

$$\eta = \frac{0,75}{0,75} = 1$$

No estudo de caso proposto, o fator de arrasto efetivo representa 100% ($\eta = 1$) do atrito disponível na pista, $\mu = 0,75$.

A pergunta que se deve fazer, agora, é: “A velocidade angular inicial do veículo no movimento de rototranslação era significativa ao ponto de gerar uma energia cinética rotacional que não poderia ser desprezada?”.

A energia cinética rotacional inicial é considerada “significativa” quando for mais que 10% da energia cinética total, conforme Rose ^[51].

Uma das formas de verificar esta possibilidade, é utilizar a relação “ d/θ ” entre o deslocamento do centro de gravidade dividido pela rotação em torno do eixo vertical de guinada Z do veículo. Se esta relação for menor que 0,042 m/graus, ou seja, de menos que 15 m percorridos a cada 360 graus, conforme Erickson ^[52], devemos ajustar o fator de arrasto efetivo. Uma opção, estando as rodas bloqueadas, é a utilização dos resultados da **figura 2.50**.

No presente caso temos uma relação de “ d/θ ” superior a 0,042, ou seja, não é necessário realizar nenhum ajuste nesse caso:

$$\frac{d}{\theta} = \frac{43,20 \text{ m}}{139,5^\circ} = 0,3096 \text{ m/graus}$$

De fato, a **figura 2.50** indica que a relação $\eta = f_e/\mu$ é próxima de 100%.

2.2.4.6 Metodologia proposta por Marquard ^{[58][59]}

O algoritmo CRASH 3 ^{[59][60]} possui um módulo chamado de *SPIN2 – Trajectory Analysis*, para cálculos de deslocamentos de veículos após uma colisão. No caso de colisões não-centrais, onde o veículo desloca-se após a colisão com um movimento de rototranslação, este módulo utiliza-se de um refinamento desenvolvido por McHenry ^{[59][60]} da metodologia proposta por Marquard ^[58]. A metodologia de Marquard permite o cálculo das velocidades equivalente à energia cinética translacional e rotacional de um veículo dotado de quatro rodas, imediatamente após uma colisão, utilizando-se dos deslocamentos linear do centro de gravidade e angular do veículo ao longo do movimento de rototranslação, considerando os efeitos da energia cinética rotacional. Esta proposta considera que as VEECs translacional e rotacional ocorrem com uma desaceleração intermitente, conforme as fases ou orientações do

desconsiderada. Lembrando que a energia cinética rotacional inicial é considerada “significativa” quando for mais que 10% da energia cinética total, conforme Rose ^[51]. Uma das formas de verificar esta possibilidade é utilizar a relação entre o deslocamento do centro de gravidade, d , por rotação em torno do eixo vertical de guinada Z do veículo, θ , ou seja, “ d/θ ”. Se esta relação for menor que **0,042 m/graus**, ou menos que 15 m percorridos a cada 360 graus de rotação, conforme Erickson ^[52], devemos fazer algum tipo de ajuste no fator de arrasto efetivo. No presente caso tem-se o seguinte valor para a relação “ d/θ ”:

$$\frac{d}{\theta} = \frac{8,2 \text{ m}}{362^\circ} = 0,0226 \text{ m/graus ou } 8,79 \text{ m a cada } 360 \text{ graus}$$

O resultado é um forte indicativo de que, sim, será necessário fazer um ajuste no fator de arrasto efetivo para utilizar **equação 2.47**, que é utilizada pelas metodologias propostas por Daily e Fricke, ou seja, o fator de arrasto efetivo será menor que 0,78.

Utilizando a metodologia proposta por Marquard, que considera a energia cinética rotacional nos cálculos, obtemos, para as rodas do veículo bloqueadas, ou seja, com $\Theta = 1$:

a) Cálculo do *path ratio* (PR):

$$PR = \frac{\theta \cdot w \cdot b}{2d} \quad (2.73)$$

$$PR = \frac{(6,3179 \text{ rad}) (2,51 \text{ m})}{2 (8,20 \text{ m})} = 0,9669$$

b) Cálculo da taxa η_{ROT}^{nn} :

Como $PR < 1,50$ então $\eta_{ROT} = 0,78 PR - 0,16 PR^2$:

$$\eta_{ROT} = 0,78 (0,9669) - 0,16 (0,9669)^2 = 0,6046$$

c) Cálculo da taxa η_{TRA}^{oo} :

Como $PR < 1,50$ então $\eta_{TRA} = 1,00 - 0,10 PR - 0,28 PR^2$:

$$\eta_{TRA} = 1,00 - 0,10 (0,9669) - 0,28 (0,9669)^2 = 0,6417$$

ⁿⁿ $\eta_{ROT} = f_{ROT}/\mu$

^{oo} $\eta_{TRA} = f_e/\mu$