

## Determinação da área de impacto em atropelamentos

Northon Didyk <sup>a</sup>, Wilson Toresan Jr. <sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Polícia Científica do Paraná, Curitiba (PR), Brasil*

<sup>b</sup> *Instituto Geral de Perícias, Porto Alegre (RS), Brasil*

\* *Endereço de e-mail para correspondência: [northondidyk@gmail.com](mailto:northondidyk@gmail.com).*

Recebido em 04/08/2023; Revisado em 25/04/2024; Aceito em 27/04/2024

---

### Resumo

As técnicas para reconstrução de acidentes de trânsito na modalidade de atropelamento de pedestre dependem principalmente da distância de projeção do pedestre para serem viáveis, desde o impacto até a posição final de repouso. A posição final de repouso é de determinação trivial em grande parte dos casos. No entanto, a determinação da área de impacto, que é igualmente importante, exige mais atenção e dedicação do perito de acidentes de trânsito devido à escassez de vestígios e à sua sutileza intrínseca. Este artigo apresenta técnicas forenses para a determinação da área de impacto, possibilitando assim a completa reconstrução dos acidentes de trânsito da modalidade de atropelamento de pedestre.

*Palavras-Chave:* Atropelamento, Pedestre, Impacto, Reconstrução, Acidentes.

---

### Abstract

The techniques for reconstructing traffic accidents in the pedestrian-vehicle modality depend mostly on the throw distance of the pedestrian to be viable, from impact to the final rest position. The final rest position is trivial to determine in most parts of cases. However, the determination of the area of impact, which is equally important, demands more attention and dedication from the crash investigator due to the scarcity of evidence and its intrinsic subtlety. This article presents forensic techniques for determining the area of impact, thus enabling a complete reconstruction of pedestrian-vehicle collision accidents.

Keywords: Pedestrian, Collision, Impact, Reconstruction, Accidents.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A determinação da área de impacto em atropelamentos de pedestres é crucial tanto por razões técnicas quanto jurídicas. Do ponto de vista técnico, permite a aplicação das leis da física para determinar a distância de projeção e as velocidades de projeção e impacto com base na distância total de projeção do corpo do pedestre ou ciclista, além de outras variáveis físicas relacionadas, como aquelas necessárias à análise de tempo e distância, possibilitando uma reconstrução plena do evento. Do ponto de vista legal, ajuda a determinar a responsabilidade do pedestre e do condutor no atropelamento. Portanto, é imperativo que o perito indique o sítio de atropelamento ou área de impacto, sempre com base nos vestígios materiais presentes no local e que foram identificados, interpretados e documentados.

## 2. MÉTODOS DE RECONSTRUÇÃO

Ao longo dos anos, muitas técnicas de reconstrução dos atropelamentos foram desenvolvidas, permitindo ao perito encontrar principalmente a velocidade de projeção do corpo do pedestre e a velocidade de impacto do veículo. A maioria dessas aplicações das leis da física para esse propósito envolve a distância total de projeção, que compreende a distância percorrida pelo centro de massa do corpo do pedestre desde o local do impacto até o local de imobilização do corpo. Juntamente com o valor do coeficiente de atrito entre o corpo do pedestre e o solo, a distância total de projeção se faz essencial na aplicação dos modelos matemáticos para esse fim, sendo os métodos analíticos mais conhecidos e difundidos mundialmente o Método de Searle, de Happer e de Hague os quais se encontram resumidos a seguir.

## 2.1. Método de Searle

Um dos mais difundidos métodos analíticos para a reconstrução de acidentes de trânsito é o Método de Searle. Esse método foi deduzido de maneira teórica com base no movimento parabólico e a partir das condições de que o corpo implicado descreva uma trajetória parabólica ao ser projetado e que tenha coeficiente de rebote inferior a 20%. A equação “mínima” de Searle adaptada tem a seguinte forma matemática:

$$v_{proj} = \sqrt{\frac{2gd(\mu \cos \theta \pm \sin \theta)}{1 + \mu^2}} \quad (1)$$

Em que:

- $v_{proj}$  é a velocidade de projeção mínima do corpo do pedestre em  $m/s$ ;
- $g$  é a aceleração da gravidade em  $m/s^2$ ;
- $d$  é a distância total entre a área de impacto ao local de imobilização do corpo do pedestre em  $m$ ;
- $\mu$  é o fator de desaceleração para o corpo do pedestre, considerando toda a trajetória desde o lançamento até a imobilização, sendo tal grandeza, adimensional;
- $\theta$  é o ângulo de projeção do corpo do pedestre em relação à horizontal em graus.

É recomendável que o perito reconstrutor utilize essa equação sempre que o caso envolver atropelamentos típicos e com trajetória de envoltório. Isso acontece quando o veículo automotor se move para frente e atinge o corpo do pedestre posicionado em posição vertical à sua frente, além de quando a extremidade frontal do veículo atropelador está situada abaixo do centro de massa do pedestre no impacto, resultando em um atropelamento com trajetória de envoltório ou “*wrap trajectory*”. O perito ainda pode relacionar a velocidade de projeção do corpo, obtida com o Método de Searle, com a velocidade de impacto do veículo aplicando a eficiência de projeção, sendo fortemente recomendável que esse procedimento seja sempre realizado de maneira conservadora, a fim de não gerar injustiças nos resultados.

A eficiência de projeção para casos típicos e com trajetória de envoltório, exceto passagem pelo para-lama, pode ser obtida através da relação matemática entre a altura da extremidade frontal do veículo e a altura do centro de massa do pedestre no momento do impacto, conforme equação a seguir.

$$\varepsilon = \frac{h_v}{h_{cg}} \quad (2)$$

Onde:

- $\varepsilon$  é a eficiência de projeção, adimensional;

- $h_v$  é a altura da extremidade frontal do veículo em  $m$ ;
- $h_{cg}$  é a altura do centro de gravidade do corpo do pedestre em  $m$ .

## 2.2. Método de Happer

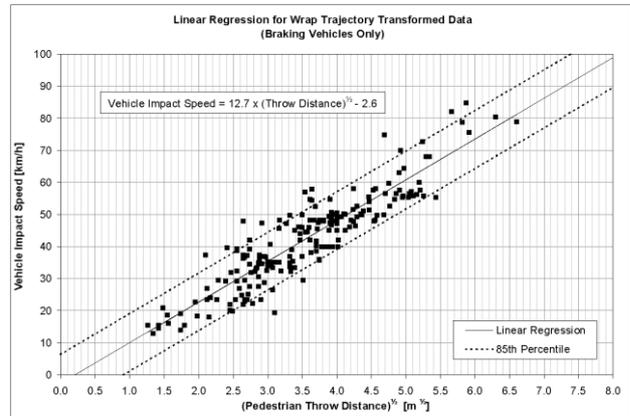
Happer et al. realizou revisão bibliográfica, condensou dados de diversos casos reais e obteve relações entre a distância de projeção do corpo do pedestre e a velocidade de impacto do veículo. Tratando esses dados com regressão linear, obteve equações que permitem a obtenção de uma velocidade aproximada de impacto, ou seja, velocidade do veículo, com os respectivos desvios padrões para percentil 85, conforme mostrado a seguir.

Para a trajetória de envoltório, é sugerida a seguinte relação matemática, que foi obtida através da regressão linear dos dados mostrados na **Figura 1**:

$$v_{imp} = 12,7\sqrt{d} - 2,6 \quad [\pm 9,0km/h] \quad (3)$$

Em que:

- $d$  é a distância total entre a área de impacto ao local de imobilização do corpo em  $m$ .



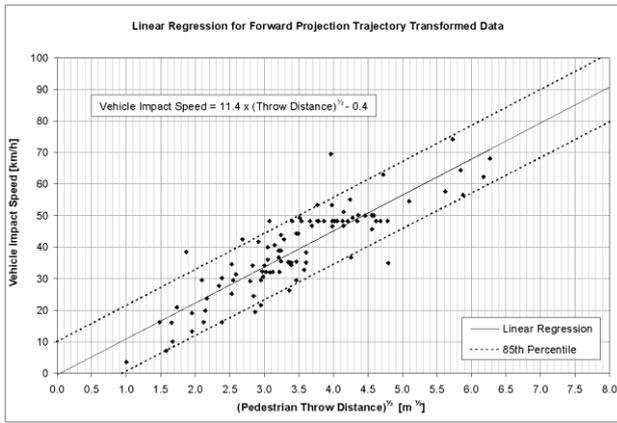
**Figura 1.** Gráfico com os dados e regressão linear para casos de trajetória de envoltório. Extraído integralmente do artigo de Happer et al. [9].

Para trajetórias de projeção para frente ou “*forward trajectory*”, os resultados obtidos apontam para a seguinte relação matemática, que foi obtida através da regressão linear dos dados mostrados na **Figura 2**:

$$v_{imp} = 11,4\sqrt{d} - 0,4 \quad [\pm 10,5km/h] \quad (4)$$

Onde:

- $d$  é a distância total entre a área de impacto ao local de imobilização do corpo em  $m$ .



**Figura 2.** Gráfico com os dados e regressão linear para casos de trajetória de projeção para frente. Extraído integralmente do artigo de Happer et al. [9].

### 2.3. Método de Hague

Hague combinou o Método de Northwestern com a quantidade de velocidade horizontal perdida pelo corpo do pedestre no primeiro impacto contra o solo após a projeção e voo, obtendo a equação mostrada a seguir.

$$v_{proj} = \sqrt{2\mu g d_s} + \mu \sqrt{2gh_{cg}} \quad (5)$$

Em que:

- $v_{proj}$  é a velocidade de mínima do corpo do pedestre em  $m/s$ ;
- $\mu$  é o fator de desaceleração para o corpo do pedestre, considerando toda a trajetória desde o lançamento até a imobilização, sendo tal grandeza, adimensional;
- $g$  é a aceleração da gravidade em  $m/s^2$ ;
- $d$  é a distância total entre a área de impacto ao local de imobilização do corpo do pedestre em  $m$ ;
- $d_s$  é a distância de arrastamento, em inglês, *slidding*, do corpo do pedestre, desde seu primeiro impacto contra o solo até o local de imobilização final em  $m$ ;
- $h_{cg}$  é a altura do centro de gravidade do pedestre em  $m$ . Geralmente, para adultos com compleição física normal, corresponde, em média, a 60% da altura do pedestre.

É primordial enfatizar que o perito reconstrutor deve utilizar essa equação apenas em casos de atropelamentos típicos, onde o veículo automotor se move para frente e atinge o corpo do pedestre posicionado em posição vertical, quando a extremidade frontal do veículo atropelador está situada acima do centro de massa do pedestre, resultando em um atropelamento com trajetória

de projeção para frente ou “*forward trajectory*”, onde o ângulo de projeção é próximo de zero.

Assim como no Método de Searle para trajetórias de envoltório, o perito ainda pode relacionar a velocidade de projeção do corpo na projeção para frente, obtida com o Método de Hague, com a velocidade de impacto do veículo, aplicando a eficiência de projeção.

Para trajetória de projeção para frente, a eficiência de projeção é obtida através de uma relação de momentos lineares do veículo e do corpo do pedestre, empregando a relação de massas mostrada a seguir.

$$\varepsilon = \frac{m_v}{m_v + m_p} \quad (6)$$

Onde:

- $\varepsilon$  é a eficiência de projeção em decimais e adimensional;
- $m_v$  é a massa total do veículo atropelador em  $kg$ ;
- $m_p$  é a massa total do pedestre em  $kg$ .

É fortemente recomendável que esse procedimento seja sempre realizado de maneira conservadora, evitando resultados injustos para o condutor.

### 3. O CONCEITO DA ÁREA DE IMPACTO

Para se conhecer as técnicas de determinação da área de impacto ou sítio de atropelamento, o perito deve antes conhecer o conceito. A área de impacto é a área no solo que compreende as partes do veículo atropelador e o corpo do pedestre no momento do contato inicial. Note que, em se tratando de corpos extensos, como são o veículo o corpo do pedestre, jamais essa área será um ponto, ou seja, não se recomenda ao perito denominar o local do impacto como “ponto de impacto” ou ainda “provável ponto de impacto”, mesmo essas nomenclaturas sendo muito difundidas na literatura nacional e internacional há muitos anos.

No dia-a-dia pericial, o perito reconstrutor sempre enfrentará certo grau de incerteza nessa determinação. O objetivo é realizar a mais perfeita análise possível dos vestígios no local, a fim de determinar a área de impacto com a maior precisão possível, atingindo o menor grau de incerteza possível e alcançando adequado nível de aceitação científica e jurídica.

### 4. TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO

A Ciência Criminalística é baseada em vestígios materiais identificados, interpretados e eternizados, portanto, as técnicas apresentadas serão baseadas em vestígios materiais perpetuados pelo perito de acidentes de

trânsito a partir do rigoroso e minucioso exame pericial do local.

Os principais vestígios que auxiliarão o perito no local a encontrar a área de impacto entre o corpo do pedestre e o veículo atropelador são apresentados a seguir.

#### 4.1. MARCAS DE ATRITO DO CALÇADO NO SOLO

O vestígio mais confiável que aponta para a área de impacto em atropelamentos são as marcas de arrasto produzidas no momento do embate pelo solado ou lateral do calçado ou até mesmo dos pés do pedestre, assim como pelos pneumáticos da bicicleta em casos de colisão com ciclistas. Na fase de máximo engajamento entre o veículo e o corpo, as forças envolvidas podem causar o atrito do calçado contra o solo, deixando uma marca típica no pavimento, como a ilustrada a seguir e conforme enuncia o Princípio de Locard.



**Figura 3.** Vestígio de atrito de calçado produzido no momento do contato entre o veículo atropelador e o corpo, evidenciando a área de impacto.



**Figura 4.** Vestígio de atrito de calçado produzido no momento do contato entre o veículo atropelador e o corpo, evidenciando a área de impacto.

Assim como nos demais casos, mas principalmente nesse tipo de vestígio, o grande desafio do perito é saber onde tais marcas podem estar localizadas e então ser capaz de identifica-las. Alguns dos vestígios a seguir descritos, ajudarão o perito nessa tarefa.

#### 4.2. IRREGULARIDADES NAS MARCAS DE FRENAGEM

No momento que em um veículo desacelera por frenagem ou rotaciona em movimento de velocidade crítica de guinada ou rototranslação, caso ocorra uma interação com o corpo de um pedestre em um atropelamento, ocorrerá uma perturbação no movimento do veículo. Essa perturbação pode ser transferida para o solo através das marcas de atrito de pneumáticos, se apresentando como uma irregularidade nessas marcas. O perito deve ter o cuidado de posicionar corretamente o veículo nas marcas de irregularidades e o pedestre em relação ao veículo no momento do impacto, o que permitirá a determinação da área de impacto. Exemplos de irregularidades observadas em marcas de frenagem devido atropelamentos se encontram ilustrados a seguir.



**Figura 5.** Vestígio de perturbação nas marcas de frenagem produzido no momento do contato entre o veículo atropelador e o corpo, evidenciando a área de impacto.



**Figura 6.** Vestígio de perturbação na marca de frenagem produzido no momento do contato entre o veículo atropelador e o corpo, evidenciando a área de impacto.

#### 4.3. MARCAS DE ATERRISSAGEM E DESLIZAMENTO DO CORPO

Nos atropelamentos típicos, com o veículo automotor se movendo para frente e impactando o corpo do pedestre posicionado em posição vertical à sua frente, o corpo é

atingido e após a separação ocorre um voo por certa distância, com conseqüente aterrissagem no solo. O perito, ao identificar as marcas do deslizamento do corpo, pode estabelecer uma linha reta ou aproximadamente reta ligando a posição final de repouso do corpo do pedestre ao local de aterrissagem, passando pelas marcas de deslizamento. Essa linha pode ser extrapolada para a via e ao longo dessa extrapolação estará a área de impacto, geralmente discretamente deslocada devido à distância de carregamento do corpo pelo veículo atropelador. Essa linha indica as possíveis áreas onde estavam o corpo do pedestre e o veículo atropelador quando o impacto ocorreu.



**Figura 7.** Determinação da área de impacto a partir da extrapolação das marcas da queda e atrito do corpo do pedestre contra o solo.

O perito deve empregar atenção redobrada no estabelecimento dessa linha guia imaginária, quando o corpo atinge obstáculos durante as fases de voo e deslizamento.

#### 4.4. PADRÃO DE PROJEÇÃO DE FRAGMENTOS

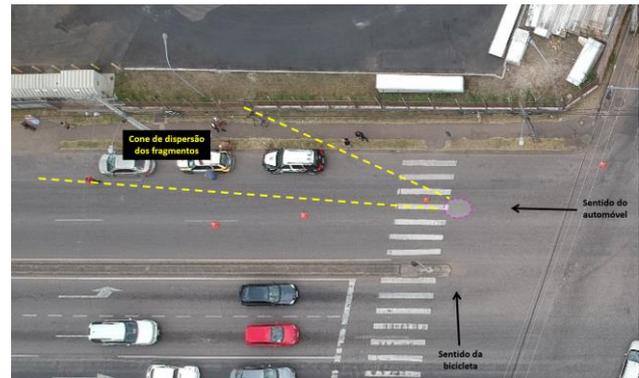
Algumas pesquisas e experiências de campo indicam que, em alguns casos, no momento do impacto contra pedestres e ciclistas, os fragmentos desprendidos do veículo atropelador, do corpo e eventualmente da bicicleta, podem assumir uma projeção em forma de cone, depositando-se no solo em um padrão triangular. Nesses casos, um dos vértices do triângulo pode estar localizado nas proximidades ou até precisamente na área de impacto, como ilustrado na **Figura 8** na página a seguir.

Esse tipo de vestígio móvel precisa ser cuidadosamente examinado e usado apenas quando preservado e sempre combinado com os outros tipos de vestígios mencionado nesse artigo.

#### 4.5. PROJEÇÃO DE TECIDO HUMANO NO SOLO

No momento do impacto entre o veículo atropelador e o corpo do pedestre, em alguns casos, sangue e outros tipos de tecidos humanos podem ser projetados na área de impacto ou nas proximidades dela. Frequentemente, esse

tipo de respingo será produzido próximo à área de impacto e raramente projetado antes dela.



**Figura 8.** Cone de dispersão dos fragmentos do veículo automotor e da bicicleta, indicando a localização da área de impacto de uma colisão com bicicleta.

O perito não deve confundir esses vestígios com os respingos de tecido humano e sangue quando o corpo do pedestre está aterrissando e deslizando no solo após a fase de voo.

#### 4.6. DANOS, LESÕES E TRAJETÓRIAS PRÉ E PÓS-IMPACTO

Uma combinação completa das lesões observadas no corpo do pedestre, das avarias sustentadas pelo veículo atropelador e das trajetórias pré e pós impacto, pode ser realizada pelo perito reconstrucionista para encontrar a área de impacto. O especialista deve identificar as trajetórias pós-impacto e os possíveis caminhos pré-impacto do pedestre e do veículo atropelador, as quais podem delimitar a possível área de impacto. Correlações entre os danos e as lesões do pedestre ajudarão na determinação da posição relativa entre eles no momento do impacto e conseqüentemente na determinação da área de impacto.

#### 5. CÁLCULO DA ÁREA DE IMPACTO

Frequentemente, o perito não encontra a área de impacto usando os vestígios mencionados anteriormente, principalmente devido ao um exame pericial falho e à falta de preservação do local. Entretanto, em diversos casos o perito encontra o local de aterrissagem do corpo do pedestre após o voo, sendo possível então medir a distância de deslizamento até a posição final de repouso. Nessas situações, desde que haja evidência de que o veículo desacelerou durante ou imediatamente após o impacto, existe uma alternativa matemática que permite ao especialista calcular a distância entre a posição final e a área de impacto, seja em trajetórias de projeção para frente quanto em trajetórias de envoltório.

Inicialmente o perito deve entender qual tipo de trajetória foi assumida pelo corpo do pedestre, para então aplicar as devidas equações.

Na trajetória de projeção para frente, o cálculo da distância entre a posição final de repouso até a área de impacto estará baseado no Método de Hague, ou seja, na adaptação da [Equação 5](#) para a distância total, que resulta na relação matemática a seguir.

$$d_t = \frac{h_{cg}}{\mu} \left\{ \left[ \mu + \left( \frac{V - \mu\sqrt{2gh_{cg}}}{2h_{cg}\sqrt{\frac{g}{2h_{cg}}}} \right)^2 \right] - \mu^2 \right\} \quad (7)$$

Em que:

- $d_t$  é a distância total de projeção do corpo do pedestre, desde o contato inicial até o local de imobilização final em  $m$ ;
- $h_{cg}$  é a altura do centro de gravidade do pedestre em  $m$ . Geralmente, para adultos com compleição física normal, corresponde em média a 60% da altura do pedestre;
- $\mu$  é o fator de desaceleração para o corpo do pedestre, considerando toda a trajetória desde o lançamento até a imobilização, sendo tal grandeza, adimensional;
- $V$  é a velocidade de impacto no atropelamento do corpo do pedestre em  $m/s$ . Essa velocidade pode ser calculada com a equação (5) a partir dos vestígios presentes no local ou pode ser obtida com outros meios como disco diagrama de cronotacógrafo ou imagens de vídeo;
- $g$  é a aceleração da gravidade em  $m/s^2$ .

Essa distância obtida, representa um raio do círculo que compreende a área de impacto, adotando-se a direção de projeção do corpo. O perito deve ser capaz de entender a dinâmica do atropelamento e saber em que área da margem do círculo está a área de impacto. Para isso basta posicionar a área de impacto entre a interseção da linha imaginária da extrapolação das marcas de aterrissagem e atrito do corpo com a margem do círculo.

Nos casos de trajetória de envoltório, o perito pode empregar as Equações de Scurlock [\[5\]](#) mostradas adiante, para ângulos de lançamento maiores que 0 e menores que 30 graus:

$$d_{voo-máx} = V_x t_{voo} \quad (8)$$

$$d_{voo-mín} = (V_s + \Delta V_H) t_{voo} \quad (9)$$

Em que:

$$V_x = \frac{V_s + \sqrt{V_s^2(1 - \beta) + (2\beta\mu^2 gh_{cg})}}{\beta} \quad (10)$$

$$V_s = \sqrt{2\mu g d_s} \quad (11)$$

$$\beta = 1 - \mu^2 \tan^2 \theta \quad (12)$$

$$t_{voo} = \frac{V_y + \sqrt{V_y^2 + 2gh_{cg}}}{g} \quad (13)$$

$$V_y = V_i \sin \theta \quad (14)$$

$$V_i = V_s + \Delta V_H \quad (15)$$

$$\Delta V_H = \mu \sqrt{V_i^2 \sin^2 \theta + 2gh_{cg}} \quad (16)$$

Onde:

- $d_{voo-máx}$  é a máxima distância entre o sítio de impacto e o local onde o corpo impacta o solo pela primeira vez após o voo em  $m$ . Para obter a máxima distância entre o local do impacto até a imobilização, basta somar essa grandeza com a distância total de deslizamento do corpo;
- $d_{voo-mín}$  é a mínima distância entre o sítio de impacto e o local onde o corpo impacta o solo pela primeira vez após o voo em  $m$ . Para obter a mínima distância entre o local do impacto até a imobilização, basta somar essa grandeza com a distância total de deslizamento do corpo;
- $V_x$  é a velocidade correspondente ao eixo  $x$  da projeção em  $m/s$  e que deve ser calculada com a equação (10);
- $t_{voo}$  é o tempo de voo do corpo na projeção em  $s$  e que deve ser calculada com a equação (13);
- $\beta$  é o fator matemático que relaciona o coeficiente de atrito entre o corpo e o solo com o ângulo de projeção do corpo e deve ser calculada com a equação (12);
- $\mu$  é o coeficiente de atrito entre o corpo e o solo, sendo uma grandeza adimensional;
- $\theta$  é o ângulo de projeção do corpo do pedestre em graus;
- $g$  é a aceleração da gravidade em  $m/s^2$ ;

- $h_{cg}$  é a altura do centro de gravidade do pedestre em  $m$ . Geralmente, para adultos com compleição física normal, corresponde a valor compreendido entre 50 a 60% da altura do pedestre;
- $V_s$  é a velocidade equivalente a energia cinética dissipada no deslizamento do corpo em  $m/s$ . Corresponde à distância de deslizamento medida desde o local do primeiro impacto contra o solo até o local de imobilização do corpo, devendo ser calculada com a equação (11);
- $d_s$  é a distância de deslizamento do corpo no solo, em  $m$ ;
- $V_y$  é a velocidade correspondente ao eixo  $y$  da projeção em  $m/s$  e que deve ser calculada com a equação (14);
- $V_i$  é a velocidade inicial de lançamento do corpo em  $m/s$ , sendo calculada com a equação (15);
- $\Delta V_H$  é a variação de velocidade horizontal perdida no primeiro impacto contra o solo [8] em  $m/s$ .

Note que nas Equações de Scurlock é mencionado o ângulo de lançamento do corpo. Devido à impossibilidade de se obter o ângulo de lançamento em casos reais de trajetórias de envoltório, recomenda-se que o perito realize um tratamento de incertezas com estatística [5]. O valor de ângulo para obter resultado conservador é de zero grau, enquanto o ângulo médio observado por Reade [6] em crash tests é de 6 graus e o ângulo máximo recomendável é de 30 graus. A utilização do correto tratamento das incertezas resultará em uma faixa de distâncias possíveis entre o local de repouso do corpo e o sítio de atropelamento, ou seja, uma faixa de posições possíveis para a área de impacto.

## 6. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO CÁLCULO DA ÁREA DE IMPACTO

Em um exemplo de aplicação da Equação de Hague para o cálculo da distância entre o local do impacto em relação ao local de imobilização do corpo, utilizou-se o simulador computacional Virtual Crash®, reproduzindo um atropelamento por um ônibus, que resultou em uma trajetória de projeção para frente. Os dados da simulação, aplicáveis à Equação (7) para o cálculo em questão, foram:

- $V_{proj} = V_{imp} = 56,8 \text{ km/h} \cong 15,77 \text{ m/s}$
- $d_s = 12,80 \text{ m}$ ;
- $\mu = 0,66$ ;
- $h_{cg} = 0,875 \text{ m}$ ;
- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

A velocidade de impacto pode ser calculada com a

Equação (5), dispondo-se apenas das marcas de queda e atrito do corpo do pedestre, observadas no local. O resultado obtido analiticamente indicou 18,66 m de projeção total desde o impacto ao local de imobilização do corpo, enquanto a simulação revelou o valor 19,18 m, conferindo resultado com erro da ordem de 2,7%.

## 7. CONCLUSÕES

Os locais de acidentes de trânsito da modalidade atropelamentos são, em geral, os mais complexos a serem reconstruídos pelo perito, principalmente devido à exiguidade de vestígios e sua sutileza. Uma vez empregada minúcia e empenho por parte do perito na identificação, interpretação e documentação dos vestígios, vasta opção de técnicas de reconstrução são possíveis, inclusive a determinação da área de impacto, que talvez seja o mais importante apontamento que o perito deve fazer em relação à perícia do local. A aplicação dos métodos elencados no presente artigo retorna excelentes resultados no objetivo da determinação da área de impacto, pois estão diretamente relacionados com os vestígios resultantes dos eventos. Pesquisas realizadas através de *crash tests*, simulações computacionais e até em atropelamentos reais [1,3,6,12] onde se pode identificar a área de impacto de outras maneiras que não as aqui apresentadas, demonstram a confiabilidade e aplicabilidade dos métodos expostos com aceitável certeza científica, retornando resultados com 95% de confiabilidade. É importante que o leitor tenha ciência que o tratamento das incertezas das variáveis sempre se faz necessário e pertinente na matéria de reconstrução de acidentes de trânsito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Didyk. *Determination of the Area of Impact in Pedestrian Collision Reconstruction*, WREX World Reconstruction Exposition, United States of America (2023).
- [2] L. B. Fricke. *Traffic Crash Reconstruction, Second Edition*. Northwestern University Center for Public Safety, United States of America (2010).
- [3] M. Reade; T. Becker. *Fundamentals of Pedestrian/Cyclist Traffic Crash Reconstruction, 1st Edition*. Institute of Police Technology and Management, University of North Florida, United States of America (2016).
- [4] J. J. Eubanks; P. F. Hill. *Pedestrian Accident Reconstruction and Litigation, Second Edition*. Lawyers & Judges Publishing Co., Inc. United States of America (1998).
- [5] W. Toresan Jr; N. Didyk. *Fundamentos de Estatística Aplicados na Reconstrução de Acidentes de Trânsito*. Instituto de Ciências Forenses, Brasil (2022).

- [6] M. Reade. *The Effects of Carry Distance, Takeoff Angles, Friction Values and Horizontal Speed Loss Upon First Ground Contact on Pedestrian (Cyclist) Crashes. WREX World Reconstruction Exposition.* United States of America (2016).
- [7] J. Searle; A. Searle. *The Trajectories of Pedestrians, Motorcycles, Motorcyclists, etc., Following a Road Accident, SAE Technical Paper 831622,* United States of America (1983).
- [8] J. Searle. *The Physics of Throw Distance in Accident Reconstruction, SAE Technical Paper 930659,* United States of America (1993).
- [9] B. Ravani; D. Brougham; R. Mason. *Pedestrian Post-Impact Kinematics and Injury Patterns, SAE Technical Paper 811024,* United States of America (1981).
- [10] A. Happer; M. Araszewski; A. Toor; R. Overgaard. R. Johal. *Comprehensive Analysis Method for Vehicle/Pedestrian Collisions. SAE Technical Paper 2000-01-0846,* United States of America (2000).
- [11] D. J. Hague. *Calculation of Impact Speed from Pedestrian Slide Distance. ITAI Conference,* United Kingdom (2001).
- [12] M. Reade. *A Simulated Look at the Affects of Pedestrian Lateral Velocity on Pedestrian Post-Impact Trajectory. WREX World Reconstruction Exposition.* United States of America (2023).
- [13] *Software de Cálculos Estatísticos eCRASH®.* Utilizado para resolução do exemplo e verificação de equações. Disponível em [www.ecrash.com.br](http://www.ecrash.com.br). Acessado em 25 de abril de 2024.
- [14] *Software de Simulação Computacional Virtual Crash 5®.* Utilizado para produção de simulação computacional do exemplo.