

# METODOLOGIAS PARA CÁLCULO DE VELOCIDADES EM ACIDENTES DE TRÂNSITO COM MOTOCICLETAS

**Wilson Toresan Junior**

Perito Criminal

wilson-toresan@igp.rs.gov.br

Instituto Geral de Perícias – SSP/RS

*Resumo. Metodologias para cálculo de velocidades de veículos automotores têm sido desenvolvidas, apresentando diferentes graus de dificuldades de acordo com as variáveis envolvidas e a confiabilidade requerida. Quando se trata de acidentes de trânsito envolvendo motocicletas, as dificuldades técnicas aumentam. O presente trabalho apresenta aquelas metodologias para cálculo de velocidade de motocicletas existentes na bibliografia e que possuem maior aceitação entre os reconstrucionistas de acidentes de trânsito. O objetivo é indicar que existem técnicas científicas que podem ser aplicadas nas mais diversas situações envolvendo motocicletas e discutir estas técnicas. Pode-se concluir que os resultados obtidos, quando são analisados de forma criteriosa, são próximos àqueles que ocorrem em casos reais.*

*Palavras-chave: motocicleta, cálculo de velocidade, metodologias.*

## 1. INTRODUÇÃO

A determinação da velocidade de um veículo automotor, envolvido em um acidente de trânsito, auxilia na demonstração da dinâmica do evento.

Metodologias para cálculo de velocidades de veículos automotores têm sido desenvolvidas, apresentando diferentes graus de dificuldades de acordo com as variáveis envolvidas e a confiabilidade requerida. Quando se trata de acidentes de trânsito envolvendo motocicletas, as dificuldades técnicas aumentam, a bibliografia e os dados experimentais disponíveis são mais escassos, as informações necessárias nem sempre estão disponíveis na quantidade e diversidade necessária e as técnicas e metodologias aplicadas, em locais de acidente, possuem detalhes característicos da dinâmica de movimento particular para motocicletas.

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o assunto, analisar as metodologias desenvolvidas e ver aplicações reais em acidentes de trânsito envolvendo motocicletas.

## 2. METODOLOGIAS PARA CÁLCULO DE VELOCIDADE<sup>2,3</sup>

A velocidade de um veículo é um fator preponderante nas análises e discussões sobre a causa de acidentes de trânsito. O questionamento do valor da velocidade é um fato constante na aplicação da Justiça

A escolha dos procedimentos técnicos e da metodologia adotados para o registro dos elementos presentes no local do evento, deve estar relacionados diretamente com os fundamentos científicos que serão utilizados para o processamento posterior dos dados levantados. Os princípios físicos mais comuns utilizados no processamento dos dados, levantados em locais de acidentes de trânsito, para o cálculo de velocidades de veículos, são predominantemente baseados nos Princípios da Mecânica Newtoniana para Corpos Rígidos e, mais atualmente, na Mecânica dos Corpos Deformáveis, seja de forma analítica ou computacional. Bancos de dados com valores experimentais sobre o comportamento de motocicletas em situações que simulam as variáveis presentes em acidentes, embora ainda escassos, começam a aumentar tanto em quantidade, quanto em qualidade

As metodologias utilizadas para acidentes de trânsito envolvendo motocicletas são, em sua maioria, semelhantes àquelas utilizadas para automóveis, apresentando variações,

devido às características construtivas e da cinemática particular que as motocicletas possuem.

A seguir são apresentadas algumas das técnicas utilizadas e consagradas no meio forense internacional, tanto teoricamente, quanto experimentalmente, para cálculo de velocidade de motocicletas participantes de acidentes de trânsito.

## 2.1. CÁLCULO DA VELOCIDADE BASEADO NAS MARCAS DE FRENAGEM<sup>1,2,4,5</sup>

Um veículo equipado com um sistema de freios convencionais, durante uma situação de desaceleração de emergência, produzirá marcas de frenagem sobre a pista.

Conhecendo o comprimento das marcas de frenagem ( $d$ ) e usando um coeficiente de atrito médio ( $\mu$ ) “adequado” para a pista, o exame pericial pode determinar a quantidade de Energia Cinética transformada em Trabalho durante o processo de desaceleração.

O resultado é a obtenção da tradicional fórmula para cálculo de velocidade ( $v$ ), também conhecida como equação de Torricelli:

$$v_f^2 = v_i^2 - 2 \times a \times d \quad (1)$$

onde “ $a$ ” é a desaceleração do veículo no processo de frenagem; “ $v_f^2$  e  $v_i^2$ ” são as velocidades após e antes do processo de desaceleração e “ $d$ ” é a distância medida de desaceleração (marcas de frenagem).

A desaceleração ( $a$ ) é calculada como:

$$a = f \times g \quad (2)$$

onde “ $f$ ” é o fator de arrasto e “ $g$ ” é a aceleração devido ao campo gravitacional.

O fator de arrasto é função do coeficiente de atrito ( $\mu$ ) entre o pneu do veículo e da inclinação ( $G$ ) da pista onde o processo de desaceleração por frenagem ocorre, ou seja:

$$f = \mu \pm G \quad (3)$$

A determinação do coeficiente de atrito ocorre de forma experimental com a utilização de acelerômetros, *drag sleds* ou, mais diretamente, medindo-se a velocidade do veículo com radares e o comprimento das marcas de frenagem produzidas. Valores tabelados para os mais diversos tipos de veículos e de pavimentos também podem ser encontrados na literatura de acidentes de trânsito.

Para motocicletas, por serem veículos com duas rodas, a determinação do coeficiente de atrito dependerá, além das tradicionais variáveis utilizadas na análise de desaceleração, do número de rodas “comprovadamente” desaceleradas, uma vez que os sistemas de freio dianteiro e traseiro são independentes.

Assim como no caso dos automóveis, os valores serão diferentes entre os modelos de motocicletas existentes. O ideal seria a realização de testes experimentais para cada modelo. Não sendo possível, recorre-se aos valores tabelados que apresentam-se em faixas.

A bibliografia existente indica que a descrição da marca de frenagem é importante, pois pode-se determinar se um ou ambos os pneus derraparam. As considerações são relativas a pavimento asfáltico, em nível e seco. Uma marca em linha reta e muito estreita indicaria que a roda traseira estava derrapando com a roda dianteira desacelerando, neste caso a desaceleração seria de 0,5g a 0,8g. Uma marca senoidal ou reta, larga, indicaria que apenas a roda traseira estava derrapando, com uma desaceleração de 0,3g. a 0,5g. Uma marca larga, variando sua largura, provavelmente só o pneu dianteiro freando e com uma desaceleração de 0,7g.

Considerando-se um pavimento asfáltico e seco, a menor desaceleração é obtida quando constata-se que apenas as rodas traseiras frenaram, com um coeficiente de atrito não inferior a 0,3. A maior desaceleração obtém-se com as duas rodas simultaneamente freando: superior 0,8g para o cotidiano.

Desconhecendo-se as em que condições as rodas desaceleraram, o coeficiente de atrito poderá localizar-se em qualquer valor entre 0,3 e 0,8, para pavimento asfáltico e seco.

Não se pode deixar de comentar que podem ocorrer desacelerações sem produzir marcas, utilizando-se das condições ótimas do sistema de frenagem ou, ainda, o freio motor.

A opinião deste autor é que deve-se ter sempre muita cautela no momento da decisão de quais as rodas realmente frenaram. Existem trabalhos que contestam a criação regras para determinar quais rodas efetivamente desaceleraram, indicando a utilização, sempre que possível, das condições mais próximas da situação real analisada e a manutenção de resultados conservadores.

## 2.2. ANÁLISE DO PONTEIRO DO VELOCÍMETRO<sup>6</sup>

Em acidentes de trânsito é relativamente comum, após eventos de colisão envolvendo veículos automotores, inclusive motocicletas, encontrar o ponteiro do velocímetro trancado e registrando uma determinada velocidade diferente de zero. Então, de forma precipitada e sem argumentos técnicos, a primeira idéia que surge é que aquela velocidade registrada e perpetuada seria a que o veículo possuía no momento da colisão.

Em busca de opiniões de especialistas internacionais e de referências bibliográficas a respeito do assunto, pode-se constatar que a convicção formada pelos peritos e estudiosos é de que o registro permanente do ponteiro do velocímetro, após uma colisão envolvendo veículos automotores, deve ser desconsiderada, por não haver comprovação científica da proporcionalidade existente entre a velocidade real e a registrada pelo velocímetro do veículo.

## 2.3. CÁLCULO DA VELOCIDADE BASEADO NAS MARCAS DE ESTRIAS E SULCAGENS<sup>1,2,7</sup>

A dinâmica de acidentes de trânsito de natureza grave com motocicletas, necessariamente envolve o tombamento destas, pelas suas características construtivas. A motocicleta percorrerá uma determinada distância sobre suas estruturas laterais, produzindo estrias e sulcagens sobre o pavimento, dependendo do tipo de colisão, da velocidade desenvolvida e do tipo de pavimento, após tombar. De forma análoga a metodologia usada para cálculos baseados no comprimento de marcas de frenagem, a desaceleração da motocicleta arrastando-se sobre as suas estruturas laterais no pavimento da via, pode ser calculada utilizando-se da equação (1) de Torriceli. A diferença ocorrerá nos valores utilizados para o coeficiente de atrito. A bibliografia indica que para superfícies mais rígidas como asfalto e concreto a desaceleração estará na faixa de 0,35g a 0,75g, enquanto que para superfícies não rígidas como superfícies arenosas e com gramíneas estará na faixa de 0,65g a 1,05g.

A caracterização das marcas produzidas pelo arrasto da estrutura lateral da motocicleta pode ajudar a identificar em que posição das faixas de desaceleração deve-se trabalhar nos cálculos. A presença de sulcagens contínuas e mais profundas no pavimento e de grandes deformações estruturais na motocicleta são indicativos de uma desaceleração maior, enquanto que marcas mais superficiais, intermitentes são indicativos de uma menor desaceleração.

## 2.4. CÁLCULO DA VELOCIDADE BASEADO NA PROJEÇÃO DO CONDUTOR<sup>8</sup>

Utiliza-se o conhecido método de Searle, amplamente aplicado em acidentes de trânsito do tipo atropelamento. A faixa de velocidades de projeção do motociclista pode ser calculada pelas equações 4 e 5:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \mu \cdot d}{1 + \mu^2}} \quad (4)$$

a

$$v_{\max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \mu \cdot d} \quad (5)$$

onde:

$\mu$  é o coeficiente de atrito entre o condutor da motocicleta projetado e o pavimento da via (Searle<sup>8</sup> sugere utilizar 0,66 para asfalto seco e 0,79 para superfície de gramíneas).

## 2.5. CÁLCULO DA VELOCIDADE BASEADO NO PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR<sup>1,9</sup>

O Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento Linear (PCQML) é utilizado para o cálculo das velocidades dos veículos no momento da colisão.

A quantidade de movimento linear  $\vec{L}$  de um corpo é uma grandeza vetorial expressa como:

$$\vec{L} = m \times \vec{v}_G \quad (6)$$

onde  $m$  é um escalar positivo que representa a massa do corpo e  $\vec{v}_G$  é o vetor velocidade do centro de gravidade do corpo. O vetor  $\vec{L}$  tem a mesma direção e sentido do vetor  $\vec{v}_G$ .

O PCQML é expresso da forma;

$$\vec{L}_{\text{inicial}} = \vec{L}_{\text{final}} \quad (7)$$

Para dois veículos constituídos de massas  $m_1$  e  $m_2$ , com os centros de gravidade animados de velocidades  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ , antes da colisão, e velocidades  $\vec{u}_1$  e  $\vec{u}_2$ , após a colisão, tem-se a seguinte equação através do PCQML:

$$m_1 \times \vec{v}_1 + m_2 \times \vec{v}_2 = m_1 \times \vec{u}_1 + m_2 \times \vec{u}_2 \quad (8)$$

Para colisão entre uma motocicleta e um automóvel, pode-se fazer algumas alterações na equação 8:

$$m_1 \times \vec{v}_1 + (m_2 + m_3) \times \vec{v}_2 = m_1 \times \vec{u}_1 + m_2 \times \vec{u}_2 + m_3 \times \vec{u}_3 \quad (9)$$

onde  $m_3$  e  $\vec{u}_3$  são a massa do condutor da motocicleta e a velocidade, após a colisão do condutor.

Considerando-se a direção inicial do veículo 1 (automóvel) como sendo o referencial (zero graus), pode-se, após algum algebrismo, chegar as seguintes equações:

$$v_2 = \frac{m_1 \times u_1 \times \text{sen}(\theta) + m_2 \times u_2 \times \text{sen}(\phi) + m_3 \times u_3 \times \text{sen}(\gamma)}{(m_2 + m_3) \times \text{sen}(\psi)} \quad (10)$$

$$v_1 = \frac{m_2 \times u_2 \times \text{cos}(\phi) + m_3 \times u_3 \times \text{cos}(\gamma) - (m_2 + m_3) \times v_2 \times \text{cos}(\psi)}{m_1} + u_1 \times \text{cos}(\theta) \quad (11)$$

onde:

$\theta$  é o ângulo de saída do automóvel.

$\psi$  é o ângulo de entrada da motocicleta

$\phi$  é o ângulo de saída da motocicleta

$\gamma$  é o ângulo de saída do condutor

## 2.6. CÁLCULO DA VELOCIDADE BASEADO NA ROTAÇÃO DE CARRO COLIDIDO EM SUA LATERAL<sup>1,10</sup>

Em teoria se quantificarmos quanto um veículo, que estava parado ou em baixa velocidade, rotacionou devido a uma colisão excêntrica (a linha de ação da força não passa pelo centro de gravidade) com uma motocicleta, poderemos calcular a velocidade da motocicleta necessária para provocar esta rotação.

Optou-se, por simplicidade de aplicação, pelo método de linearização da quantidade de movimento angular. A equação 12 fornece:

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 = m_1 \cdot \vec{u}_1 + m_2^{\text{ef}} \cdot \vec{u}_2 \quad (12)$$

onde:

$\vec{v}_1$  é a velocidade da motocicleta antes da colisão;

$\bar{u}_1$  e  $\bar{u}_2$  são as velocidades da motocicleta e do automóvel, respectivamente, após a colisão;

$m_1$  é a massa da motocicleta;

$m_2^{ef}$  é a massa efetiva do veículo colidido, ou seja, aquela que efetivamente resistiu ao movimento (normalmente é um percentual da massa total do automóvel).

O módulo da velocidade  $\bar{u}_2$  pode ser calculada pela equação 13:

$$u_2 = 4,3 \cdot \sqrt{\mu \cdot R \cdot \alpha} \quad (13)$$

onde:

R é a distância entre os eixos do automóvel;

$\alpha$  é o ângulo de giro sofrido pelo automóvel após a colisão.

## 2.7. CÁLCULO DA VELOCIDADE BASEADO NAS DEFORMAÇÕES PRESENTES NA MOTOCICLETA<sup>1,2,9,11,12</sup>

Outro importante método para se estimar a velocidade de impacto de uma motocicleta em barreiras rígidas ou em veículos automotores é aquele que utiliza a comparação entre a redução das distâncias entre os eixos das rodas constatadas no acidente de trânsito e as obtidas em *crash tests* de motocicletas. Os resultados obtidos estabelecem que existe uma relação aproximadamente linear entre a velocidade de impacto da motocicleta e o valor de redução da distância entre os eixos das rodas. Os valores não teriam uma variação significativa em função do peso da motocicleta e do setor impactado do automóvel. Esta relação é expressa pela equação 14:

$$v = A \cdot \frac{5}{3} + 5 \quad (14)$$

onde:

v é a velocidade de impacto da motocicleta (Km/h);

A é o valor da redução entre os eixos das rodas da motocicleta (cm).

Destaca-se que a fórmula é apenas uma “boa” aproximação e deve ser aplicada em condições similares às obtidas nos *crash tests*, ou seja, os aspectos construtivos da motocicleta devem ser similares, que o objeto colidido está parado ou em velocidade reduzida, que a direção da colisão entre os veículos deverá estar próxima a perpendicularidade e que os valores de redução entre os eixos das rodas deve estar na faixa de valores de 12cm a 33cm.

Os bancos de dados disponíveis podem ser encontrados na bibliografia referenciada.

## 2.8. CÁLCULO DA VELOCIDADE BASEADO NAS DEFORMAÇÕES PRESENTES EM AUTOMÓVEIS COLIDIDOS POR MOTOCICLETAS<sup>11,13,14</sup>

Existem trabalhos e bancos de dados que contém resultados de *crash tests* de colisões entre motocicletas e automóveis. Estes resultados podem ser úteis para se determinar a velocidade de colisão de um motocicleta em outro veículo, desde que as características da colisão sejam as mesmas ou, pelo menos, semelhantes às aquelas que foram utilizadas no *crash test*, ou seja, modelo da motocicleta e automóvel, localização das colisões nos veículos e deformações medidas. Embora a quantidade de dados disponíveis não exista na mesma proporção que aquela para automóveis, já é possível encontrar, em alguns trabalhos, resultados úteis para acidentes de trânsito envolvendo colisões entre motocicletas e automóveis.

## 2.9. CÁLCULO DA VELOCIDADE – ACIDENTE EM CURVAS E TOMBAMENTO

Diferentemente de automóveis, motocicletas, raramente produzem marcas centrífugas significantes, pois necessitam de tração nas duas rodas para manter a estabilidade direcional em uma curva. Sem tração a roda começará a percorrer um raio

maior e diminuirá a força lateral, imediatamente tombando. Importante salientar que existem casos de acidentes envolvendo tombamento de motocicletas onde o pneu dianteiro ou o traseiro podem produzir marcas de arrasto no pavimento semelhantes à marcas centrífugas (*washout*), devido à natureza construtiva deste veículo, entretanto são vestígios de perda de estabilidade e, normalmente, são antecedidos por marcas de frenagem que alargam-se no fim e são seguidos de marcas de sulcagens e/ou estrias.

Nas motocicletas ainda há uma segunda limitação, e muito mais comum de ocorrer em acidentes de trânsito, isto é, o limite do ângulo de inclinação (*lean angle*) que pode ser utilizado pelo condutor da motocicleta, que pode ser calculado pela equação 15:

$$v = \sqrt{9,81 \cdot R \cdot \tan(90 - \beta)} \quad (15)$$

onde

R é o raio da trajetória curva;

$\beta$  é o ângulo de inclinação.

Cada motocicleta possui sua limitação, que se baseia em suas características construtivas e estes valores, embora semelhantes, devem ser estudados e pesquisados para cada caso<sup>15</sup>.

### 3. ANÁLISE DE CASOS – CÁLCULOS DE VELOCIDADES

**Exemplo 1 (CÁLCULO DA VELOCIDADE BASEADO NAS DEFORMAÇÕES PRESENTES NA MOTOCICLETA):** O veículo Ford Escort tentou efetuar manobra de retorno sem devida atenção ao fluxo de veículos, fazendo com que o veículo motocicleta Honda, que vinha no sentido Porto Alegre – Viamão, colidisse frontalmente na porta traseira esquerda do veículo Ford Escort..

Local:

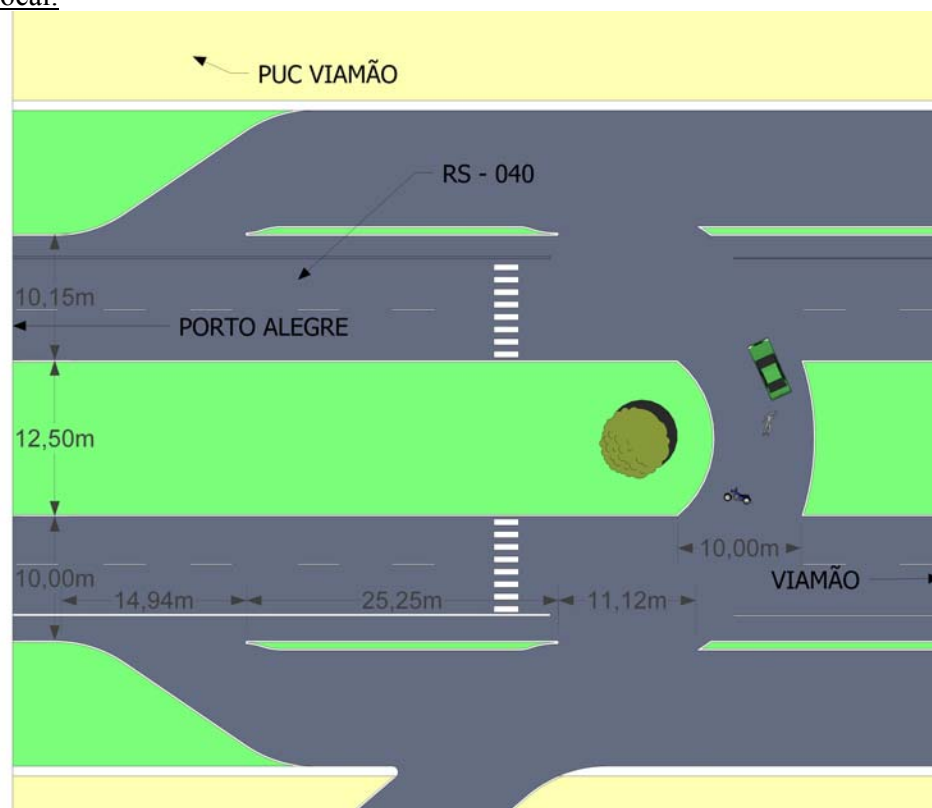


Figura 1. Levantamento do local do acidente.

Dados:

Motocicleta da marca Honda, modelo CG Titan 125;  
Automóvel da marca Ford, modelo Escort 1.6;  
Redução na distância entre os eixos das rodas da motocicleta: 30cm;  
Cálculo da velocidade de impacto da motocicleta (eq. 14): 55 Km/h.

Fotografias dos veículos:



Figura 2. Automóvel Ford Escort.



Figura 3. Motocicleta Honda.

**Exemplo 2 (CÁLCULO DA VELOCIDADE BASEADO NAS MARCAS DE FRENAGEM E DE ARRASTO):** Trata-se de um acidente de trânsito do tipo atropelamento. A motocicleta deslocava-se no sentido bairro-centro, quando atingiu com o setor anterior esquerdo a vítima que realizava a travessia da pista. O condutor da motocicleta acionou o sistema de frenagem, porém não conseguiu evitar o atropelamento. Em seqüência o motocicleta tombou sobre a lateral esquerda, produzindo marcas de arrasto sobre o pavimento.

Dados:

Motocicleta da marca Honda, modelo CBX 250;  
Marcas de frenagem: 7,0m  
Marcas de arrasto: 21,5m

Local:

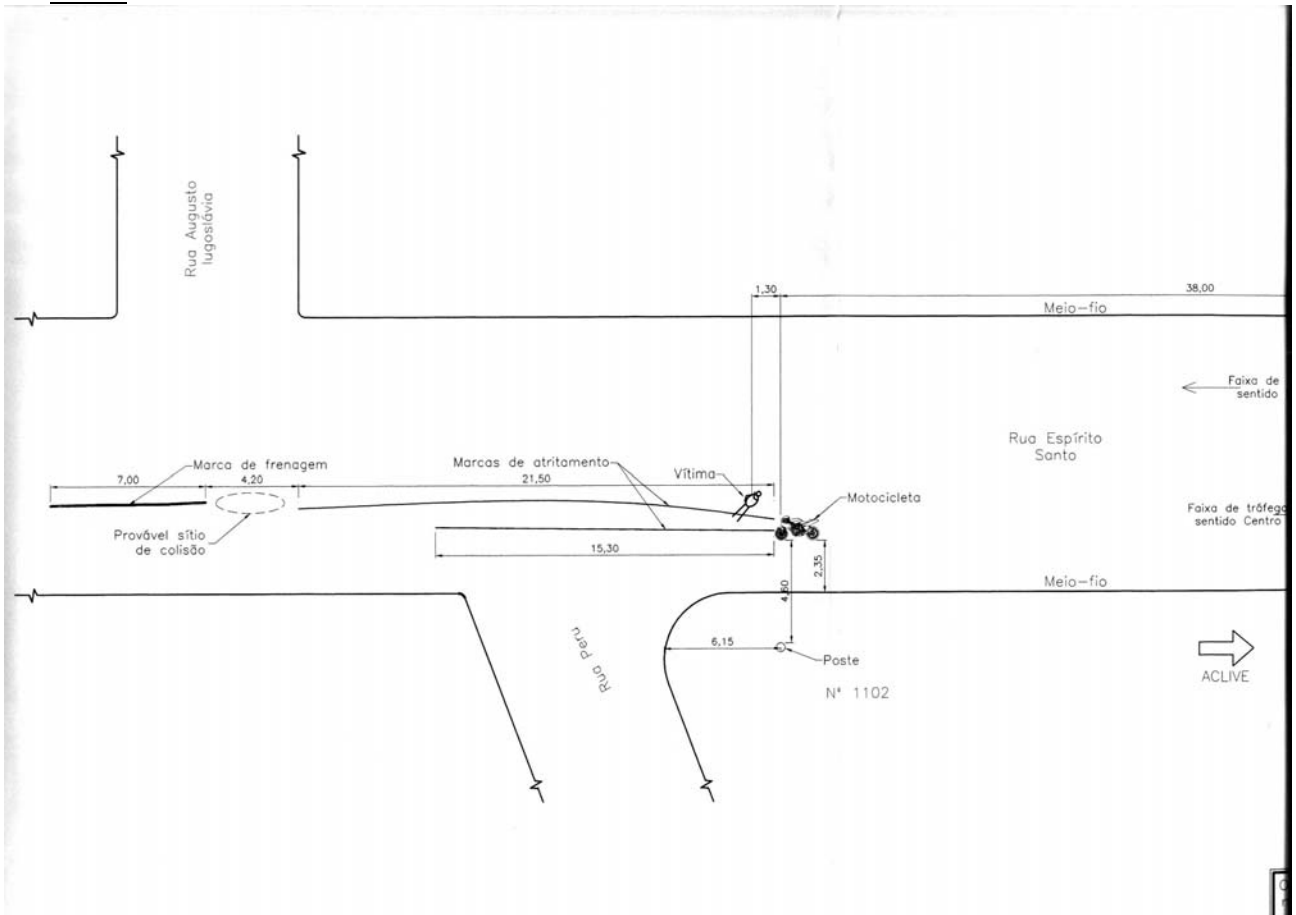


Figura 4. Levantamento do local.

Fotografias:



Figura 5. Fotografias das marcas de frenagem e do arrasto.





Figura 6. Fotografia da motocicleta.

#### Cálculos de velocidades realizados:

Velocidade devido às marcas de frenagem (eq.1):

$$v = 23,0\text{Km/h a } 29,8\text{Km/h}$$

A marca de frenagem produzida possui características que nos levam a inferir que apenas a roda dianteira travou, ou seja, é uma marca larga, inicialmente em linha reta, finalizando em curva. Por este motivo optou-se por um coeficiente de atrito de 0,3 a 0,5.

Velocidade devido às marcas de arrasto produzidas no asfalto (eq. 1):

$$v = 43,7\text{Km/h a } 64\text{Km/h}$$

Aplicando a eq.1 para realizar a soma das duas faixas velocidades, tem-se:

$$v = 49,4\text{Km/h a } 70,6\text{Km/h}$$

#### **4. DISCUSSÃO FINAL**

A pesquisa de acidentes de trânsito envolvendo motocicletas não possui a mesma quantidade de dados e trabalhos publicados quanto aquela existente para automóveis.

O presente trabalho apresentou aquelas metodologias para cálculo de velocidade de motocicletas que possuem maior aceitação entre os reconstrucionistas de acidentes de trânsito. O objetivo foi indicar que existem técnicas científicas que podem ser aplicadas nas mais diversas situações envolvendo motocicletas e discutir estas técnicas. Pode-se concluir que os resultados obtidos, quando são analisados de forma criteriosa, são próximas àqueles que ocorrem em casos reais.

Ao reconstrucionista de acidentes de trânsito compete conhecer as técnicas de cálculo de velocidade existentes para, ao realizar o exame pericial de um local, poder localizar, descrever, registrar e utilizar em seu relatório os vestígios importantes. O bom senso e o pensamento crítico são seus parceiros para a obtenção de resultados próximos aos que realmente descrevem o evento analisado.

#### **REFERÊNCIAS**

- [1] Obenski, Keneth S., et al. Motorcycle Accident Reconstruction and Litigation, Fourth Edition, 2007. Lawyers & Judges Publishing Company, Inc.
- [2] Fricke, Lynn B. Traffic Accident Reconstruction. First Edition, 1990. Northwestern University for Public Safety.

- [3] Baker, Kenneth S. Traffic Collision Investigation. Ninth Edition, 2001. Northwestern University for Public Safety.
- [4] Evaluating Motorcycle Skidmarks, Mechanical Forensics Engineering Services, LLC. <http://mfes.com>, Site acessado em 01/09/2006.
- [5] Fries, Thomas R., et al. Stopping Characteristics for Motorcycles in Accident Situations. SAE Technical Papers Series: 890734.
- [6] Toresan Jr., Wilson. O Registro Permanente do Ponteiro do Velocímetro de Veículos Automotores, após um Evento de Colisão, Utilizado como Elemento para a Perícia em Acidentes de Trânsito.V Seminário Nacional de Perícia em Crimes de Trânsito, 2006.
- [7] Medwell, Christopher J. Motorcycle Slide to Stop Test. SAE Technical Papers Series: 970963.
- [8] Eubanks, Jerry J. Pedestrian Accident Reconstruction and Litigation. Lawyers & Judges Publishing Company, Inc. Second Edition, 1998.
- [9] McNally, Bruce F. and Bartlett, Wade. Motorcycle Speed Estimates Using Conservation of Linear and Rotational Momentum. 20<sup>th</sup> Annual Special Problems in Traffic Crash Reconstruction at the Institute of Police Technology and Management, University of North Florida, Jacksonville, Florida, April 15-19, 2002.
- [10] Negrini Neto, Osvaldo e Kleinubing, Rodrigo. Dinâmica dos Acidentes de Trânsito, Análises, Reconstruções e Prevenção. Millennium Editora. Segunda edição, 2006.
- [11] Adamson, Kelley S. et al. Seventeen Motorcycle Crash Tests into Vehicles and a Barrier. SAE Technical Papers Series: 2002-01-0551.
- [12] Irureta, Victor A. Accidentología Vial y Pericia. Ediciones La Rocca, 3<sup>a</sup> edición: 2003.
- [13] Motorcycle crash test results of the 20<sup>th</sup> Annual Special Problems in Traffic Crash Reconstruction, 2002.
- [14] *“Summary of Motorcycle Crash Test Results,”* Joint Annual Conference of NATARI, MATAI, NAPARS, NJAAR AND NYSTARS, 1998.
- [15] 2007 Accident Reconstruction Technology Collection on CD-ROM – Strategic Analysis and Research in Automatic Applications. SAE.