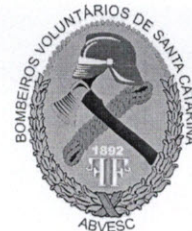




# ASSOCIAÇÃO DE SERVIÇOS SOCIAIS VOLUNTÁRIOS DE ASCURRA-APIUNA-RODEIO



Ascurra, 04 de julho de 2017.

Of.34/2017

Ao Departamento de Licitações  
Prefeitura de Rodeio

Prezados Senhores

O Corpo de Bombeiros Voluntários da União, congrega os municípios de Ascurra, Apiúna, Rodeio e da cobertura à aproximadamente 30 quilômetros da Br 470, assistindo as localidades em atendimento Pré-Hospitalar, resgate veicular, combate a incêndio além de outras atividades inerentes ao mesmo, atendendo área total de 734km<sup>2</sup> e população de 29.052 habitantes, sem contar os que passam pela BR 470 diariamente, todos de forma gratuita.

Em virtude da maioria do território que atendemos ser formado por áreas de interior, cercado por montanhas e com estradas não pavimentadas, encontramos dificuldades em chegar em alguns locais para atendimento emergencial, além dos danos estruturais que frequentemente acometem nossas ambulâncias.

Buscamos apoio técnico junto ao Eng<sup>o</sup> André Lucas Merini e ao Eng<sup>o</sup> Prof<sup>o</sup> Dr. Lauro Cesar Nicolazzi da Universidade Federal de Santa Catarina, que conforme pareceres anexos, evidenciaram que veículos com tração 4 x 4 serão mais eficazes no desempenho de nossos atendimentos emergenciais e em segundo lugar com relação a eficácia o melhor é com tração traseira. Aclaro que possuímos veículos de tração dianteira e veículos com tração traseira, sendo que os com tração traseira, facilitam as manobras de retorno, aja vista que necessitam de menor espaço, apresentam maior eficácia em deslocamentos para locais com acive acentuado em estradas não pavimentadas, além de não apresentarem com tanta facilidade danos como rachaduras no baú.

Diante dos fatos acima expostos e dos laudos em anexo, solicitamos que seja explicito no processo licitatório que o veículo a ser adquirido deve ser um furgão com tração 4 x 4 ou no mínimo tração traseira.

Respeitosamente.

Jaime Junior Moser  
Comandante  
(47) 988237488 / 3383 1059

---

**“A sua confiança em nós e a nossa em Deus”**

Fundada em 05 de setembro de 2.001 – CNPJ n.º 04.754.806/0001-26 – IE - Isento  
Declarado de Utilidade Pública Municipal Lei n.º 0.873 de 13 de novembro de 2.001  
Inscrito no CMAS Conselho Municipal de Assistência Social sob n.º 003 de 05 de dezembro de 2.001  
Declarado de Utilidade Pública Estadual Lei n.º 12763 de 24 de novembro de 2.003  
Qualificada como OSCIP no processo MJ n.º 08071.001395/2005-59  
BR 470 km 90,5 n.º 2080 – Bairro Estação - Ascurra – Santa Catarina - Brasil  
CEP 89138-000 Fone 47 3383-1059

## **Parecer técnico – configuração de veículo para resgate com análise focal no sistema de tração**

O Corpo de Bombeiros Voluntários de União atende três municípios, sendo eles:

Ascurra: possui uma área de 119 km<sup>2</sup> e está situado no Médio Vale do Itajaí e a uma altitude de 88 metros acima do nível do mar.

Apiúna: possui uma área de 494 km<sup>2</sup> e está a 87 metros acima do nível do mar.

Rodeio: possui uma área de 128 km<sup>2</sup> e está a 106m acima do nível do mar.

O relevo destes municípios é constituído de superfícies planas, onduladas e montanhosas, estas por sua vez chegando a quase 1000 metros de altitude. Quanto a hidrografia são banhados pela Bacia do Rio Itajaí-Açu, sendo este o seu principal rio e apresenta vários afluentes ao longo dos três municípios.

Esta região é muito afetada pelas águas durante enchentes, o que também dificulta o trabalho dos bombeiros pelo acesso dificultoso com caminhões e automóveis. Em 2008 tive a oportunidade de auxiliar voluntariamente nos resgates com meu veículo 4x4 (tração nas quatro rodas) e pude presenciar a dificuldade de acesso e demora no resgate que a corporação enfrentou. Sem contar que nos anos seguintes situações similares ocorreram até os dias atuais.

Em concordância com o parecer técnico do Prof Dr. Eng. Lauro Cesar Nicolazzi, o mesmo indica que o desempenho de veículos com tração integral (4x4) é favorável ao tipo de configuração necessária para veículos de resgate, estando como segunda opção os de tração traseira e por última opção os de tração dianteira. Configurações de tração integral ou no mínimo tração traseira são as mais indicadas para o tipo de estradas e relevos que contemplam estes três municípios, bem como para satisfazer o desempenho requerido em situações de emergência. É sabido que um veículo de emergência não pode ficar atolado ou impossibilitado de chegar à um

local de elevada altitude pela definição incorreta da configuração de tração.

Além do sistema de tração, existem vários aspectos que devem ser levados em conta para definir o melhor modelo, como por exemplo autonomia, dimensões, custo de manutenção, etc, porém o objetivo deste parecer é contextualizar os aspectos geográficos da região e sua correlação com o sistema de tração.

Este parecer tomou como referência bibliográfica o site institucional de cada município e o parecer técnico do Prof. Lauro Cesar Nicolazzi:

- <http://www.rodeio.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/55388>

- <http://www.apiuna.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/21277#.WVvI9TYv4Z>

- <http://www.ascurra.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/35397#.WVvJBoTyv4Z>

- Parecer Técnico – 01/2017 (Prof. Dr. Lauro Cesar Nicolazzi – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina.



**André Lucas Merini.**

Engenheiro Mecânico – CREA-SC: 120594-0-SC

CPF: 007.531.239-59

RG: 4.772.984

Ascurra, 04 de julho de 2017



## PARECER TÉCNICO – 01/2017

**Solicitante:** Associação de Serviços Sociais Voluntários de Ascurra-Apiuna-Rodeio

**Objeto:** Comparação do desempenho de veículos com diversos *layouts* de tração

### 1 Introdução

O presente **Parecer Técnico** é referente à comparação do desempenho de veículos tração dianteira, traseira e integral (nas quatro rodas) de forma a dar subsídios para a escolha do *layout* de tração mais adequado para veículos de emergência.

Para esse desenvolvimento o parecer está organizado da seguinte forma:

- Identificação do Perito;
- Descrição da metodologia empregada na análise;
- Conclusões e parecer técnico.

### 2 Identificação do Perito

O Presente relatório foi desenvolvido pelo Eng. Mecânico, M. Eng., Dr. Eng., Lauro Cesar Nicolazzi, professor associado do curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, CPF 290.706-510-04, CREA 007770-6, endereço comercial Depto. de Eng. Mecânica - CTC, Campus Universitário da Trindade - Florianópolis SC - CP 476, CEP 88040-900, fones (48) 3721-9267 e (48) 9952-0453.

### 3 Metodologia de análise

#### 3.1 Introdução

Esse estudo tem fundamental importância na seleção do *layout* de tração (dianteira, traseira ou integral) mais adequado para os veículos de emergência ao considerar o revelo extremamente acidentado do solo, em especial do estado de Santa Catarina, uma vez que a atuação de grupos de socorro em situações de emergência não se restringe a locais planos e secos e sim aos mais variados tipos de terreno nas mais variadas condições climáticas. Também é de fundamental importância ao considerar que todos os veículos de emergências, ao deslocar para ocorrências, não permanecem com velocidade constante, e sim, desaceleram e aceleram diversas vezes durante o trajeto.

Para isso, é necessária uma análise mais aprofundada na física envolvida das forças atuantes em um veículo parado ou em movimento. Este estudo não tem por objetivo o



desenvolvimento de fórmulas complexas e sim a apresentação de uma formulação simples sobre o ponto de vista físico da dinâmica veicular, porém uma breve introdução ao modelamento matemático da mecânica do movimento de veículos de rodas é fundamental para instrumentar adequadamente o parecer do perito.

Um veículo de rodas ao se movimentar sofre ações do meio na forma de resistências ao movimento (que são forças), das quais as mais importantes para essa análise são:

- $Q_s$  - Resistência de aclave (devido às rampas das vias);
- $Q_r$  - Resistência de rolamento dos pneus;
- $Q_i$  - Resistência de inércia (devido às massas em translação e rotação);
- $Q_a$  - Resistência aerodinâmica (devido ao escoamento do ar sobre a superfície do veículo).

Essas resistências, em função do seu ponto de atuação, afetam a carga normal das rodas ao solo de cada eixo quando o veículo se movimenta e, conseqüentemente, limitam a capacidade do veículo vencer aclives e acelerar. Isso ocorre para qualquer *layout* de tração, porém há diferenças significativas entre o desempenho de veículos com tração dianteira, traseira e a integral (nas quatro rodas), como será mostrado no que segue.

Vale salientar que toda a modelagem apresentada aqui é desenvolvida em detalhes na disciplina Veículos Automotores que é ministrado no curso de graduação em Engenharia Mecânica há cerca de quarenta anos, bem como utilizado para análise do desempenho de vários veículos comerciais nacionais, como por exemplo, o Jipe Stark da TAC fabricado em Joinville, com excelentes resultados quando comparados com dados experimentais obtidos em campo.

### 3.2 Modelo matemático

Primeiramente, afirmo que é de importância fundamental o posicionamento do centro de gravidade do veículo, pois é nele que agem as forças de inércia e as resistências ao movimento. Na Figura 1 é mostrada a posição do ponto denominado de Centro de Gravidade (CG) de um veículo, bem como as grandezas que definem a localização desse ponto. Nessa figura o veículo está parado no plano horizontal, sendo que as forças indicadas nas regiões do contato dos pneus com o solo,  $R_{ot}$  e  $R_{or}$ , são denominadas de reações estáticas.

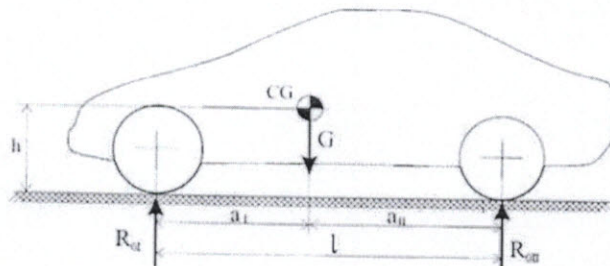


Figura 1: Definição da localização do centro de gravidade de um veículo de dois eixos.



Das condições de equilíbrio estático do modelo mostrado na Figura 1 é possível escrever que:

$$a_I = \frac{R_{0II}}{G} l = x l$$

e

$$a_{II} = (1 - x) l$$

Sendo:

$G$  – o peso do veículo;

$x = R_{0II}/G$  – Parcela de carga sobre o eixo traseiro;

$l$  – distância entre os eixos dianteiro e traseiro;

$a_I$  – distância do CG ao eixo dianteiro;

$a_{II}$  – distância do eixo traseiro ao CG.

O modelo diagramático de um veículo parado em uma rampa é mostrado na Figura 2. Na Figura 3 é mostrado o modelo diagramático do veículo em movimento em uma rampa, com algumas das resistências ao movimento agindo.

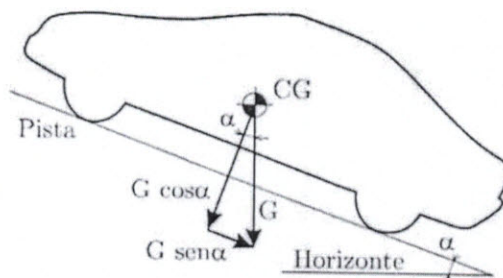


Figura 2: Veículo se deslocando em uma pista com ângulo de aclave  $\alpha$ .

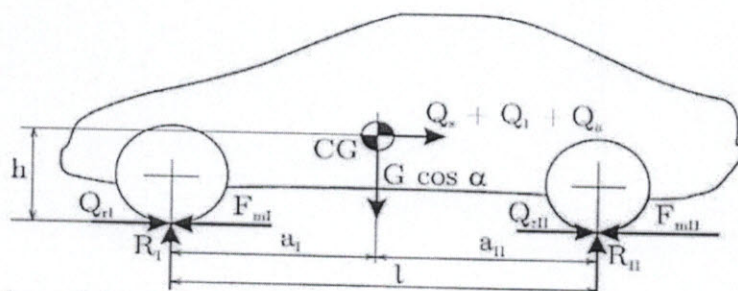
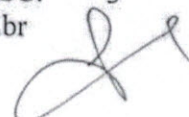


Figura 3: Veículo se deslocando com algumas resistências ao movimento agindo.

Aplicando as equações de equilíbrio para o modelo diagramático mostrado na Figura 3, chega-se a expressões que permitem calcular as forças normais ao solo  $R_I$  e  $R_{II}$ , ou reações dinâmicas, dos eixos dianteiro e traseiro, como segue:





$$R_I = (1 - x) G \cos \alpha - (Q_a + Q_I + Q_s) \frac{h}{l}$$

$$R_{II} = x G \cos \alpha + (Q_a + Q_I + Q_s) \frac{h}{l}$$

sendo:

$G$  – peso do veículo;

$\alpha$  – ângulo da inclinação da pista;

$Q_a$ ,  $Q_I$  e  $Q_s$  – Resistências ao movimento;

$h$  – altura do centro de gravidade em relação ao solo;

$l$  – distância entre eixos;

$F_m$  – força motriz;

$F_{mI}$  e  $F_{mII}$  – força motriz no eixo dianteiro e no traseiro, respectivamente;

$Q_{rI}$  e  $Q_{rII}$  – resistência ao rolamento dos pneus dianteiros e traseiros, respectivamente.

Com essas equações bem como com a lei de atrito de Coulomb é possível escrever que o acive máximo que um veículo com tração dianteira pode vencer é dado por:

$$\tan \alpha_{max} = \mu \left[ \frac{(1 - x) + f \left( \frac{h}{l} \right)}{1 + \mu \left( \frac{h}{l} \right)} \right] - f$$

enquanto que para um veículo com tração traseira é dado por:

$$\tan \alpha_{max} = \mu \left[ \frac{x - f \left( \frac{h}{l} \right)}{1 - \mu \left( \frac{h}{l} \right)} \right] - f$$

e para um veículo de tração integral:

$$\tan \alpha_{max} = \mu - f$$

Usando os conceitos para desenvolver as últimas equações, porém com um ponto de vista de capacidade de arrancada, a aceleração máxima que um veículo com tração dianteira pode desenvolver, desconsiderando a resistência aerodinâmica (pois as maiores acelerações possíveis só ocorrem em baixa velocidade na qual a resistência do ar é insignificante), é dada por:

$$a_{max} = g \left[ \frac{\mu(1 - x) - f}{1 + \mu \left( \frac{h}{l} \right)} \right]$$



para veículos com tração traseira é dada por:

$$a_{max} = g \left[ \frac{\mu x - f}{1 - \mu \left( \frac{h}{l} \right)} \right]$$

e, para um veículo de tração integral, por:

$$a_{max} = g(\mu - f)$$

### 3.3 Estudo de caso

Considerando o modelo matemático proposto para o desempenho de veículos de tração dianteira, tração traseira e integral, tomando os valores mostrados na Tabela 1 como de um veículo de referência, os valores obtidos para aclives máximos e acelerações máximas são mostrados na Tabela 2.

| Grandezas                           |       | Veículo |
|-------------------------------------|-------|---------|
| Distribuição de carga               | $x$   | 0,5     |
| Distância entre eixos               | $l$   | 2,8 m   |
| Altura do CG                        | $h$   | 0,66 m  |
| Peso do veículo                     | $G$   | 16503 N |
| Coefficiente de atrito de rolamento | $f$   | 0,015   |
| Coefficiente de atrito              | $\mu$ | 0,85    |

Tabela 1: Características do chassi e dos pneus de um veículo de referência.

| Condição de movimento   | Grandeza                              | Tipo de tração |          |          |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------|----------|----------|
|                         |                                       | Dianteira      | Traseira | Integral |
| Veículo parado no plano | $R_{oi}$ [N]                          | 8256           | 8256     | 8256     |
|                         | $R_{oii}$ [N]                         | 8252           | 8252     | 8252     |
| Veículo se deslocando   | $R_i$ [N]                             | 6783           | 5924     | 4584     |
|                         | $R_{ii}$ [N]                          | 9720           | 10579    | 11919    |
|                         | Aclive máximo $\alpha$ (°)            | 18,5           | 27,9     | 39,9     |
|                         | Aceleração máxima [m/s <sup>2</sup> ] | 3,3            | 5,2      | 8,2      |

Tabela 2: Resultados do desempenho do veículo.

Observando a Tabela 2, verifica-se que as reações normais aos eixos do veículo parado, ou seja,  $R_{oi}$  e  $R_{oii}$  são iguais, em função da posição do CG ser no meio da distância entre eixos. Nessa mesma tabela, para o veículo em movimento e transmitindo a maior força possível ao chão, as reações estáticas  $R_{oi}$  e  $R_{oii}$  se transformam nas reações dinâmicas  $R_i$  e  $R_{ii}$ , sendo que essas últimas têm a sua intensidade dependente do *layout* de tração. Observando os resultados para as reações dinâmicas,  $R_i$  e  $R_{ii}$ , nota-se que as mesmas se reduzem na frente e aumentam na traseira para quaisquer uns dos *layouts* de tração. Observa-se também, nesses resultados, que o aumento da reação





traseira cresce do veículo com tração dianteira para o veículo com tração traseira, sendo o maior aumento de todos para o veículo com tração integral. Isso implica que os veículos com **tração traseira e integral** conseguem subir aclives cerca de 50% maiores do que o veículo de **tração dianteira**. Para o caso da aceleração no plano, a vantagem é de cerca de cerca de 57%, como pode ser observado na tabela.

## 4 Conclusões e parecer técnico

Considerando os resultados acima expostos, posso afirmar com segurança que desempenho dos veículos com os *layouts* analisados em termos da aclave pode ser classificado de acordo com o escore mostrado na Tabela 3.

| Classificação | Layout de tração | Aclave em relação ao veículo de tração |          |          |
|---------------|------------------|--|----------|----------|
|               |                  | Dianteira                              | Traseira | Integral |
| 1º lugar      | Integral         | 115%                                   | 41%      | x        |
| 2º lugar      | Traseira         | 50,1%                                  | x        | -43%     |
| 3º lugar      | Dianteira        | x                                      | -50%     | 116%     |

Tabela 3: Resultados relativos do desempenho dos veículos em aclave máximo.

Para o caso de aceleração os resultados relativos são mostrados na Tabela 4.

| Classificação | Layout de tração | Aceleração em relação ao veículo de tração |          |          |
|---------------|------------------|--|----------|----------|
|               |                  | Dianteira                                  | Traseira | Integral |
| 1º lugar      | Integral         | 148%                                       | 57,6%    | x        |
| 2º lugar      | Traseira         | 57,6%                                      | x        | -57,7%   |
| 3º lugar      | Dianteira        | x  | -57,7%   | -148,5%  |

Tabela 4: Resultados relativos do desempenho dos veículos em aceleração máxima.

Com essa análise e estendendo o raciocínio para o desempenho do veículo em pistas com baixo coeficiente de atrito e/ou com grandes aclives, afirmo que o veículo mais adequado para as condições de uso em emergências é o com tração integral, enquanto que o menos recomendável é o com tração dianteira, visto que esse último tem no máximo 50% (cinquenta por cento) do desempenho dos demais veículos em situações limites, na quais os veículos de emergência são normalmente usados.

Vale salientar que os veículos com tração integral normalmente são mais caros e, em função do peso maior e do sistema de transmissão, consomem mais combustível. Desta forma os veículos com tração traseira são a melhor opção para a maioria das aplicações em emergências, sendo reservado a opção de tração integral para os casos de pistas extremamente mal conservadas ou aplicações fora de estrada.

**Prof. Lauro Cesar Nicolazzi, Dr. Eng., M. Eng.**  
CREA SC S1 007770-6