P_i em relação a C será:

$$P_{ci} = P_i - \overrightarrow{OC}$$

E assim o Momento Linear do Sistema em relação a C será:

$$\sum_{i=1}^n m_i P_{ci} = \sum_{i=1}^n m_i (P_i - \overrightarrow{OC}) = \sum_{i=1}^n m_i P_i - \overrightarrow{OC} \sum_{i=1}^n m_i$$

Mas essa equação é nula, pois C foi definida como o ponto onde:

$$\overrightarrow{OC} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i P_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Paulo

E assim C é o Centro de Massa.

Demonstração de sua unicidade: - Para mostrar que há apenas este Centro de Massa, será utilizada a suposição da existência de dois centros de massa, C e C' em relação aos quais os vetores posição das partículas são P_1, P_2, \dots, P_n e P'_1, P'_2, \dots, P'_n , respectivamente. Então:

$$\sum_{i=1}^n m_i P_i = \vec{0} \text{ e } \sum_{i=1}^n m_i P'_i = \vec{0} \quad \text{Mas } P_i = P'_i = \overline{CC'}$$

Portanto:

$$\vec{0} = \sum_{i=1}^n m_i P_i = \sum_{i=1}^n m_i (P_i + \overline{CC'}) = \sum_{i=1}^n m_i P_i + \overline{CC'} \sum_{i=1}^n m_i = \vec{0} + \overline{CC'} \sum_{i=1}^n m_i$$

Logo: $\overline{CC'} = \vec{0}$, de maneira que C e C' coincidem.

Enfim: $\exists C/C = \text{Centro de Massa}$

Então, para um sistema discreto de partículas tem-se:

$$P_{cm} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i P_i$$

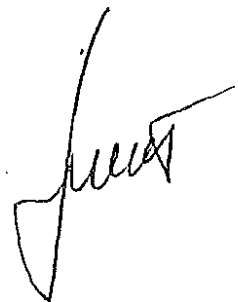
Logo, para um sistema contínuo de partículas, tem-se:

$$\begin{aligned} x_{cm} &= \frac{1}{M} \int x_{dm} \\ x_{cm} &= \frac{1}{M} \int y_{dm} \quad \text{com} \quad P_{cm} = x_{cm} \hat{i} + y_{cm} \hat{j} + z_{cm} \hat{k} \\ x_{cm} &= \frac{1}{M} \int z_{dm} \end{aligned}$$

Como $\eta = \frac{dm}{dv}$ temos que: $\eta = \text{densidade de um elemento infinitesimal do corpo.}$

$$dm = \eta dv$$

$\eta = \text{Densidade de um elemento infinitesimal do corpo.}$



Então:

$$x_{cm} = \frac{1}{M} \int_V x \rho dV$$

$$y_{cm} = \frac{1}{M} \int_V y \rho dV$$

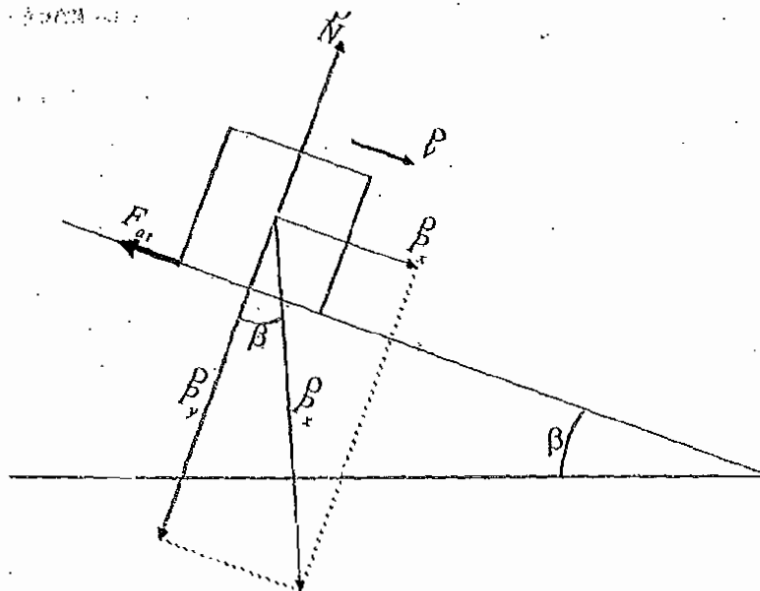
$$z_{cm} = \frac{1}{M} \int_V z \rho dV$$

IV 2.b Velocidades Limites:

IV 2.b - 1 Relacionadas a Arrastamento:

Em estradas retílineas com declividade:

Descendo:



Handwritten signature

Seja o móvel na iminência de deslizar.

Logo: $\mu_s = \frac{F_{at}}{N}$

$$\mu_s = \frac{F_{at}}{N}$$

$$\mu_s = \frac{F_{at}}{Py}$$

$$\mu_s = \frac{F_{at}}{P \cos \beta}$$

$$\mu_s = \frac{F_{at}}{mg \cos \beta}$$

Mas $Px - F_{at} = ma$

$$F_{at} = Px - ma$$

$$F_{at} = P \sin \beta - ma$$

$$F_{at} = m(g \sin \beta - a)$$

Obs: Subindo seria análogo só mudança o sinal de μ_s para t .

$$v_{máx} = g \cos \beta (tg \beta + \mu_s) \Delta t$$

Logo:

$$M_s = \frac{g \sin \beta - a}{g \cos \beta}$$

$$M_s = tg \beta - \frac{a}{g \cos \beta}$$


$$a = g \cos \beta (tg \beta - \mu_s)$$

$$\frac{dv}{dt} = g \cos \beta (tg \beta - \mu_s)$$

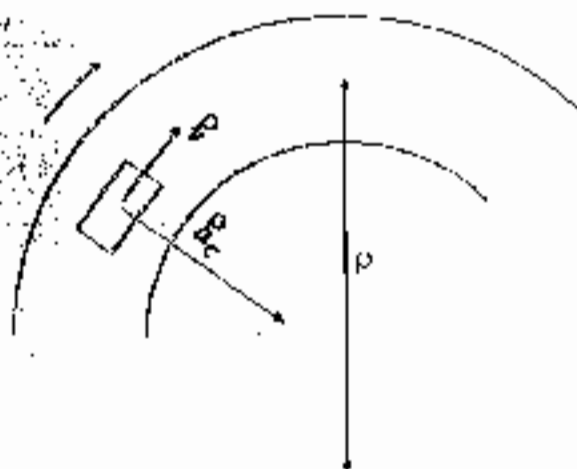
\Rightarrow

$$v_{máx} = \int_{t_1}^{t_2} g \cos \beta (tg \beta - \mu_s)$$

$$v_{máx} = g \cos \beta (tg \beta - \mu_s) \Delta t$$



Em curvas sem declividade:



$$F_{cp} = F_{atc}$$

$$\frac{mv^2}{\rho} = \mu_s N$$

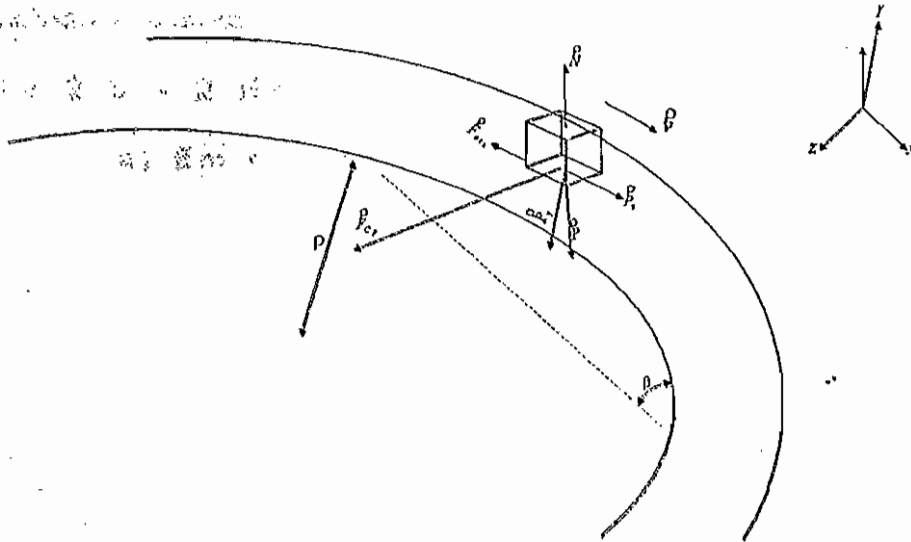
$$\frac{mv^2}{\rho} = \mu_s mg$$

$$v = (\mu_s g \rho)^{1/2}$$

$$v_{\text{máx}} = \left[\frac{\mu_s g \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{1/2}}{\left| d^2 y / dx^2 \right|} \right]^{1/2}$$

Paulo

Em curvas com declividade:



$$Px - F_{atx} = ma_t$$

$$F_{atx} = P \sin \beta - ma_t$$

$$F_{atx} = m(g \sin \beta - a_t)$$

$$F_{at2} = F_{cp}$$

$$F_{at2} = \frac{mv^2}{\rho}$$

$$F_{at2} = \sqrt{F_{atx}^2 + F_{atz}^2} = \mu_s N = \mu_s P_y = \mu_s P \cos \beta = \mu_s mg \cos \beta$$

$$F_{atz}^2 = (\mu_s mg \cos \beta)^2 - [m(g \sin \beta - a_t)]^2$$

$$\frac{v^4}{\rho^2} + a_t^2 - 2a_t g \sin \beta + (g \sin \beta)^2 - (\mu_s g \cos \beta)^2 = 0$$

Como $a_t = \frac{dv}{dt}$ então:

$$\frac{(dv)^2}{dt^2} - 2g \sin \beta \frac{dv}{dt} + \frac{v^4}{[1 + (dz/dx)^2]^{\frac{3}{2}}} + (g \sin \beta)^2 - (\mu_s \cos \beta)^2 = 0$$

Frederico

Equação diferencial que rege o fenômeno

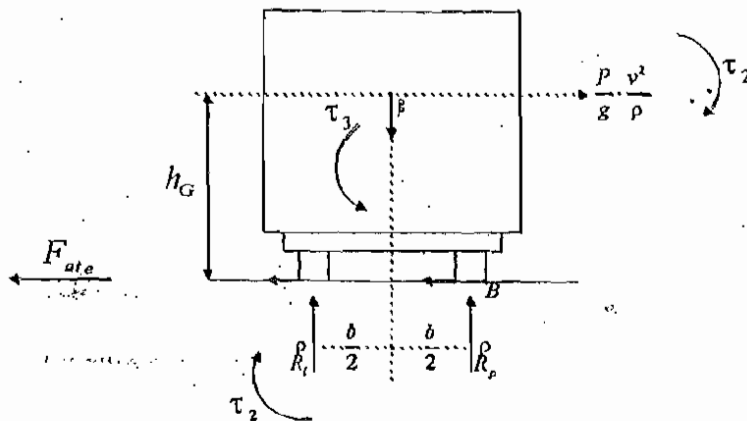
Resolvê-la é simples. Passando direto para sua aplicação, vem:

Obs: Subindo a resolução será análoga.

IV 2.b - 2 Relacionadas a Tombamento:

a) Em curvas sem superelevação:

Visão traseira



Deve-se ter:

$$\sum \tau_i = 0 \Rightarrow R_y \cdot b - P \frac{b}{2} + \frac{P v^2}{g \rho} \cdot h_G = 0$$

Donde:

$$R_y = P \left(\frac{1}{2} - \frac{v^2 h_G}{b g \rho} \right)$$

Haverá tombamento quando $R_y < 0$; portanto o tombamento é iminente se:

$$\frac{1}{2} - \frac{v^2 h_G}{b g \rho} = 0$$

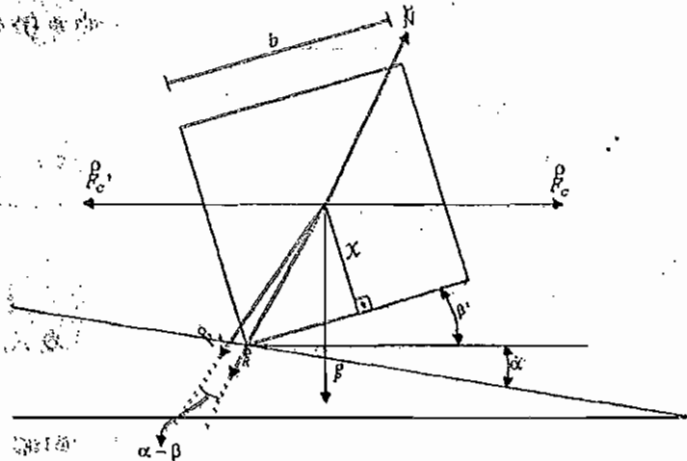
Donde:

$$v = \left(\frac{\rho b g}{2 h_G} \right)^{1/2}$$

Paulo

$$v_{\max} = \left\{ \frac{bg \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2}}{2h_c \left[\frac{d^2y}{dx^2} \right]} \right\}^{1/2}$$

(b) Em curvas com superelevação:



a) $\text{tg} \beta' = \frac{b}{2h_c}$

b) $R_y = R \cos(\alpha - \beta)$

$R_y = N = R \cos(\alpha - \beta)$

$R^2 = P^2 + F_c'^2$

$R = (P^2 + F_c'^2)^{1/2}$

c) $\frac{F_c'}{P} = \text{tg} \beta$

$\frac{N \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) + F_{\text{at}} \cos \alpha}{mg} = \text{tg} \beta$

$\frac{N(\text{sen} \alpha + \mu_o \cos \alpha)}{mg} = \text{tg} \beta$

$\frac{b}{2x} = \text{tg}(\beta + \beta')$

[Handwritten signature]

$$\frac{b}{2x} = \frac{\operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\beta'}{1 - \operatorname{tg}\beta \operatorname{tg}\beta'}$$

Daí e de a) tem-se:

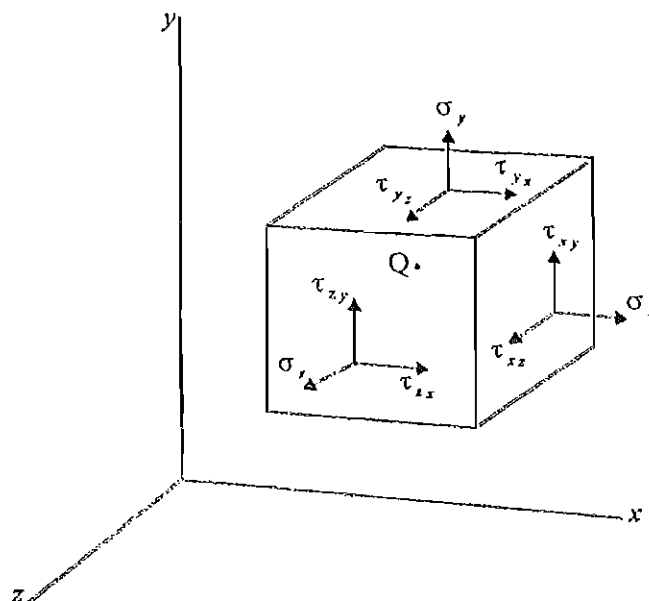
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{2bh_0x}{4 \cdot h_0 + \lambda^2} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{h_0} \right)$$

Do resultado de d) e de c), fica:

$$v_{\max} = \sqrt{\left[\frac{2}{(h_0 - x)(4 \cdot h_0 + \lambda^2)(\mu_0 \cos\alpha + \operatorname{sen}\alpha)(\cos\alpha - \beta)} \right]^2 - 1} \cdot g^2 \frac{[1 + (dy/dx)^2]^{3/2}}{(d^2y/dx^2)^2}$$

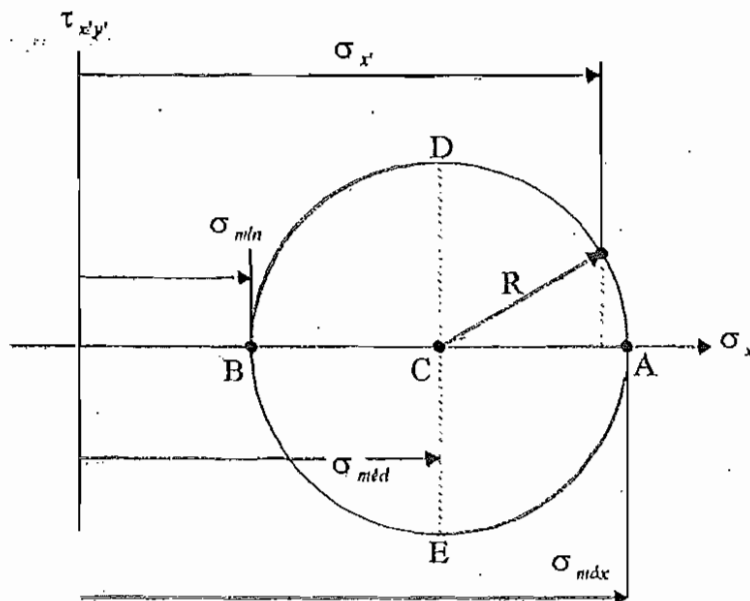
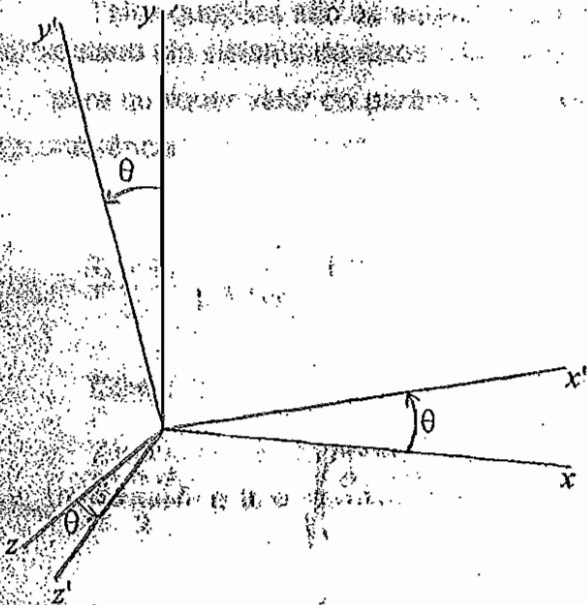
IV 3 ANÁLISE DAS TENSÕES E DEFORMAÇÕES PRODUZIDAS POR PNEUS NAS MALHAS RODOVIÁRIAS:

O estado mais geral de tensões em um certo ponto Q pode ser representado por seis componentes. Três desses componentes, $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$, definem as tensões normais que se exercem nas faces de um cubo elementar com centro em Q e orientado segundo o sistema coordenado da figura abaixo:



As outras três componentes, τ_{xy} , τ_{yz} e τ_{zx} , representam as tensões de cisalhamento que agem no mesmo cubo elementar. (fig.)

Caso ocorra uma rotação dos eixos coordenados o novo conjunto de componentes será dado por:



Handwritten signature

$$\sigma_{x'} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$\tau_{x'y'} = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta$$

$$\sigma_{y'} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta - \tau_{xy} \sin 2\theta$$

Tais equações são as equações paramétricas de uma circunferência. Isso significa que se for adotado um sistema de eixos coordenados e marcado o ponto M de abscissa $\sigma_{x'}$ e ordenada $\tau_{x'y'}$ para qualquer valor do parâmetro θ , sempre será obtido um ponto que se encontra em uma circunferência:

$$\left(\sigma_{x'} - \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{x'y'}^2 = \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2$$

Como:

$$\sigma_{mtd} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \text{ e } R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

Logo, chega-se: $(\sigma_{x'} - \sigma_{mtd})^2 + \tau_{x'y'}^2 = R^2$

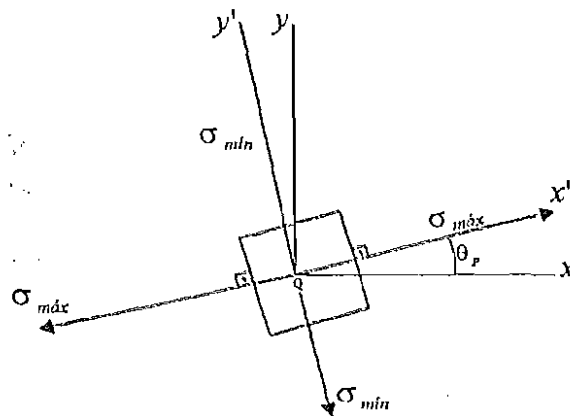
Que é a equação de uma circunferência de raio R com centro no ponto C de abscissa σ_{mtd} e ordenada 0.

Os pontos A e B (Interceptos da circunferência com o eixo horizontal) têm um interesse especial e o ponto A corresponde ao máximo valor da tensão normal σ_x , enquanto o ponto B ao valor mínimo. Ao mesmo tempo, tais pontos correspondem ao valor nulo para tensão de cisalhamento $\tau_{x'y'}$. Desse modo, os valores de θ_p que correspondem a A e B por meio da equação será:

$$\operatorname{tg} 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$

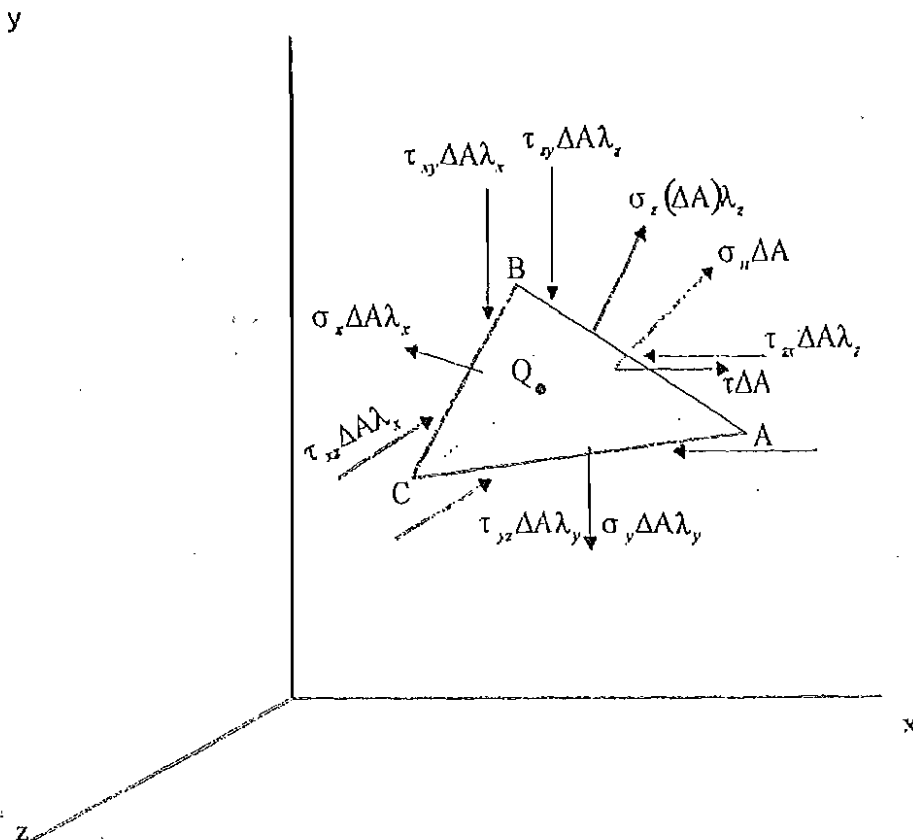
Essa equação define dois valores $2\theta_p$ com diferença de π . Qualquer um desses valores pode ser usado na determinação da orientação do cubo elementar correspondente à figura abaixo:





O círculo limitado pela circunferência anterior é designado Círculo de Mohr (Otto Mohr 1835-1918) e será utilizado com uma das ferramentas para o fim desejado.

Tal exposição inicial se limita ao caso particular de um estado plano de tensões onde $\sigma_z = \tau_{zx} = \tau_{xy} = 0$ e rotação em torno de z . A generalização de tal método será ilustrado pela figura abaixo:



[Handwritten signature]

Equilíbrio do Tetraedro

$$\sum F_x = 0: \begin{aligned} & \sigma_x \Delta A - (\sigma_x \Delta A \lambda_x) \lambda_x - (\tau_{xy} \Delta A \lambda_x) \lambda_y \\ & - (\tau_{yx} \Delta A \lambda_x) \lambda_y - (\tau_{xy} \Delta A \lambda_y) \lambda_x \\ & - (\tau_{yx} \Delta A \lambda_y) \lambda_x - (\sigma_y \Delta A \lambda_y) \lambda_y \\ & - (\sigma_x \Delta A \lambda_x) \lambda_x = 0 \end{aligned}$$

Dividindo a expressão por ΔA e isolando σ_x no primeiro membro:

$$\sigma_x = \sigma_x \lambda_x^2 + \sigma_y \lambda_y^2 + \sigma_z \lambda_z^2 + 2\tau_{xy} \lambda_x \lambda_y + 2\tau_{yz} \lambda_y \lambda_z + 2\tau_{zx} \lambda_z \lambda_x$$

Observa-se que a expressão anterior é uma forma quadrática em λ_x , λ_y e λ_z . Pode-se então escolher três eixos coordenados (Por meio de ferramentas da Álgebra Linear), de modo que o último membro da última equação seja simplificado para análise posterior.

Então:

$$\sigma_x = \begin{bmatrix} \lambda_x & \lambda_y & \lambda_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_x \\ \lambda_y \\ \lambda_z \end{bmatrix}$$

$$\text{Fazendo: } v_s = \begin{bmatrix} \lambda_x \\ \lambda_y \\ \lambda_z \end{bmatrix} \text{ e } A = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

Tem-se: $\sigma_x = v_s A v_s$, onde $v_s = (\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z) \in \mathbb{R}^3$, referido à base S canônica $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$.

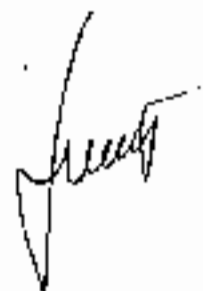
Para se trabalhar com uma base mais apropriada, fica:

Seja $P_s = \{\hat{v}_1, \hat{v}_2, \hat{v}_3\}$ a nova base. Sendo P a matriz-mudança de base de B para S .

$$[v_s]_S = S^{-1}P = IP = P$$

Portanto:

$$v_s = P v_{ps}$$



Logo:

$$\sigma_n = v_S^t A v_S = (P v_{PB})^t A (P v_{PB}) \text{ ou } \sigma_n = v_S^t A v_S = v_{PB}^t (P^t A P) v_{PB}$$

Como P diagonaliza A ortogonalmente:

$$P^t A P = D = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix}$$

onde λ_1, λ_2 e λ_3 são os autovalores da matriz A. Sendo $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ as componentes do vetor v na base P_B , ou seja, $v_{PB} = (\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z)$

Ter-se-á enfim:

$$\sigma_n = v_S^t A v_S = v_{PB}^t D v_{PB} \text{ ou } \sigma_n = v_S^t A v_S = v_{PB}^t D v_{PB} = \lambda_1 \lambda_x^2 + \lambda_2 \lambda_y^2 + \lambda_3 \lambda_z^2$$

Através dessa escolha apropriada de coordenadas, será facilitada a verificação das possíveis deformações produzidas na malha rodoviária pelo ônibus da requisitante, quando da utilização dos pneus alvo de exames e, dessa maneira, comparar tais tensões e/ou deformações ocasionadas por tais pneus:

O trabalho realizado pela parcela do Peso (P_K), onde $K = 1, 2, 3, 4, 5, 6$, relativo a cada pneu do ônibus incidente sobre um elemento de volume dv do asfalto, causando-lhe um deslocamento dF será:

$$dv = \langle P_K, dF \rangle = P_K \cdot dF$$

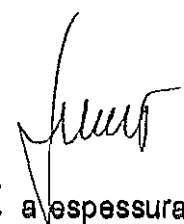
O trabalho de deformação para que tal deslocamento ocorra tangente à curva C (Trajetória do elemento dv) será:

$$\frac{W}{V} = \int_C \frac{P_K}{V} \cdot dF$$

Sendo $V = A \bar{L}$ onde A = Área de contato de cada pneu com o solo e \bar{L} a espessura média do asfalto.

Logo:

$$\frac{W}{V} = \int_C \frac{P_K}{A} \cdot \frac{dF}{\bar{L}} = u$$



Decompondo nas componentes, tem-se:

$$u_{x'} = \int_0^{x'} \frac{\|P_K\|}{A} \cdot \frac{dx'}{L}$$

Mas $\frac{\|P_K\|}{A} = \sigma_{x'}$, e $\frac{x'}{L}$ representa a deformação específica $\epsilon_{x'}$. Logo:

$$u_{x'} = \int_0^{x'} \frac{\|P_K\|}{A} \cdot \frac{dx'}{L} = \int_0^{\epsilon_{x'}} \sigma_{x'} d\epsilon_{x'}$$

Os trabalhos realizados nas demais direções (y' e z') são calculados analogamente. O passo crucial em tal demonstração é da equação $\frac{W}{V} = \int_c \frac{P_K}{V} \cdot dP^p$ para a equação

$\frac{W}{V} = \int_c \frac{P_K}{A} \cdot \frac{dP^p}{L} = u$, pois ali deixa explícito a necessidade da análise da relação entre

$(P_K)_{K=1,2,3,4,5,6}$ (peso incidente em cada pneu do ônibus) e $A =$ área de contato com o piso [que varia do pneu **385/65 R22,5 (extra largo single)** para o pneu **295/80 R22,5 (simples)**]. E como $P_K \cdot dP^p = \|P_K\| \|dP^p\| \cdot \cos\theta$, onde θ é o ângulo entre (P_K, dP^p) e também θ é a função $\theta(\rho, \alpha, \gamma, v)$, em que ρ é o raio de curvatura da pista, α é a superelevação da pista, γ representa a declividade da mesma pista e v é a velocidade instantânea do ônibus, tomam-se necessários dois pré-requisitos que foram descritos anteriormente, a saber:

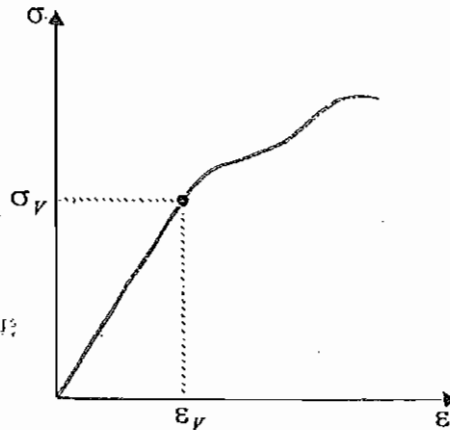
- 1) Estudo do Projeto de Estradas;
- 2) Determinação do Centro de Massa do Ônibus.

O trabalho específico de deformação também pode ser definido considerando-se a energia de deformação de um pequeno elemento de material de volume ΔV :

$$u_v = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta W_v}{\Delta V} = \frac{dW_v}{dV}$$

Analisando como ocorre a variação da tensão em função da deformação, vem:





$$v \in \{x', y', z'\}$$

Dentro do limite de proporcionalidade (que é a realidade), tem-se:

$$\sigma_v = E \cdot \epsilon_v$$

E = Coeficiente de elasticidade do asfalto.

Como:

$$u_v = \int_0^{\epsilon_v} \sigma_v d\epsilon_v$$

Tem-se:

$$u_v = \int_0^{\epsilon_v} E \epsilon_v d\epsilon_v = \frac{1}{2} E \epsilon_v^2 = \frac{1}{2} \sigma_v \epsilon_v = \frac{\sigma_v^2}{2E}$$

Logo: $\frac{dW_v}{dV} = u_v \Rightarrow dw_v = u_v dv \Rightarrow w_v \int \frac{\sigma_v^2}{2E} dv$

Logo, será necessário o coeficiente de Elasticidade do Asfalto.

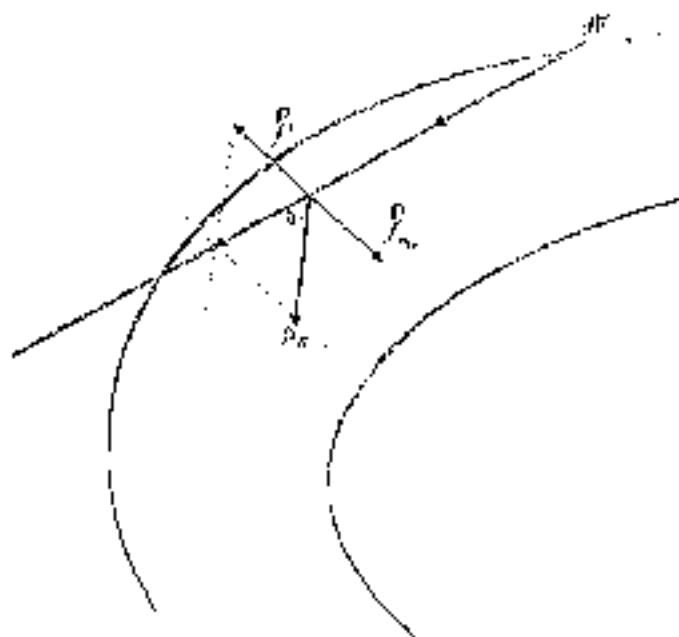
A análise para as tensões de cisalhamento é análoga à das tensões normais:

$$v = \int_0^{r_{max}} r_{v_1, v_2} dr_{v_1, v_2} \quad v_1 \neq v_2 \text{ e } \begin{cases} v_1 \in \{x', y', z'\} \\ v_2 \in \{x', y', z'\} \end{cases}$$

Cálculo de $\theta(\rho, \alpha, \gamma, v)$

1º) Para o Caso de: $\alpha = 0 \quad \gamma = 0$

Tem-se:



Handwritten signature

$$\|f\| = \|f_{atc}\| \quad (3^a \text{ Lei de Newton})$$

Logo:

$$f_{atc} = f_{centrifuga} = \frac{mv^2}{\rho}$$

c = Fator de Correção

$$\frac{f}{P_K} = \text{tg}\theta \Rightarrow \theta = \text{arctg}\left(\frac{f}{P_K}\right) = \text{arctg}\left(\frac{m \cdot P_K}{P_K}\right)$$

$$\arctg\left(\frac{uv^2/c}{mg \cdot c}\right) = \arctg\left(\frac{v^2}{gR}\right)$$

Logo: $\theta = \arctg\left(\frac{v^2}{gR}\right)$

$$x = f(t)$$

$$y = g(t)$$

t = parâmetro

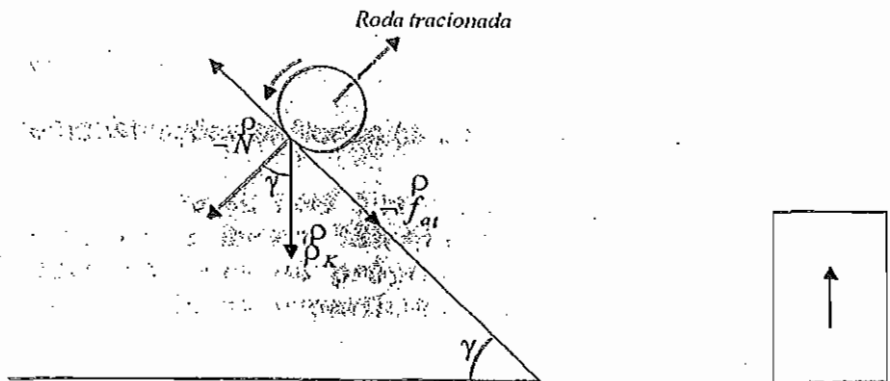
$$x = \frac{dx}{dt}$$

$$y = \frac{dy}{dt}$$

2º) Para o caso de $\alpha = 0$ e $y \neq 0$

Subindo, vista lateral:

Vista aérea:

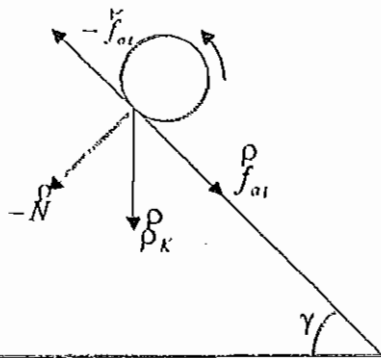


$$f_{at} = \mu N$$

$$f_{at} = \mu P_k \cdot \cos \gamma$$

$$\vec{R} = -(\vec{N} + \vec{f}_{at}) \wedge \theta = \times (\vec{R}, \vec{P}_k)$$

Roda não tracionada (subindo), vista lateral:



$$\vec{R} = -(\vec{P}_k + \vec{N})$$

$$\theta = \times (\vec{R}, \vec{P}_k)$$

Handwritten signature

3º) Para o caso de $\alpha = 0$ e $\gamma \neq 0$ $\rho \neq 0$

4º Caso

Caso Geral

Demonstrações análogas às do 1º e 2º Casos.

Denota-se pois que o **aumento** da **área** de **contato** no **piso** dos referidos pneus extra-largos "**Singles**" é bem mais significativo que o **ganho** de **peso aderente** deles no **próprio piso**, acarretando, por conseguinte, uma **menor deformação** na **superfície** da malha rodoviária brasileira.

IV 4 ESTUDO DA ADERÊNCIA DE PNEUS NAS RODOVIAS BRASILEIRAS:

IV 4 a - Análise Topológica da Forma Geométrica do pneu "Single" relacionada às Deformações Intrínsecas de uma Pista de Rolamento.

As rodas motoras de um veículo apoladas no pavimento da estrada gram acionadas pelo motor.

Se a superfície da pista fosse escorregadia, cada roda girava sem solos (patnaria) e o veículo permanecerla parado. A força que impede a patnagem do pneumático denomina-se aderência e é na verdade um tipo especial de atrito de escorregamento. Logo, pela Mecânica tem-se:

$$f_a = P_a \cdot \mu$$

Onde

$$P_a = \text{Peso aderente} = P_k$$

μ = Coeficiente de Aderência

Existem dois tipos básicos de aderência:

Aderência longitudinal

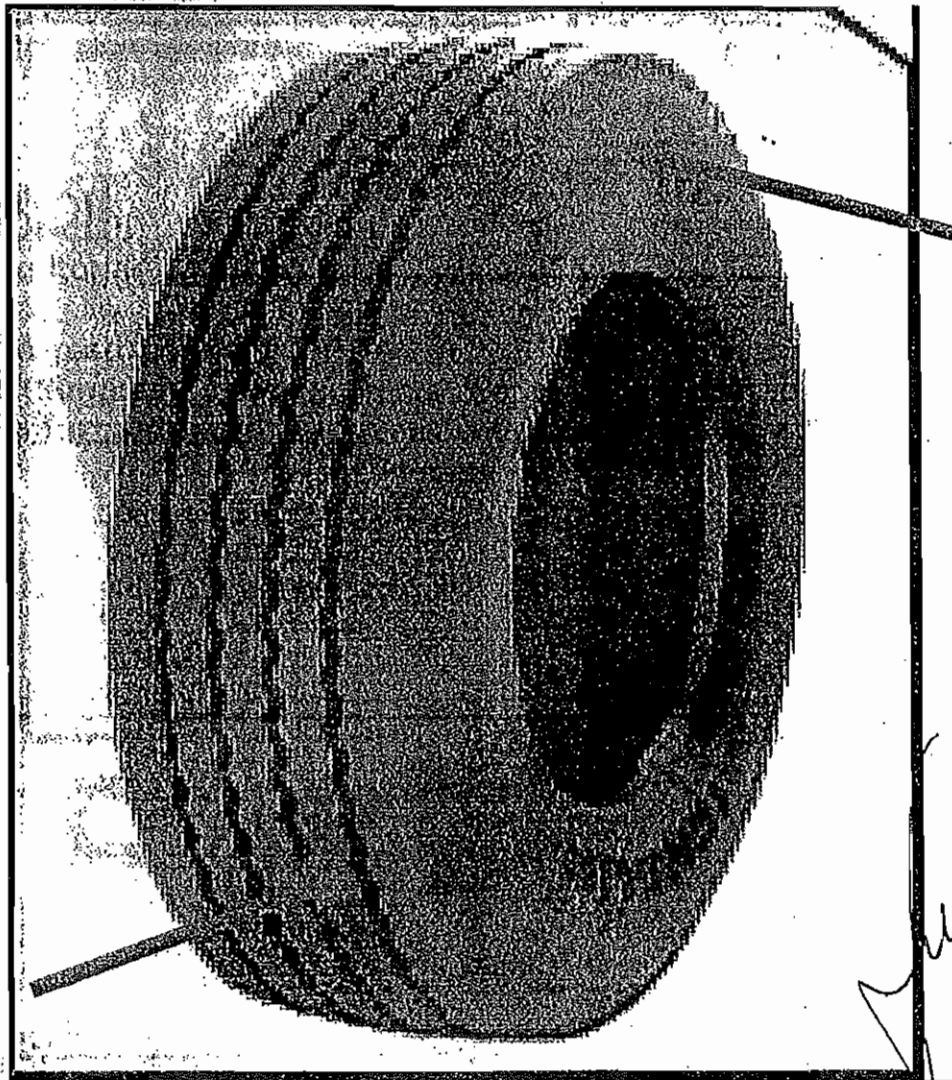
Aderência transversal

A última se manifesta quando o veículo percorre uma curva.

Ambos os coeficientes de aderência (longitudinal e transversal) decrescem com o aumento da velocidade do veículo, segundo foi constatado pela experiência, sendo que o coeficiente de aderência longitudinal varia mais do que o transversal.

O pneu **385/65 R22,5 (Single)** possui maior aderência do que o **295/80 R22,5 (Simples)** por motivos óbvios:

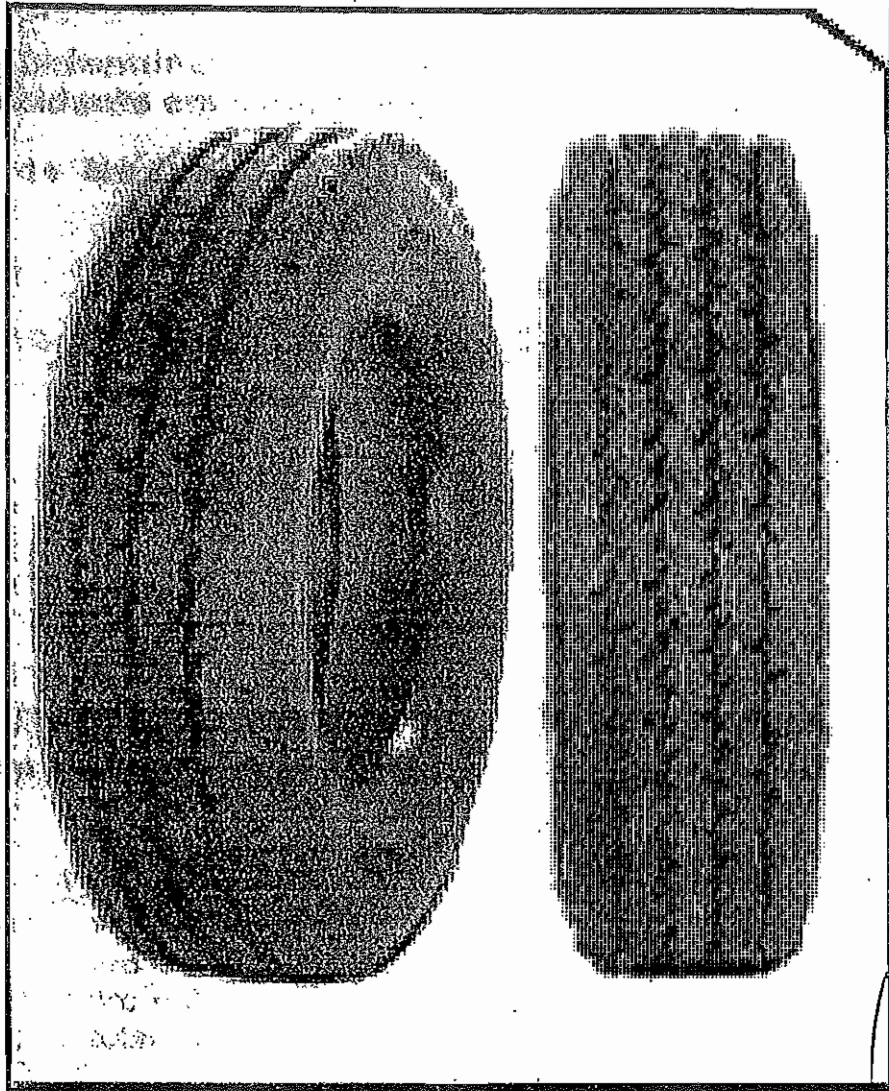
- a) Sendo o peso do pneu **385/65 R22,5 (Single)** superior ao do **295/80 R22,5 (Simples)**, o peso aderente relativo àquela posição no ônibus aumenta. Assim, a **força de aderência** aumenta, conforme a equação $f_a = P_a \cdot \mu$;
- b) A geometria do pneu **385/65 R22,5 (extra largo Single)** é topologicamente melhor encaixável às deformações intrínsecas das pistas do que a do **295/80 (simples)**, vide fotografias a seguir:



PNEU SINGLE EXTRA LARGO 385/65 R 22,5

Características:

- 4 Sulcos Largos e Longitudinais
- Ombros Largos e Contínuos (seta superior) diminuem a tensão lateral sobre a pista
- Perfil da Escultura minimiza a retenção de pedras
- Perfil Espiralado (seta inferior) que produz maior aderência no piso



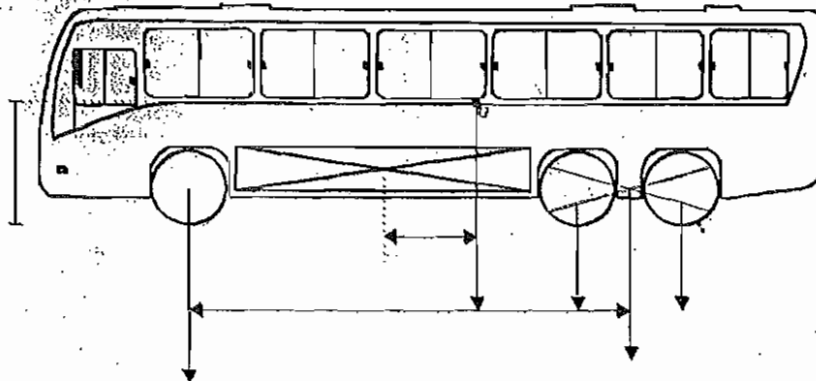
Pneu Simples 295/80

Handwritten signature

V APLICAÇÃO DA TEORIA À PRÁTICA:

V1 - Determinação do Centro de Massa do Ônibus e do Peso Incidente em cada pneu, a partir da exposição teórica:

Centro de Massa

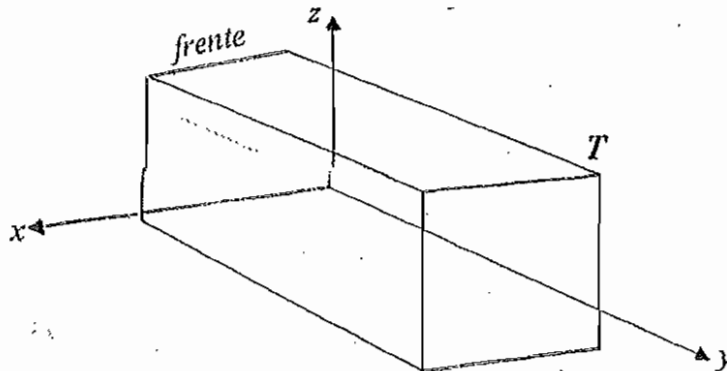


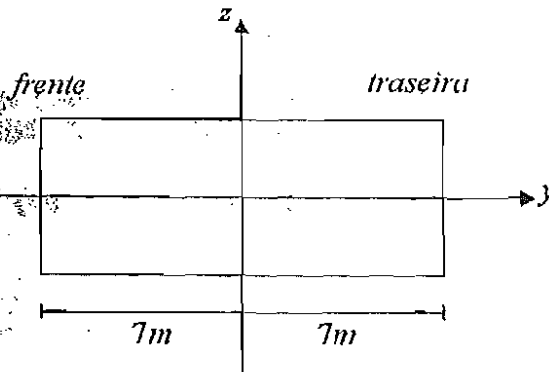
V 1-1 - Determinação do Centro de Massa do Ônibus da requisitante (Pneu 385/65, extra largo Single)

- L_1 = Distância entre eixo dianteiro e de tração = 3m
- L_2 = Distância entre eixo de tração e 3º Eixo = 3m
- L_1' = Balanço dianteiro = 2,45m
- L_2' = Balanço Traseiro = 2,294m
- L = Comprimento total = 14m
- H = Altura = 3,7m

$M = 177.800\text{Kg}$ (Massa do ônibus vazio).

Lucas





$$X_{cm} = 0,00m$$

$$Y_{cm} = 0,48m$$

$$Z_{cm} = 2,52m$$

CM: (0,00 ; 0,48m ; -2,52m) = Centro de Massa do Ônibus utilizando o pneu extra largo Single.

Capacidade técnicas de projetos dos chassis.

Volvo B12R

Eixo dianteiro = 7.200 Kg

Eixo de tração = 10.700 Kg

3º Eixo = 5300 Kg

Total = **23.200 Kg** ou **23,2 T** (capacidade de carga que o chassi do ônibus suporta quando foi projetado pela sua fábrica montadora).

Assinatura

V 1-2 - Determinação do Centro de Massa do Ônibus da requisitante (Pneu 295/80,simples).

$$X_{cm} = 0,00m$$

$$Y_{cm} = 0,40m$$

$$Z_{cm} = -2,95m$$

CM: (0,00 ; 0,40m ; -2,95m) = Centro de Massa do Ônibus utilizando o pneu simples.

V 1-3- Determinação do Peso Incidente em cada eixo do Ônibus da requisitante utilizando o Pneu 385/65, extra largo Single, com sua capacidade máxima de 60 passageiros + bagagem, acima, portanto, do limite estabelecido pela Lei da Balança:

Eixo dianteiro - **6.000 Kgf (seis mil kilogramas força) ou 6T (seis toneladas);**
Eixo intermediário - **8.250 Kgf (oito mil, duzentos e cinquenta kilogramas força) ou 8,25 T;**

Eixo traseiro - **8.250 Kgf (oito mil, duzentos e cinquenta kilogramas força) ou 8,25 T;**

PBTC (Peso Bruto Total Combinado) = 22.500 KGF (vinte e dois mil e quinhentos kilogramas força) ou 22,5 T (vinte e duas toneladas e meia).

V 1-4 - Determinação do Peso Incidente em cada eixo do Ônibus da requisitante utilizando o Pneu 295/80 simples e com lotação máxima de aproximadamente 25 passageiros + bagagem, dentro do limite estabelecido pela Lei da Balança, porém bem abaixo de sua capacidade:

Eixo dianteiro - **5.000 Kgf (cinco mil kilogramas força) ou 5 T (cinco toneladas);**

Eixo intermediário - **7.400 Kgf (sete mil e quatrocentos kilogramas força) ou 7,4 T (sete toneladas e quatro décimos);**

Eixo traseiro - **7.100 (sete mil e cem kilogramas força) ou 7,1 T (sete toneladas e um décimo).**

PBTC (Peso Bruto Total Combinado) = 19.500 Kgf (dezenove mil e quinhentos kilogramas força) ou 19,5 T (dezenove toneladas e meio).

Considerando a nova resolução do Contran relativa à mesma Lei da Balança, o peso acima foi acrescido de 0,5 %, portanto:

PBTC (Peso Bruto Total Combinado) = 20.475 Kgf (vinte mil, quatrocentos e setenta e cinco kilogramas força) ou 20,475 Toneladas.

V. CONCLUSÃO

De acordo com toda a exposição anterior, o fato do pneu extra largo "Single" suportar mais peso que o comum, vide valores acima, acarreta o abaixamento do Centro de Massa (CM) do ônibus da requisitante (página 43), fazendo com que a sua velocidade limite de tombamento seja maior que essa mesma velocidade para o pneu simples, isso quer dizer um "melhor equilíbrio dinâmico".

Ademais, a forma geométrica em espiral dos sulcos na superfície de rodagem do mesmo pneu "Single" (vide novamente a fotografia da página 40) provoca também um **acréscimo** da sua aderência ao solo, aumentando, por conseguinte, sua **velocidade limite** de arrastamento, o que significa **"melhor equilíbrio dinâmico transversal"**.

Tal ganho de equilíbrio dinâmico do ônibus examinado, com a utilização dos pneus extra largos "Singles" em seus trajetos na malha rodoviária brasileira, comprovado por toda a teoria apresentada, se manifesta na percepção dos passageiros no que tange a **"conforto e segurança"**.

É de suma importância ressaltar ainda que a conseqüente **dilatação** do **peso máximo permitido** pela "Lei da Balança" não traz maiores danos às superfícies viárias, mas, pelo contrário, as beneficiam, pois o **aumento** da **área de contato** no **piso** dos referidos pneus extra largos "Singles" é bem mais significativo que o **ganho** de **peso aderente** deles no **próprio piso**, segundo foi demonstrado a partir da **página 28** do estudo em menção. Tal peculiaridade é a responsável pelo **decréscimo** (diminuição) do **trabalho de deformação específico** nas superfícies asfálticas realizado pelos citados pneus, comprovando de forma absoluta que o **"desgaste na malha rodoviária brasileira é seguramente reduzido a partir do uso de tais pneus extra largos Singles, estando o ônibus da requisitante com um PBTC (Peso Bruto Total Combinado) de 22,5 T (vinte e duas toneladas e meia)**.

Finalmente, vale também lembrar que a **forma lateral cilíndrica** da **borda** do mesmo pneu **Single** produz uma **diminuição** da **tensão** de cisalhamento sobre o solo, corroborando sem sombra de dúvidas a última assertiva.

Destarte, verifica-se **que os fundamentos técnicos apresentados estendem aos ônibus rodoviários com peso máximo permitido de 6 T (seis toneladas) no eixo dianteiro e 16,5 (dezesseis toneladas e meia) nos eixos traseiros em tandem duplo, que correspondem ao PBTC (Peso Bruto Total Combinado) de 22,5 T (vinte e duas toneladas e meia), a utilização dos pneus extra largos "Singles", os quais não podem ser limitados somente aos caminhões dotados de reboques e semi-reboques, conforme atualmente delibera o Conselho Nacional de Trânsito - Contran.**

VI. ENCERRAMENTO

Foram estes os elementos técnicos avaliados e estimados como relevantes para o estudo em referência.

Seguem anexos os dados técnicos do ônibus da requisitante.

O Parecer contém **05 (cinco)** fotografias digitalizadas, devidamente legendadas e rubricadas.

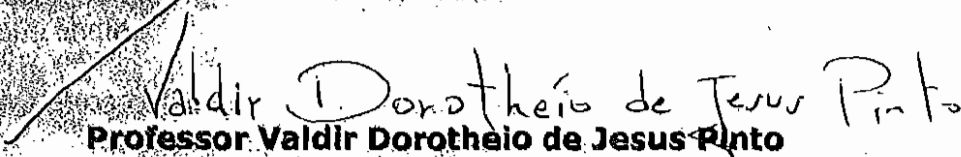
Belo Horizonte, 22 de março de 2007.


Eng.º Ricardo Simões Braga

Perito Analista


Eng.º Paulo Ademar de Souza Filho

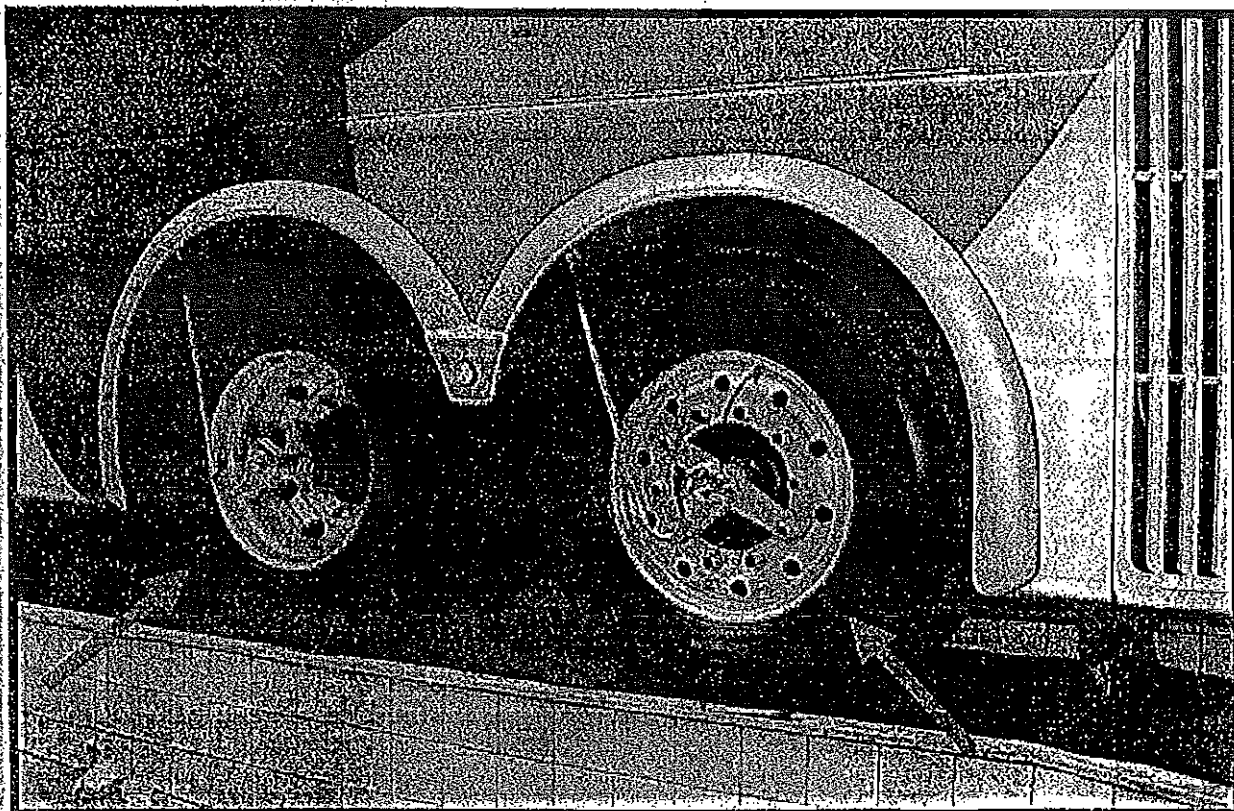
Perito Analista


Professor Valdir Dorotheio de Jesus Pinto
Consultor

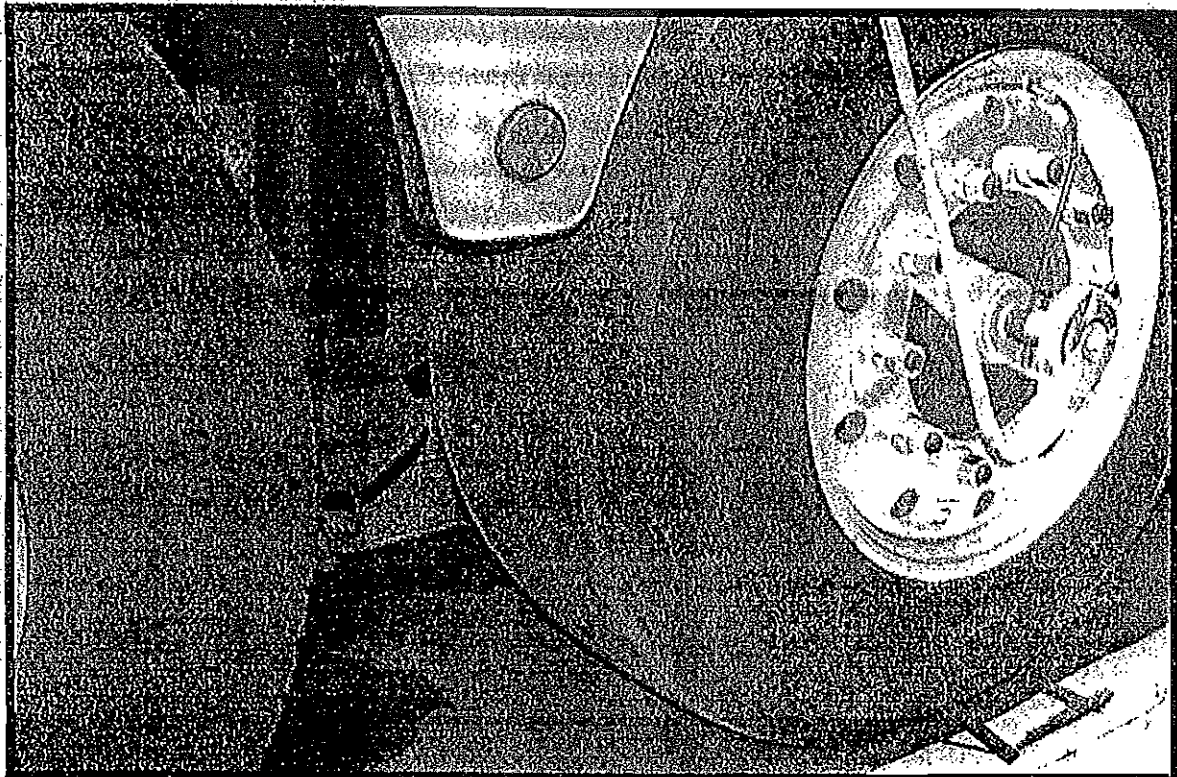
ANEXOS FOTOGRAFICOS DIGITALIZADOS



Anexo 01 – Visualização do ônibus vistoriado no pátio de sua empresa proprietária, requisitante deste Parecer Técnico.



Anexo 02 - Detalhe dos pneus simples 285/80 R 22,5 (seta esquerda) e do extra largo Single 385/90 R 22,5 (seta direita) existentes no ônibus vistoriado.



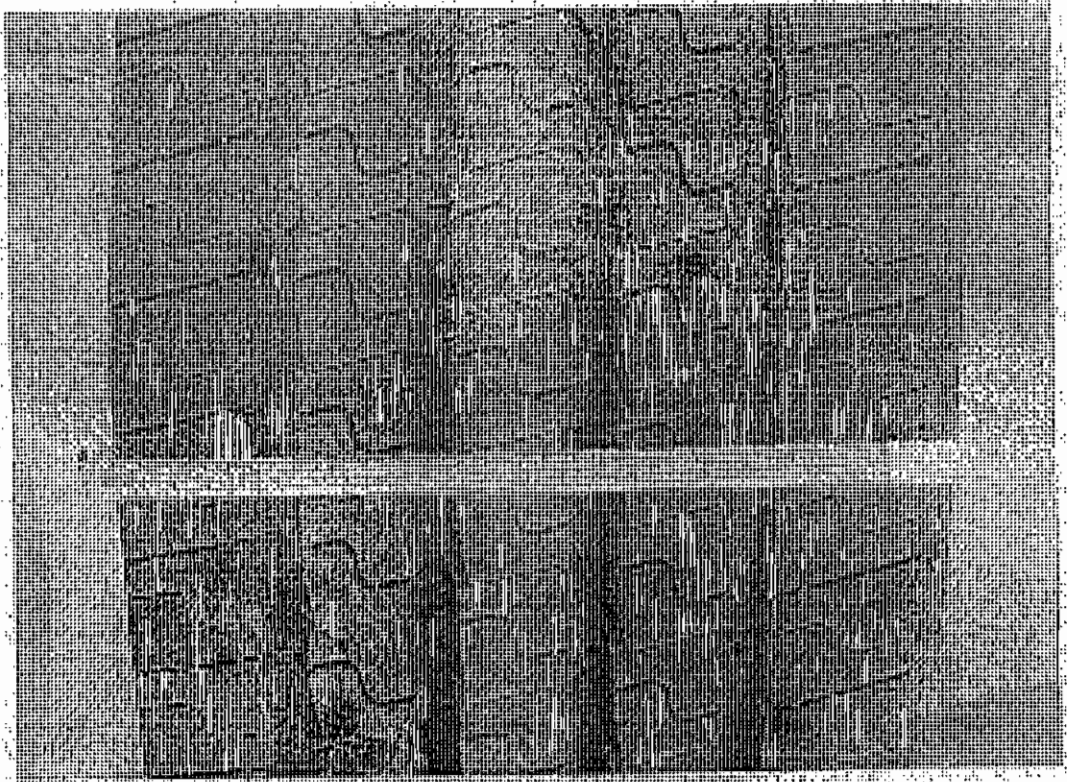
Anexo 03- Vista de um ângulo aproximado do pneu extra largo Single (vide seta), localizado na região posterior esquerda do ônibus examinado.

Handwritten signature

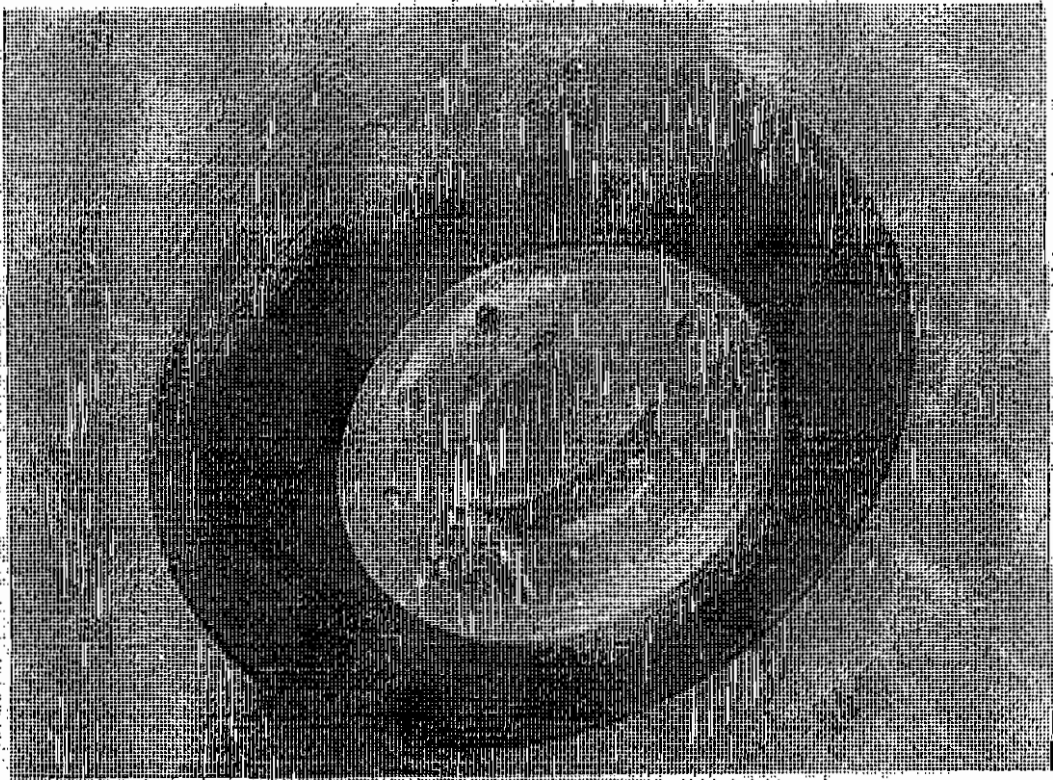
Referências Bibliográficas

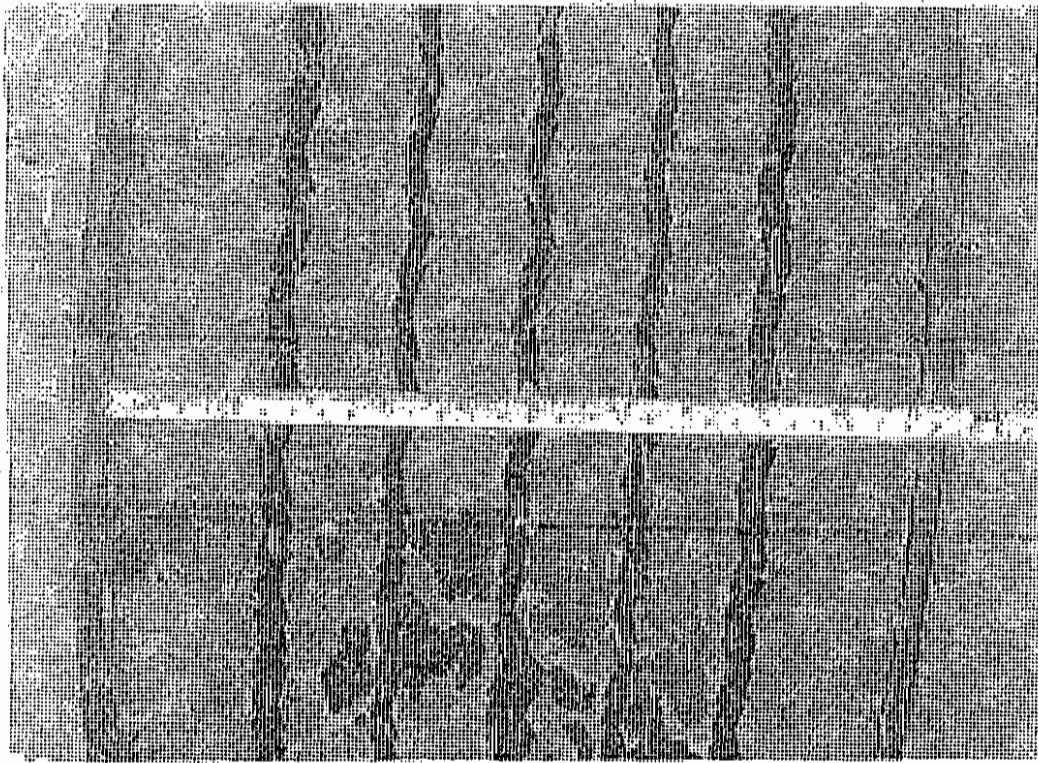
- 1) Curso de Estradas; M. Pacheco de Carvalho; Editora Científica (1º Volume).
- 2) Estradas de Ferro e de Rodagem; Paulo Menicucci Filho, Esc. de Eng. da UFMG.
- 3) Física; Francis Weston Sears; Tecnoprint Gráfica (1º e 2º Volumes).
- 4) Física; Mário Marclano; Editora Coleção F.T.D.
- 5) Física; John P. Mckeivey / Howard Grotch; Harbra (Harper&Row do Brasil).
- 6) Física; Paul A. Tiper; Guanabara Dois (Volume 2b: Segunda Edição).
- 7) Fundamentos de Física (Mecânica); Halliday Resnick / Walker; Livros Técnicos S.A.
- 8) Física; Frederick J. Keller / W. Edward Gettys / Malcom J. Skove, Makron Books (Vol. 1).
- 9) Mecânica Racional; Synge / Griffith; Editio Globo.
- 10) Curso de Mecânica; Adhemar Fonseca; Ao Livro Técnico S.A. (3º e 4º Vols.).
- 11) Estatística; Antônio Fabiano de Paiva; ITEX (Volume II).
- 12) Cálculo Operacional; Harry Farrer; Edições Engenharia.
- 13) Theorie und Anwendung der Laplace; Springer Verlag, Berlin, 1937.
- 14) The Laplace Transform; Princeton Univ. Press.
- 15) Cours de Calcul Opérationnel, M. Denis Papin / A. Kaufmann (Albin Michel, Paris).
- 16) Cálculo com Geometria Analítica; George F. Simmons; McGraw Hill.
- 17) Cálculo e Álgebra Linear; Kaplan / Lewis; Livros Técnicos e Cient. Edit. S.A.
- 18) Cálculo de Funções Vetoriais; Williamson / Crowell / Trotter; Livros Téc e Cient. Edit. S.A.
- 19) Linear Program and Economic Analysis; Dorfman / Samuelson / Solow; The Rand Series.
- 20) Cálculo; James Stewart; Pioneira (Volume 2).

Luiz

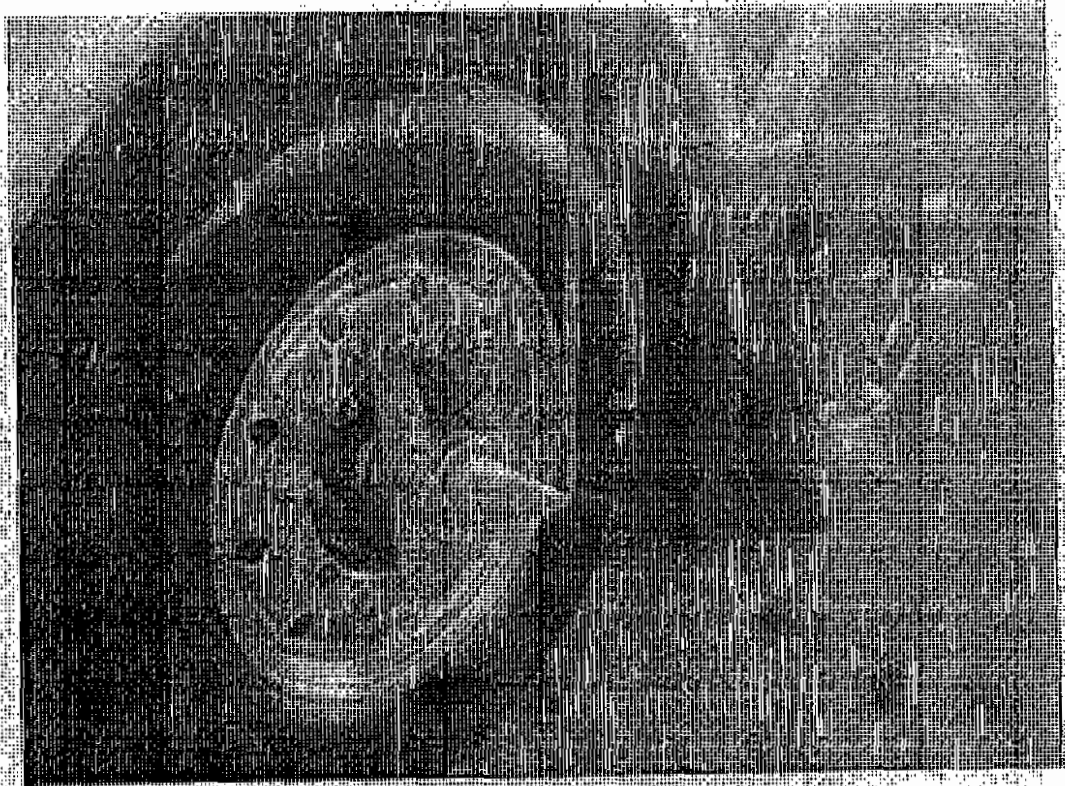


CESTRAN / 1000000000
554
PROTOCOLLO





DEPARTMENT
560
PROTOCOL



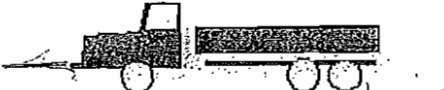







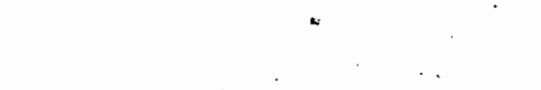




LEI DA BALANÇA
 PNEUS
 DIESEL
 GNV
 VEÍCULOS ESPÓRTIVOS
 TACÓGRAFO
 LINKS INDICADOS
 PERGUNTAS FREQUENTES

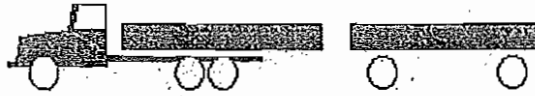
Informações - Lei da Balança »

COMBINAÇÃO

COMBINAÇÃO	EIXO EM TANDEM	EIXO NÃO TANDEM
 EIXO COM 2 PNEUMÁTICOS	----	12 TONELADAS
 EIXO COM 4 PNEUMÁTICOS	----	16 TONELADAS
	23 TONELADAS	21 TONELADAS
	----	26 TONELADAS
	33 TONELADAS	31 TONELADAS
 EIXO EM TANDEM ↑	40 TONELADAS	38 TONELADAS
 EIXO NÃO EM TANDEM ↑	38 TONELADAS	36 TONELADAS
	41,5 TONELADAS	----
	48,5 TONELADAS	----
	----	36 TONELADAS
	43 TONELADAS	41 TONELADAS



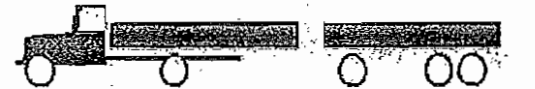
41 TONELADAS



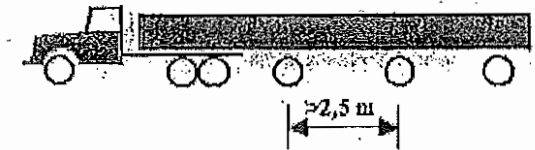
43 TONELADAS



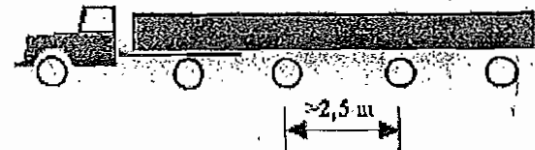
43 TONELADAS 41 TONELADAS



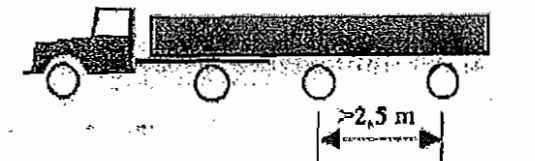
53 TONELADAS 51 TONELADAS



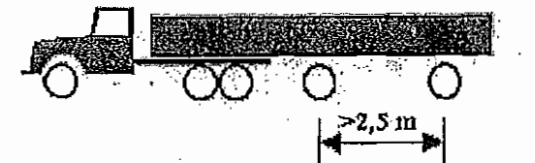
46 TONELADAS



36 TONELADAS



41 TONELADAS 39 TONELADAS



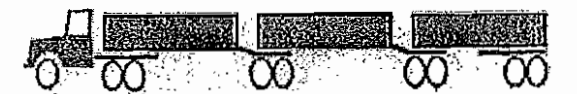
50 TONELADAS ----



57 TONELADAS ----

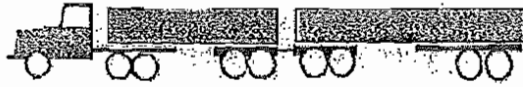


57 TONELADAS ----



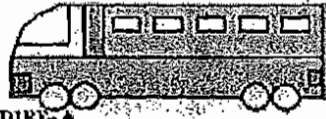
74 TONELADAS ----

74 TONELADAS ----

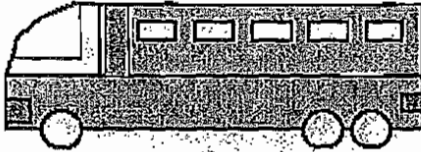


63 TONELADAS

29 TONELADAS 27 TONELADAS

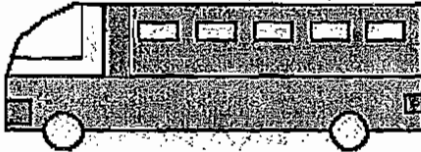


EIXOS DIRE-
CIONAIS

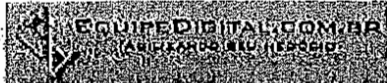


23 TONELADAS

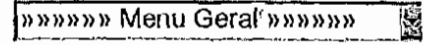
21 TONELADAS



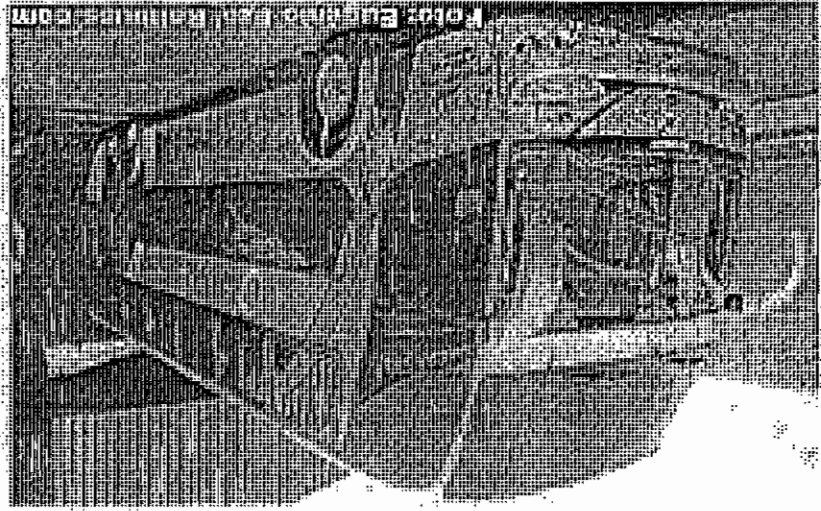
16 TONELADAS



Portal f Val para o topo f E-mail



Utilizados já há algum tempo na Argentina, a novidade começa a chegar agora nas empresas de transporte coletivo **brasileiras**. Porém, já existe no Brasil, uma linha de **pneus Single** para caminhões, rebôques e até jipes, lançados pelos fabricantes Goodyear e Michelin. No caso da Goodyear, o lançamento



Esta sendo testado pela empresa São José Viagens, de Belo Horizonte, um pneu de conceito diferente entre os nacionais. Chamado de Pneu **Single**, é maior e mais largo dos que os usados atualmente. Substituem o uso dos dois **pneus** em conjunto no eixo traseiro (daí a natureza do nome "**Single**" - A palavra "**Single**", traduzida para o português, dá a ideia de unitário/ solteiro).



26 de Agosto de 2004

Mais resistentes e econômicos, os pneus 'single' começam a destilar pelo Brasil

Pneus Single: desafio para as estradas brasileiras

Reportagem de Arquivo

Reportagem dos arquivos de Arquivo



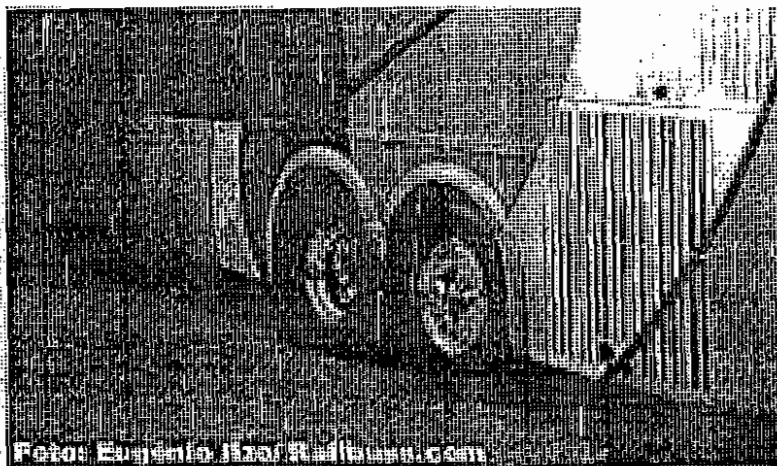


aconteceu em julho do ano passado e foi batizado de REGIONAL RHT, na medida 385/65R22,5.

O novo pneu pode ser utilizado em reboques e semi-reboques, equipados com suspensão pneumática, de acordo com resolução 62 do Contran, Conselho Nacional de Trânsito, em vigor desde maio de 1998.

Suportam 3000 kg a mais do que os comuns e junto à isso soma-se uma lista de vantagens para o frotista:

- Menor consumo de combustível: o esforço do veículo para se movimentar é menor com o Pneu **Single**.
- Os componentes de montagem da roda são mais leves.
- Redução do custo operacional: menor necessidade de mão de obra, montagem simplificada, redução de itens em estoque e menor custo por quilômetro.



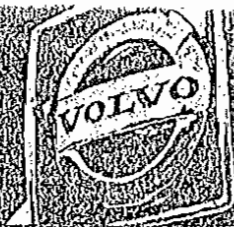
Ponto Fraco

O ponto fraco no uso do pneu em ônibus, fica por conta de fatores externos: **Estradas Brasileiras**, que pela má conservação, aumentam a ocorrência de impacto no interior do veículo.

Reportagem: Eugênio Ilzo/ Mauro Peratti

Fotos: Eugênio Ilzo

Railbuss.com



VOVO BUSES WHEN PRODUCTIVITY COUNTS

Documento da Volvo Rotogole

MOTOR
 Motor D12D, Motor diesel, vertical, traseiro, totalmente eletrônico, com injeção de combustível através de unidades injetoras independentes, 6 cilindros em linha, 4 válvulas por cilindro, comando de válvulas no cabeçote, turboalimentado intercooler, acelerador eletrônico "by wire", sistema de ignição de faíscas, autoproteção contra sobreaquecimento, nível de emissões de acordo com a regulamentação CONAMA Fase V (EURO III).

SISTEMA DE FREIOS
 Sistema Volvo de freios a disco em todos os eixos (EBS5 - Electronic Braking System), Principais características do EBS5:

LUZES DE AVISO
 Luzes de baixa pressão do óleo do motor, baixa pressão do ar do froto do serviço, sobreaquecimento do sistema de refrigeração, aviso de alta temperatura no compartimento do motor, funcionamento do alternador, funcionamento do ABS, baixo nível do líquido de arrefecimento do motor, obstrução do filtro de ar, acionamento do sistema de pré-aquecimento de partida (quando instalado), nível do óleo hidráulico, filtro do óleo hidráulico, falha no ECS, baixa pressão de ar na suspensão, baixo desempenho dos freios, controle de tração.

Motor D12D

Potência	kW (CV)	rpm
279	(380)	1450-1800
280	(383)	1600-1800

- ABS (Anti-lock braking system - controle contra deslizamento).
- ASR (Acceleration Slip Regulation - controle da tração).
- Sensor de desgaste das pastilhas.
- Controle uniforme do desgaste das pastilhas.
- Aviso de alta temperatura nos freios.
- Frenagem combinada Inteligente (retarder/VEB + freio do serviço simultaneamente).
- Autonomia das pastilhas.

PESO DO CHASSI (kgf)*

Total	6820
-------	------

Torque

Nm (kgm)	rpm
1850 (169)	1020-1200
1800 (163)	1450-1800

*Potência e torque líquidos, medido segundo normas NBR 6484, ISO 11815.

SUSPENSÃO
 Totalmente pneumática controlada eletronicamente, com câmaras de ar tipo folo (sistema eletrônico ECS). Dois folos de ar no eixo dianteiro e quatro no eixo traseiro. Amortecedores de dupla ação. Barras estabilizadoras e de reação, Regulagem do nível para manobras.

Conforme NBR 6070. O peso do chassi inclui especificação básica, líquidos do arrefecimento, lubrificantes e tanque do combustível com 90% da capacidade.
 *Peso aproximado (chassi com refrigerador)

FREIO VEB
 Composto por freio de compressão Volvo (VCB) e regulador de pressão de exaustão (EPG). Potência máxima de frenagem 390 cv.

EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS
 Equipado com sistema Volvo BEA2 (Bus electronic Architecture), sistema eletrônico Multiplex 2 - sistema digital de transmissão de dados, com controle dos sistemas do ônibus, monitoramento e coordenação de todos os dispositivos controlados pelas unidades eletrônicas. Multiplex 2 também proporciona diagnósticos de falhas e dados sobre a operação do veículo. Possui as funções de luzes externas integradas ao Multiplex do chassi.

CAPACIDADE DOS EIXOS (kgf)

Eixo dianteiro	7600
Eixo de tração	2000
Margem eixo	15300
Capacidade Total	24800

CAIXA DE CÂMBIO
 Caixa Eletrônica Volvo Shift

Modelo AT2412C	Com 12 marchas eletrônicas (a caixa realiza a troca de marchas automaticamente) 12 marchas (lente) e 2 marchas (trás) Sem pedal (do embreagem) Autolimitador Opcional retarder (relaxando) profiss para função Kick Down Função Eco-Roll
Res	9ª
Vel	1000

PNEUS E RODAS

Pneus	Rodas
285/80R22.5	8.25x22.5
315/80R22.5 (opc)	9.00x22.5 (opc)
385/65R22.5 (opc)	11.75x22.5 (opc)

*somente para tração traseira

EIXO TRACÇÃO
 Eixo RS1228B, simples redução, Relações de transmissão do eixo 2,64:1 ou 2,85:1 Rolamentos de roda livre de manutenção.

Nº de baterias	2
Tensão	24V
Baterias	170 Ah
Alternador	12x60 A

CAPACIDADES*

Óleo da caixa de direção	6 Litros
Óleo da caixa AT2412c	14,0 Litros
Motor	33 Litros
Eixo de tração	2,1 Litros

*Valores aproximados

DIREÇÃO
 ZF8098, hidráulica, integral, tipo, esferas, recirculantes. Volante com 460 mm de diâmetro, regulável em ângulo e altura.

PAINEL DE INSTRUMENTOS
 Computador de bordo, tacômetro, manômetros de ar dos freios, controle de intensidade e tipo de iluminação do painel, velocímetro, tacógrafo eletrônico semanal, liberação do freio de estacionamento, indicador do nível de combustível, temperatura do líquido de arrefecimento o pressão no turbo compressor, indica funções da caixa, marcha selecionada, retarder e modo econômico, potência.

- OPCIONAIS**
- Trip Manager
 - Posição do motorista rebaixado (Low driver)
 - Retardador hidrodinâmico VORH
 - Tacógrafo diário
 - Baterias 225 Ah
 - 2 alternadores de 110A.
 - Rodas de alumínio
 - Roda e pneu reservas
 - Pré-aquecedor de partida
 - Limitador de velocidade: 80km, 80km/h e 100km/h
 - Filtro Ciclón

EIXO DIANTEIRO
 Eixo rígido em aço especial com perfil "I", 4 amortecedores. Forjado e tratado termicamente. Rolamento de roda livre de manutenção.

COMPUTADOR DE BORDO
 Funções disponíveis: diagnóstico de falhas, limitador de velocidade (informação), limitador de rotação do motor (informação), velocímetro, relógio e alarma, velocidade média, distância e tempo de viagem, medidor de consumo de combustível, identificador de frota, registros de dados do veículo, temperatura do óleo do motor.

PVPORT 768.0507 * Foto meramente ilustrativa. Volvo do Brasil reserva o direito de modificar as especificações técnicas dos produtos sem aviso prévio.



MOTOR

Volvo D12D. Motor diesel, vertical, totalmente eletrônico, com injeção de combustível através de unidades injetoras independentes, 6 cilindros em linha, 4 válvulas por cilindro, comando de válvulas no cabeçote, turboalimentado e Intercooler, acelerador eletrônico "by wire", sistema de diagnóstico de falhas, autoproteção contra superaquecimento, posicionado no balanço traseiro. Nível de emissões de acordo com a regulamentação CONAMA Fase IV (EURO II).

▼ D12D 380cv

Potência.....279 kW (380 cv) em 1700 - 1800 rpm
Torque.....1850 Nm (189 kgfm) em 1100 ~1300 rpm

▼ D12D 420cv

Potência.....309 kW (420 cv) em 1700 ~1800 rpm
Torque.....2000 Nm (204 kgfm) em 1100 ~1300 rpm

Potência e torque líquidos, medida segundo norma NBR 5481, ISO 1585.

FREIO VEB

Pneumático, composto pelo Freio de Compressão Volvo (VCB) e Regulador de Pressão da Exaustão (EPG). Potência máxima de frenagem 390cv.

CAIXA DE GÂMBIO

▼ Caixa Volvo G8-EGS. (Easy gear shift)

Mecânica, acionamento eletropneumático, 8 marchas, totalmente sincronizadas.

EMBREAGEM

Modelo KFD117E. Disco simples de fricção a seco, servo assistida hidráulicamente.

EIXO TRASEIRO

Arvo RAEV80. Redução simples, coroa e pinhão hipóides.

Velocidade máxima teórica em km/h com pneus 295/80R22,5

Caixa	Diferencial
G8-EGS	3,10 : 1 118

EIXO DIANTEIRO

Eixo rígido em aço especial com perfil "I". Forjado e liado termicamente. Cubos de roda lubrificadas a óleo.

DIREÇÃO

ZF 8097, hidráulica integral, tipo osleras rotuleantes. Amortecedor de direção. Volante com 450mm de diâmetro, regulável em ângulo e altura.

SISTEMA DE FREIOS

Totalmente a ar comprimido, com 3 circuitos independentes: eixo dianteiro, eixo traseiro e freio de estacionamento. Tambores de freio com elatas para resfriamento. Válvula de proteção de 4 vias. Ajuste automático das lonas de freio. Área total de frenagem: 9145cm²

SUSPENSÃO

Totalmente pneumática, com câmaras de ar tipo fole controladas por válvulas pneumáticas de nível. Dois foles de ar no eixo dianteiro e quatro no eixo traseiro. Amortecedores de dupla ação posicionados nas laterais externas das longitudinalas. Barras estabilizadoras e de reação em todos os eixos. Suspensão independente no terceiro eixo, com sistema de eixo de carga. Regulagem de nível para 70mm.

EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Sistema de comando elétrico multiplexado, com módulos de controle do motor, chassi, veículo e painel de instrumentos. Chave geral elétrica, partida e Inibidor de partida do motor, localizados no compartimento traseiro. Conexões elétricas para o encarroçador.

Nº de baterias..... 2
Voltagem..... 24V
Capacidade das baterias..... 170 Ah
Alternador..... 2x80 A
Motor de partida..... 5,5 kW

PAINEL DE INSTRUMENTOS

Computador da Bordo, tacômetro, manômetros de ar dos freios dianteiro e traseiro, controle de intensidade e tipo de iluminação do painel, velocímetro com tacôgrafo eletrônico diário (dois motoristas), válvulas de enchimento de pneus, liberação do freio de estacionamento, indicador do nível de combustível, temperatura do líquido do arrefecimento.

COMPUTADOR DE BORDO

▼ Funções disponíveis:

- Limitador de velocidade
- Limitador de rotação do motor
- Voltímetro
- Temperatura do óleo do motor
- Temperatura interna e externa
- Relógio e alarme
- Velocidade média e hodômetro
- Distância e tempo de viagem
- Medidor de consumo de combustível
- Identificador de frota
- Diagnóstico de falhas
- Registros de dados do veículo

LUZES DE AVISO

Luzes de baixa pressão do óleo do motor, baixa pressão de ar do freio de serviço, acionamento do freio de estacionamento, sobre aquecimento do sistema de refrigeração, aviso de incêndio no compartimento do motor, mal funcionamento do alternador, mal funcionamento do ABS (quando instalado), baixo nível do líquido de arrefecimento do motor, obstrução do filtro de ar, acionamento do sistema de pré-aquecimento de partida (quando instalado), portas do bagageiro abertas, luz alta, indicador de direção o acionamento do pisca de emergência.

PNEUS E RODAS

PNEUS	RODAS	
295/80R22,5	8,25x22,5	9,00x22,5
11.00R22	8,00x22	
12R22,5	8,25x22,5	9,00x22,5
11.00R20	8,00x20	
12.00R20	8,50x20	
315/80R22,5	9,00x22,5	
385/65R22,5	11,75x22,5	

OPCIONAIS

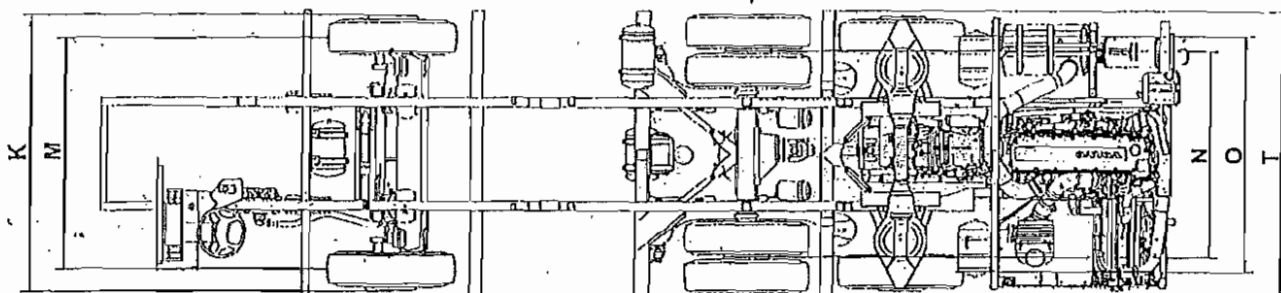
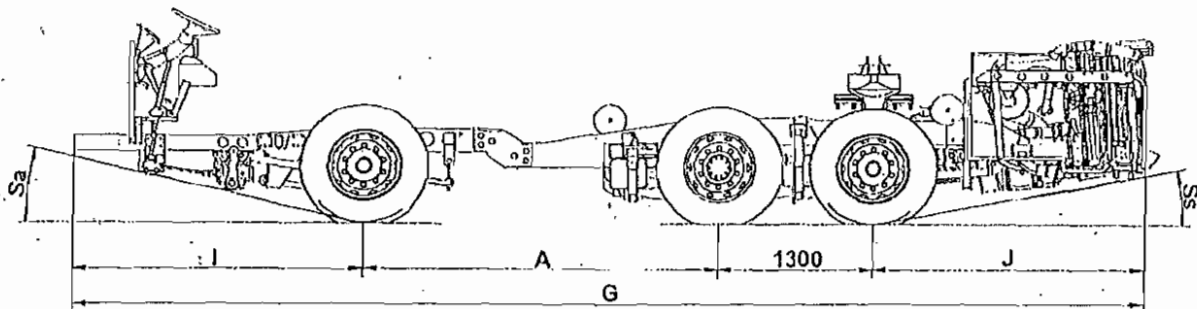
- Trip Manager
- Posição do motorista rebalçada
- Suspensão eletrônica
- Sistema de freios ABS
- Retardador Hidrodinâmico VOITH*
- Tacôgrafo semanal (2 motoristas)
- 2 Baterias 225 Ah
- Pré-aquecedor de partida
- Rodas de alumínio
- Roda e pneu reserva

*Necessitam também ser instalados com Freio VCB.

www.volvo.com.br - Volvo é uma marca registrada da Volvo AB. Este veículo está em conformidade com o PROCONVE - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores.

VOLVO

B12R 6x2



DIMENSÕES (mm)

com pneus 295/60R22,5

▼ Comprimentos

A	Distância entre eixos dianteiro e da tração.....	3000*
	Distância entre o eixo de tração o terceiro eixo.....	1300
I	Balanço dianteiro.....	2450
J	Balanço traseiro.....	2294
G	Comprimento total.....	8044*

* Somente para transporte

▼ Larguras

K	Largura total (rodas dianteiras).....	2448
T	Largura total (rodas traseiras).....	2462
M	Bitola dianteira.....	2022
N	Bitola traseira.....	1820
O	Bitola - terceiro eixo.....	2027

▼ Alturas

Altura da aba superior da longitudinal ao solo:

Sobre o eixo dianteiro.....	815
Sobre o eixo traseiro.....	928

Sa Ângulo de entrada.....depende da carroceria

Ss Ângulo de saída.....depende da carroceria

PESOS (kgf)

▼ Peso do chassi:

Total..... 6719

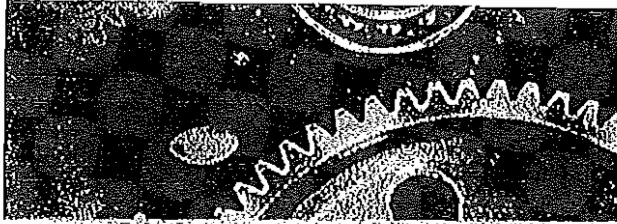
Conforme NBR 6070. O peso do chassi inclui configuração básica, líquidos de arrefecimento, lubrificantes e tanque com 90% de capacidade

▼ Capacidade técnica de carga (kgf):

Eixo dianteiro.....	7200
Eixo traseiro.....	10700
Terceiro eixo.....	5300
Total.....	23200



home » produtos » rodoviários » B12R



B12R

Introdução
especificações 4x2
especificações 6x2

relacionados

soluções para transporte
contatos comerciais

VOLVO B12R 6X2

Motor: vertical, traseiro, 6 cilindros, 12 litros (alimento eletrônico)
Potência: D12D380 - 380 cv (279 kW) @ 1700~1800 rpm
D12D420 - 420 cv (300 kW) @ 1700~1800 rpm
Freios: freio VEB (Volvo Engine Brake) 300 cv de frenagem
Transmissão: manual, acionamento eletropneumático, 8 marchas
Retarder: eletromagnético VOITH - opcional
Redução no eixo: 3,10:1
Suspensão: totalmente pneumática com regulação do nível
Peso Bruto Total (PBT): 23200 kgf

Proconvo

Este veículo atende a
legislação ambiental.



documentação técnica

↳ ficha técnica



MICHELIN

Relatório Técnico do Sr. : Maurício Santos

TC : 123

Filial Michelin : Belo Horizonte

Telefone : (31) 99780003

Ao (s) Sr (a/s) : WANDER PARDINE SALIBRA

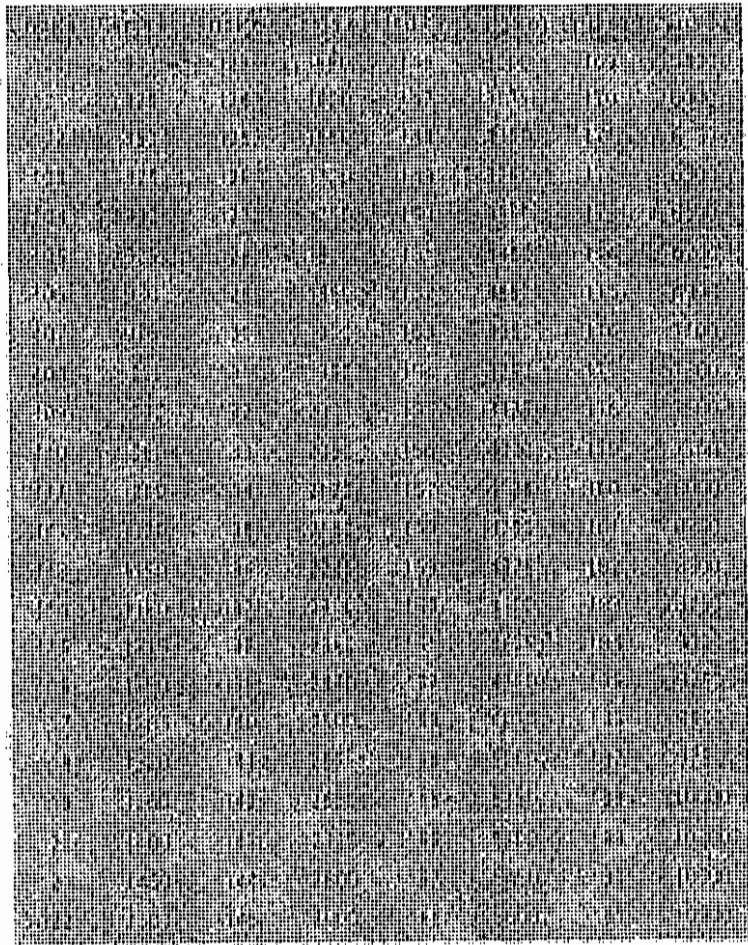
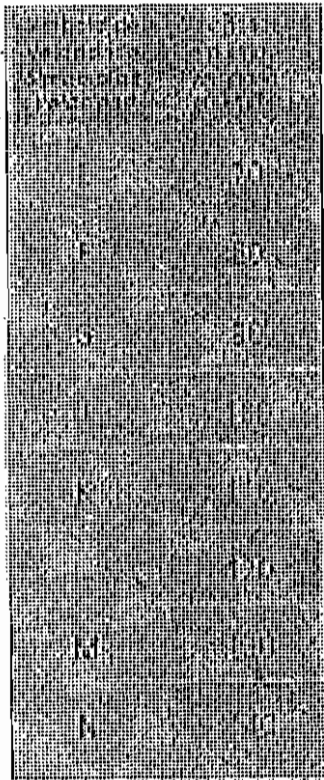
Empresa : BRASIL WAY

Visita efetuada em : 05/05/04



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRODUTOS MICHELIN

Modelo	Índice da Garpa	LH	PI (1)	Campos por Exp. (2)			Roda Rueda (2)	Câmara Câmara	Pneú. Pneu. (2)	Dimensiones (3)			
				Simple Simple (Kg)	Gelhado Gelado (Kg)	PSI				Ø Int. (mm)	Ø Ext. (mm)	Prof. (mm)	
185/65 R 22.5 KZA1 Tubeless	160J	J	18	7180	-	100	11.75			379	534	3260	14.9
	168L			7640	-	110							
185/65 R 22.5 2 Tubeless	160J		18	8100	-	115	11.75			379	536	3270	16.3
	168L			8570	-	125							
				9000	-	130							
				8500	-	125							



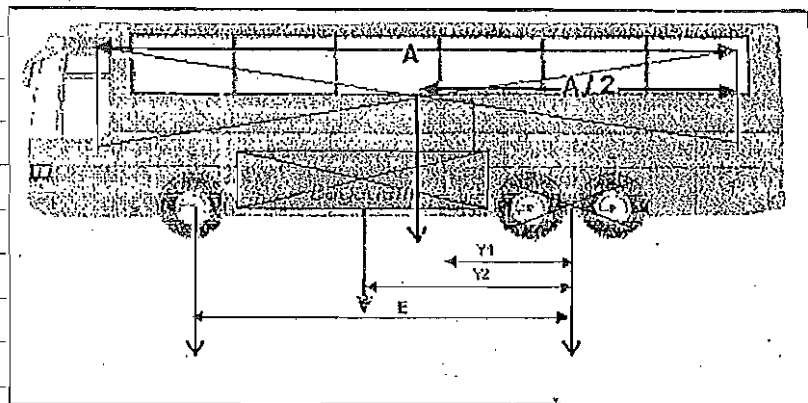
MAURÍCIO SANTOS



Veículo : B12 R
 Odômetro : 1.704
 Placa/Frota : GSW 8994

385	385			Psi Mín. acons
XFA1	XFA1			125
295	295	295	295	
XZE2	XZE2	XZE2	XZE2	115
385			385	
			XFA1	125

REALIZADO REPARTIÇÃO DE CARGA PARA DETERMINAÇÃO PRESSÕES POR EIXO CONFORME:



Alinhamento: OK Psi: OK

↑↑
 ↑↓
 ↓↓

E. D. = 6.000 kg	E. TRK. = 8.500 kg	E Semi-Reb. = 8500kg
Pr.rec. = 125 psi	Pr.Rec. = 115 psi	Pr.rec. = 125 psi
Escult. = XFA1	XZE2	XFA1

Veículo :
 Odômetro :
 Placa GSW8992

				Psi Mín. acons

Alinhamento: OK Psi: OK

↑↑
 ↑↓
 ↓↓

- Legenda:
- Divergência
 - Convergência
 - Eixo Corrido
 - Pressões Altas
 - Pressões Desequilibradas
 - Pressões Baixas

PLATE	REGISTRATION	CLASSIFICATION	VEHICLE TYPE	VEHICLE MAKE	VEHICLE MODEL	VEHICLE YEAR	VEHICLE COLOR	VEHICLE WEIGHT	VEHICLE LENGTH	VEHICLE WIDTH	VEHICLE HEIGHT	VEHICLE VALUE	VEHICLE TYPE	VEHICLE MAKE	VEHICLE MODEL	VEHICLE YEAR	VEHICLE COLOR	VEHICLE WEIGHT	VEHICLE LENGTH	VEHICLE WIDTH	VEHICLE HEIGHT	VEHICLE VALUE	
72																							

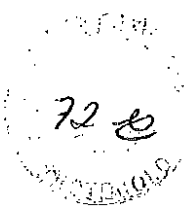
A
B
X
R

SCANIA ADMISIVEL 70000
SUPER SINDE = 17000

SCANIA CIKO DIATIFU
7500

SCANIA CHASSI
ADMISIVEL

Handwritten signature and notes





Relatório Técnico do Sr. : Maurício Santos

TC: 123

Filial Michelin : Belo Horizonte

Telefone : (31) 99780003

Ao (s) Sr (a/s) : WANDER PARDINE SALIBRA

Empresa : BRASIL WAY

Visita efetuada em : 27/09/04

73
PROTÓCOLO

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRODUTOS MICHELIN

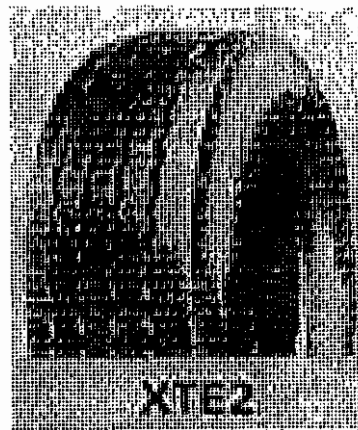
PNEUS 385/65 R 22,5 XTE2 PR 18

ESTES PNEUS FORAM DESENVOLVIDOS PARA EIXOS PORTADORES, ATENDENDO AOS MAIS VARIADOS TIPOS DE TRAJETOS LONGOS E MEDIOS PERCURSOS POR RODOVIAS.

Capacidade de carga por pneu : 4250 Km - 120 Km/h
4500 Km - 100 Km/h

CARACTERÍSTICAS:

- Sulcos longitudinais retilíneos;
- Ombros altamente resistentes ao arraste lateral;
- Alta capacidade de carga;
- Excelente aderência longitudinal e lateral;
- Excelente recapabilidade.



Atenciosamente,

MAURÍCIO SANTOS

RC 123



Maurício José dos Santos
Responsável Conta
Pneus de Carga - Mercado Reposição Brasil

Av. João César de Oliveira, 1.298 - Sala 901 - Eldorado
32.310-000 - Contagem/MG - Brasil
Tel.: 0800900490 - Cel.: 31-9978-0003
E-mail: mauricio.santos@br.michelin.com



		SITUAÇÃO: 12-04-80 Nº 138 DE 1980-7-2000 AN DO 06/1981 1400 IN LEVANDO FOMEN 1980		12-04-80 17-04-80 11-05-80 14-05-80		12-04-80 17-04-80 11-05-80 14-05-80		12-04-80 17-04-80 11-05-80 14-05-80	
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--

NO PNEU SINGO
 A SERRA SERRA
 com a TONALIDADE

SINGO
 PENAL



Relatório Técnico do Sr. : Maurício Santos

TC: 123

Filial Michelin : Belo Horizonte

Telefone : (31) 99780003

Ao (s) Sr (a/s) : **WANDER P. SALIBA**

Empresa : **BRASIL WAY TRANSPORTADORA TURÍSTICA LTDA** Visita efetuada em : 17/11/04

750
123

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRODUTOS MICHELIN
COMPARATIVO PNEUS MICHELIN 295/80 R 22,5 x 385/65 R 22,5

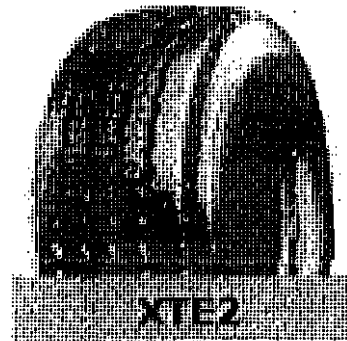
PNEUS 385/65 R 22,5 XTE2 PR 18 TL 160 J

ESTES PNEUS FORAM DESENVOLVIDOS PARA EIXOS PORTADORES.

Capacidade de carga por pneu :

Montagem simples: 4.250Kg (8.500Kg por eixo - 120Km/h)

Montagem simples: 4.500Kg (9.000Kg por eixo - 100Km/h)



PNEUS 295/80 R 22,5 XZE2

ESTES PNEUS FORAM DESENVOLVIDOS PARA TODOS OS EIXOS.

Capacidade de carga por pneu :

Montagem simples: 3.550Kg (7.100Kg por eixo)

Montagem geminados: 3150Kg (12.600 Kg por eixo)



Atenciosamente,

MAURÍCIO SANTOS



Relatório Técnico do Sr. : Maurício Santos

TC : 123

Filial Michelin : Belo Horizonte

Telefone : (31) 99780003

Ao (s) Sr (a/s) : **WANDER P. SALIBA**

Empresa : **BRASIL WAY TRANSPORTORA TURISTICA LTDA**

Visita efetuada em : 05/11/04



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRODUTOS MICHELIN

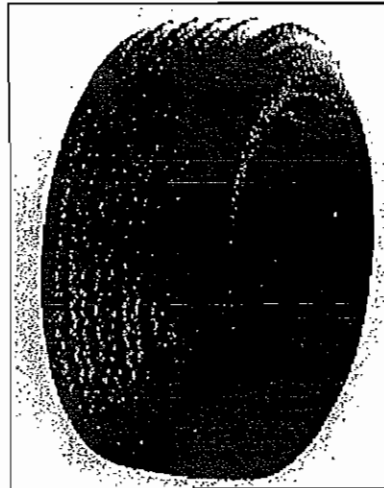
PNEUS 385/65 R 22,5 XTE2 PR 18 TL 160 J

ESTES PNEUS FORAM DESENVOLVIDOS PARA EIXOS PORTADORES, ATENDENDO AOS MAIS VARIADOS TIPOS DE TRAJETOS LONGOS E MEDIOS PERCURSOS POR RODOVIAS.

Capacidade de carga por pneu : 4250 Kg - 120 Km/h
4500 Kg - 100 Km/h

CARACTERÍSTICAS / BENEFÍCIOS :

Sulcos longitudinais retillneos;
Ombros altamente resistentes ao arraste lateral;
Alta capacidade de carga;
Excelente aderência longitudinal e lateral;
Excelente recapabilidade.
Redução de necessidade de rodízio.
Escultura com composto resistente a agressões



Atenciosamente,

MAURÍCIO SANTOS

RC 123

Brasília , 26 de fevereiro de 2010.

Prezados Senhores,

Conselheiros da Câmara Temática de Assuntos Veiculares

Referência : Legislação de peso para veículos de transporte coletivo de passageiros.

Vimos através desta solicitar a análise e encaminhamento para aprovação de duas sugestões para adequação ao tema da legislação de peso para veículos de transporte coletivo de passageiros que seguem:

1 – Permissão de forma definitiva para utilização de pneus extralargos, 385/65 R 22,5 , em veículos de transportes coletivos de forma definitiva no terceiro eixo e no eixo direcional.

2 – Aumentar a capacidade admissível em 5% do peso bruto por eixo , por conjunto de eixos e o peso total , quando o veículo de transporte coletivo de passageiros for dotado de suspensão a ar.

A seguir apresentamos as razões e motivos que nos levam a sugerir esta implementação na legislação brasileira.

Atenciosamente,



Cláudio Roberto Nielson
Busscar Ônibus S. A .
cm@busscar.com.br
(47) 3441-1153
(47) 9943-2980

Motivos

Ao longo do tempo a ciência e a evolução tecnológica, em especial nos últimos 50 anos, tem dado saltos e crescimentos que talvez o próprio homem não previa ou não acreditava.

Hoje vemos nos veículos automotores a incorporação deste conhecimento e saber adquirido aplicado nos automóveis, motos, ônibus, caminhões etc ...

Voltando no tempo 25 ou 30 anos, quando falávamos em ar-condicionado para os veículos de transporte coletivo intermunicipal era coisa raríssima e considerada até utopia propor este tipo de serviço no nosso país, assim como falar em leis de emissões também soava no mínimo estranho naquele momento.

Além destas duas características citadas anteriormente hoje não existe mais nenhum tipo de questionamento com relação aos aspectos citados, sejam por questões mercadológicas, exigências do cliente em função da concorrência, ou por força de lei nas questões ambientais necessária ao bom e salutar desenvolvimento da nação.

Além destes poderíamos citar outras questões como a segurança veicular, conforto, entretenimento, acessibilidade e outros.

Listamos abaixo uma série de modificações que acabaram mudando o perfil dos veículos para transporte coletivo de passageiros:

- Lei de emissões Euro III, IV, V;
- Freios ABS;
- Controle de estabilidade, ESP;
- Normas e itens de segurança ativa e passiva, tais como cinto de segurança, roll over test, etc ...
- Retarders;
- Ar condicionado e seu respectivo isolamento do veículo quando instalado;
- sistemas de entretenimento, vídeo, música com multicanais;
- Acesso à internet a bordo;
- Calefação;
- Veículos acessíveis às pessoas com necessidades especiais;
- Suspensão a ar;
- Toalete a bordo;
- etc...

Bem, sabemos que as tecnologias de materiais e engenharia também evoluíram possibilitando projetos mais confiáveis e que possibilitassem a redução de peso de diversos componentes. Mas no balanço final, no acrescentar características técnicas novas versus a otimização e redução dos projetos, ainda existe um acréscimo de peso nos veículos de transporte coletivo de passageiros.

Além do Brasil, outras nações também vem sendo afetadas pelos mesmos efeitos e como um exemplo, citamos a Europa que vem trabalhando e discutindo este tema de peso agora em especial pela questão de acessibilidade e estes itens que vem agregando alterações e conseqüentemente adicionando peso aos veículos. Esta questão envolveu na Europa 36 países que participam da chamada "comunidade européia" que levou à formação do comitê chamado COST 349 (<http://www.cost.esf.org>), para discutir as questões de acessibilidade e seus reflexos na questão de peso, onde sugerem a revisão e aumento dos atuais limites de peso dos ônibus;

Na nossa proposta não chegamos a tanto, simplesmente estamos sugerindo a aplicação e uso daquilo que já foi comprovado e utilizado inclusive em outros países.

Temos total ciência de que qualquer proposta não pode ser olhada somente pelo ângulo de vista do fabricante dos produtos e não considerar a questão da especificação e capacidade admissível do pavimento da malha rodoviária brasileira que vem sendo construída através de um longo tempo.

Para a proposta número 1 – **Permissão de forma definitiva para utilização de pneus extralargos, 385/65 R 22,5, em veículos de transporte coletivos de forma definitiva no terceiro eixo e no eixo direcional, tecemos as seguintes considerações:**

Este tipo de pneu já está em utilização no Brasil para os veículos de transporte de carga, mas para o transporte coletivo de passageiros somente em um regime especial, por um tempo limitado de dois anos sendo necessária a renovação.

Neste caso não há nenhum tipo de dano que poderia causar as rodovias visto que já rodam nas rodovias Brasileiras este tipo de pneu regularmente nos caminhões.

Os pneus extralargos são utilizados em países como os da Comunidade Européia, Estados Unidos, Brasil para transporte de carga e no Mercosul na Argentina (anexo 1).

No **anexo 1**, para ajudar na busca nos textos da legislação Argentina destacamos:

As informações estão referidas nos seguintes itens (normalmente referem-se a "*cubiertas superanchas*")

Decreto 779/95:

- Item 2.4

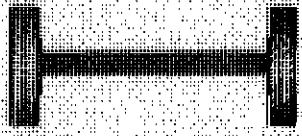

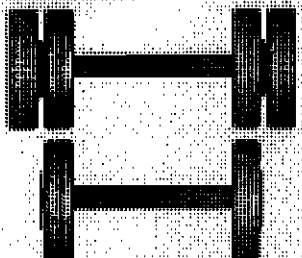
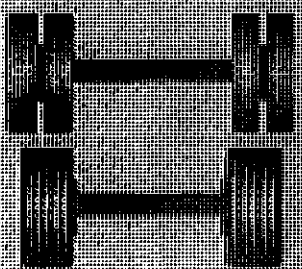
Resolución 497/94:

Decreto 79/98:

- Item 2.4 - Ajuste ao Decreto 779/95, permitindo o uso também no eixo direcional.

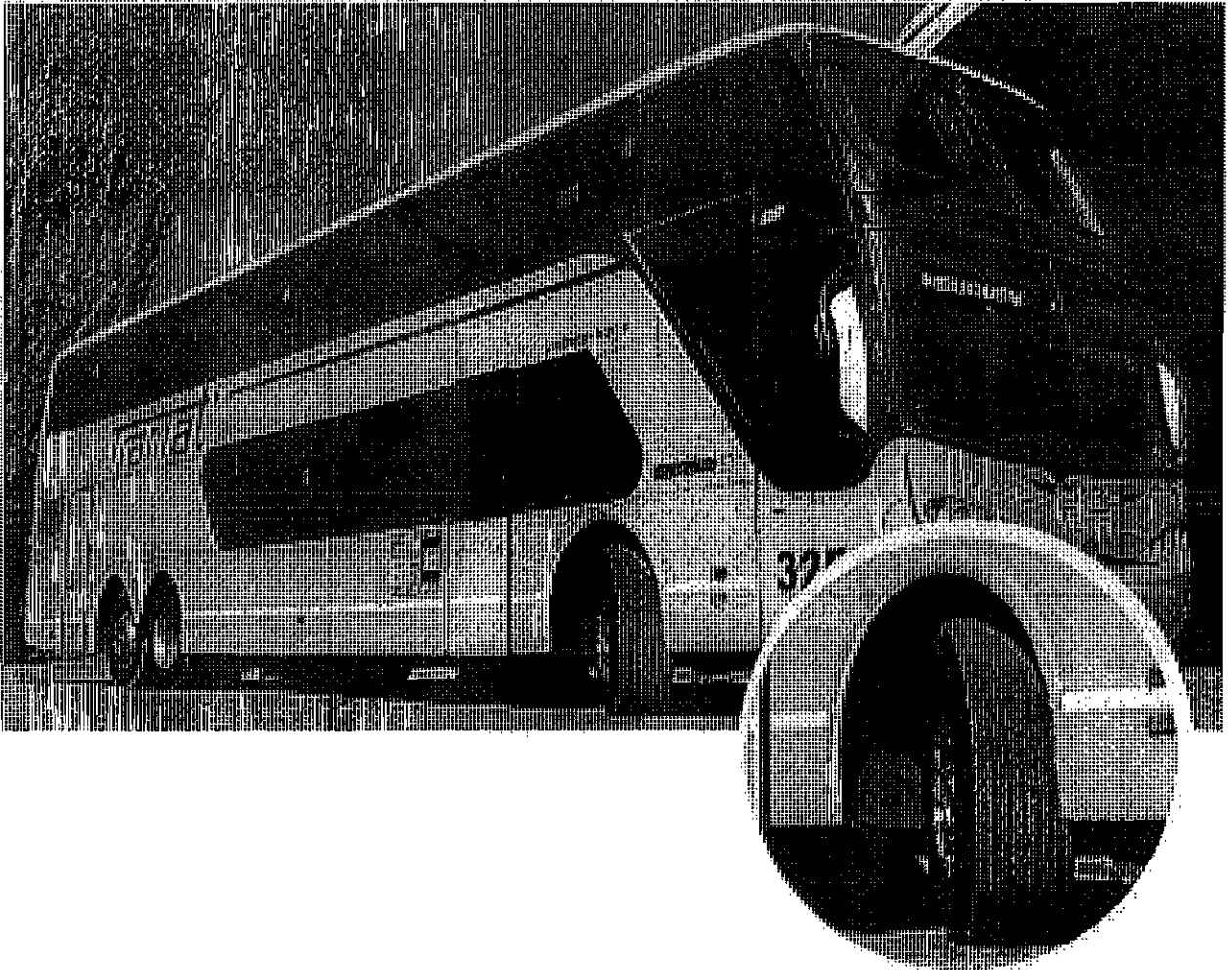
Quando produzimos ônibus destinados à Argentina, alguns fabricantes de chassi já nos entregam os mesmos com este tipo de pneu nos eixos direcional e terceiro eixo. Em outros casos, é homologado pelo fabricante e são trocados pelo cliente final.

Caso aprovado, chagaríamos nos seguintes incrementos de capacidade:

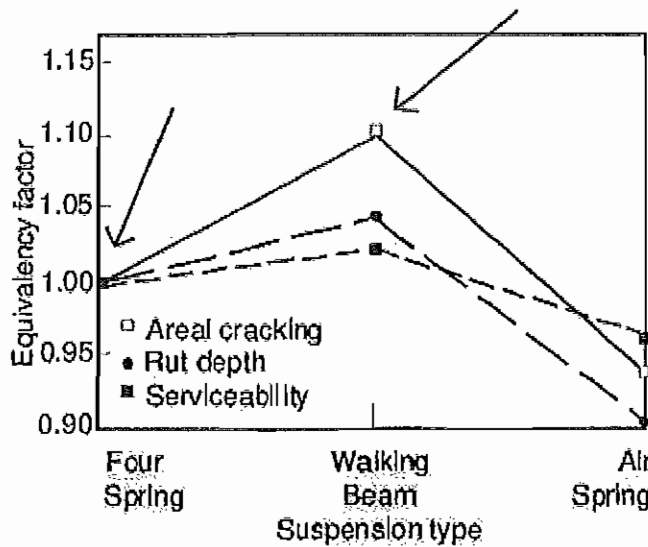
Eixo / Conjunto de eixos	Configuração	Peso máximo admitido (toneladas)	Proposta
	Eixo simples com rodas simples	8	
	Eixo simples com rodas duplas	8	500kg/rodas
	Tandem duplo de eixos, um com rodas duplas e outro com rodas simples - 1,20 x 1,40m	13,5	
	Tandem duplo de eixos, um com rodas duplas e outro com rodas extras - 1,20 x 1,40m	18	500kg/rodas

Desta forma um veículo para transporte de passageiros com 6X2 poderia sair do peso bruto veicular atual de (6+13,5) 19,5 toneladas até (8+16) 24 toneladas sem prejudicar o pavimento das nossas estradas.

Segue foto do veículo que transita no nosso país vizinho com esta configuração proposta, veículos estes que também transitam nas nossas estradas brasileiras quando turismo ou linhas internacionais.



Para a proposta número 2 – Aumentar a capacidade admissível em 5% do peso bruto por eixo, por conjunto de eixos e o peso total, quando o veículo de transporte coletivo de passageiros for dotado de suspensão a ar.



(c)

Fig. 48 The effect of suspension type on simulated tire forces and flexible pavement damage. From O'Connell et al [165].

Segue no **anexo 2**, parte dos estudos científicos produzidos pelo Dr. Davis Cebon do departamento de engenharia mecânica da Universidade de Cambridge, e publicado nos anais do congresso do SAE em 1993, que desenvolveu um estudo sobre a interação do tráfego de veículos pesados e seu impacto nas rodovias. O trabalho completo pode-se verificar facilmente hoje na internet.

Como podemos observar, no gráfico indicado pelas setas, temos o fator de equivalência de dano à fadiga causado ao piso quando comparamos os

tipos de suspensão distintas, sendo o fator índice 1 o feixe de molas convencional (four spring), índice 1,10 para a suspensão tipo tandem (walking beam) e índice 0,95 para a suspensão a ar (Air Spring).

No anexo 2 está mais enriquecido de informação de como se chegaram a estas conclusões.

Pelo que entendemos, é em função destes tipos de estudos, que comprovam que a suspensão pneumática, ou conhecida também como suspensão a ar, causa menos danos no pavimento considerando-se as mesmas condições de carga e velocidade. Na comunidade econômica européia admite-se um peso veicular maior para os casos em que o mesmo tenha suspensão a ar. Segue no **anexo 3**, cópia da legislação européia e neste caso, ela não fala em percentuais mas em um exemplo que está no anexo 3, vemos o PBT admissível de uma composição de 18 ton, e se tiver à suspensão pneumática, o limite sobe para 19 ton. Este incremento representa aproximadamente 5%, que é compatível com os índices citados anteriormente no trabalho do Dr Davis Cebon.

Segue o exemplo copiado da Directiva 96/53/CE DO CONSELHO, de 25 de Julho de 1996 do anexo 3, diretiva européia.

3.5.3. for igual ou superior a 1,3 m e inferior a 1,8 m ($1,3 \text{ m} < d < 1,8 \text{ m}$)

< 18 t


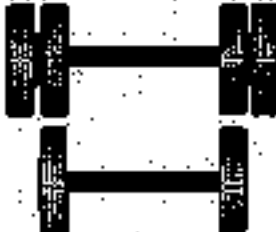

< 19 t

se o eixo motor estiver equipado com pneus duplos e com suspensão pneumática ou reconhecida como equivalente a alve comunitário, tal como definido no anexo II, ou se cada eixo motor estiver equipado com pneus duplos e o peso máximo de cada eixo não ultrapassar 9,5 toneladas

Neste mesmo diapasão, segue no **anexo 4**, a legislação Argentina, o qual reproduzimos abaixo:

2.6. Para el caso de vehiculos destinados al transporte de pasajeros y carga, dotados de suspensión neumática o equivalente, los pesos máximos por eje o conjunto, se incrementarán un CINCO POR CIENTO (5%) sobre los fijados en la Ley;

Ambas as legislações, tanto européia e Argentina, já incorporaram os benefícios do avanço da tecnologia das suspensões a ar. Conforme previamente comprovado pelos estudos científicos que as suspensões a ar podem ter 5% a mais de carga e equivalentes as suspensões metálicas, causando um mesmo dano acumulado à fadiga do piso mesmo com a carga adicional de 5%, ou seja, uma vez aprovada esta proposta não estaríamos prejudicando as nossas rodovias brasileiras, simplesmente seriam iguais as suspensões metálicas.

Eixo / Conjunto de eixos	Configuração	Peso máximo admistível (toneladas) suspensão metálica	Situação Nova Peso máximo admistível (toneladas) suspensão Ar
	Eixo simples com rodas simples	6	6,3
	Tandem duplo de eixos, um com rodas duplas e outro com rodas simples - $1,20 < d < 2,40\text{m}$	13,5	14,175
	Eixo simples com roda dupla	10	10,5

Em um veículo típico 4X2, temos hoje limites de (6+10) 16 toneladas, podendo chega-se a (6,3+10,5) 16,8 toneladas sem causar dano adicional ao piso.

Para a tolerância, a sugestão é manter em 5% para todos os casos.

Agradecemos a atenção e oportunidade para expor a proposta e argumentos de forma bastante resumida, em função do tempo limitado.

Nos colocamos a disposição,

Atenciosamente,

Cláudio R Nielson
Busscar Ônibus, S. A.

26/02/2010

Anexo 01

Legislação Argentina para Pneu Extralargo

Decreto 497 / 94

Decreto 779 / 95 – Item 2.4

Decreto 79 / 98 – Item 2.4

MIN. OBRAS
Nº 000012
Protocolo

Secretaría de Transporte
TRANSPORTE AUTOMOTOR
Resolución 497/94

Apruébanse normas para la utilización de las cubiertas superanchas.

Bs. As., 30/12/94

VISTO el expediente Nº 558-001827/94 del MINISTERIO DE ECONOMÍA Y OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS y lo dispuso por el Decreto Nº 279 del 24 de enero de 1992 y

CONSIDERANDO:

Que resulta imprescindible adecuar las normas vigentes conforme a los adelantos de la ciencia y la técnica.

Que las cubiertas superanchas (o de base ancha), se utilizan desde hace varios años en los países de la Comunidad Económica Europea, también en los ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA y recientemente ha sido reglamentado su empleo en la REPÚBLICA FEDERATIVA DEL BRASIL.

Que el uso de estos neumáticos permite disminuir la altura del centro de gravedad de la carga transportada y admite además el emplazamiento de nuevos sistemas de suspensión lo que mejora sensiblemente la estabilidad del vehículo.

Que el montaje de las cubiertas permite disminuir la tara de los vehículos y por otra parte se ha comprobado que disminuye el consumo de combustible.

Que de acuerdo a la experiencia recogida con relación al uso de la infraestructura vial, el consumo de pavimento resultante del uso de estas cubiertas es similar al que resulta de la utilización de DOS (2) cubiertas convencionales pero resulta aún más favorable con la incorporación del sistema de suspensión neumática.

Por ello,

EL SECRETARIO DE TRANSPORTE

RESUELVE:

Artículo 1º - Apruébanse las normas para la utilización de las cubiertas superanchas que se incluyen a continuación:

a) La utilización de cubiertas superanchas (denominadas también de base amplia), se permite a los vehículos equipados con suspensión neumática y que hayan sido diseñados originalmente con ese tipo de neumáticos. Toda adaptación o modificación del diseño original de fábrica deberá hacerse bajo responsabilidad y con expresa autorización del fabricante no admitiéndose ningún otro tipo de certificación.

b) Las cubiertas autorizadas son las que se detallan a continuación:

DENOMINACION

DESIGNACION MILIMETRICA

385/65 R 22,5

425/65 R 22,5

445/65 R 22,5

DESIGNACION EN PULGADAS

15 R 22,5

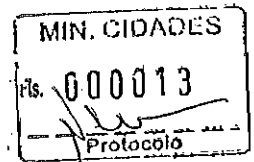
16,5 R 22,5

18 R 22,5

c) Las cubiertas superanchas podrán ser utilizadas en ejes remolcados (de rodadura libre) y no en ejes de tracción (eje motor).

d) Son aplicables para los vehículos con cubiertas superanchas además de todas las normas vigentes sobre pesos máximos y tolerancias permitidos para todos los vehículos en general, las siguientes condiciones:

e) En conjunto (ejes de ejes (ejes)) no podrá superar los DIECISEIS MIL (16.000) kilogramos de peso total ni los OCHO MIL (8.000) kilogramos en cada uno de los ejes que conforman el conjunto.



d.2) EL conjunto triple de ejes no podrá superar los VEINTICUATRO MIL (24.000) kilogramos ni los OCHO MIL (8.000) kilogramos en cada uno de los ejes que componen el conjunto.

e) El empleo de cubiertas superanchas en el eje delantero se limita exclusivamente a la maquinaria especial y a los vehículos especiales que por su constitución y tarea específica, deban desplazarse necesariamente con pesos superiores al establecido para el eje simple de ruedas simples, en cuyo caso deberán gestionar para su tránsito por Rutas nacionales, la autorización pertinente en la DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD, que fijará las condiciones de acuerdo al peso y cubierta autorizada.

Art. 2° - Las disposiciones de la presente resolución regirán a partir de su publicación en el Boletín Oficial.

Art. 3° - Comuníquese, publíquese, dése a la Dirección Nacional del Registro Oficial y archívese. - Edmundo Del Valle Soría.