

Avaliação da estimativa de velocidade por meio da análise de incertezas e comparação com dados de registro do tacógrafo

Evaluation of speed estimate through uncertainty analysis and comparison with tachograph recorded data

Mariana Leão Domiciano¹
Denise Vaz de Almeida²
Gisele de Brito Lima Jaime³
Fabrício Oda e Silva⁴

RESUMO

O exame pericial de acidente de trânsito visa reconstruir o evento a partir dos vestígios materiais e de cálculos matemáticos. A reconstrução possibilita estabelecer a dinâmica e a estimativa de velocidade com análises estatísticas, diminuindo as incertezas inerentes aos cálculos. Neste estudo de caso, calculada a VEECR (velocidade equivalente de energia cinética resultante) utilizou-se do tratamento estatístico de Monte Carlo, possibilitando comparar e validar a metodologia com os dados de registro do tacógrafo.

Palavras-Chave: Estimativa de velocidade. Ciência forense. Estatística.

ABSTRACT

The forensic examination of a traffic accident reconstructs the event from material traces and mathematical calculations. The reconstruction makes it possible to establish the dynamics and velocity estimation with statistical analysis, reducing the uncertainties of the calculations. In this case study, the VEECR (equivalent velocity of resulting kinetic energy) was calculated

¹Superintendência de Polícia Técnico Científica, Goiânia, Goiás, Brasil. marianaleaodomiciano@hotmail.com

²Superintendência de Polícia Técnico Científica, Goiânia, Goiás, Brasil.

³Superintendência de Polícia Técnico Científica, Goiânia, Goiás, Brasil.

using the Monte Carlo statistical treatment making it possible to compare and validate the methodology with tachograph recorded data.

Keywords: Speed estimate. Forensic science. Statistic.

INTRODUÇÃO

O exame pericial de local de acidente de tráfego visa reconstruir os acidentes de trânsito através da análise dos vestígios materiais coligidos na via e no veículo¹, levando em consideração o sentido de tráfego, assim como a sede e a orientação das avarias. A partir dos elementos materializados e aferidos no local, permite-se estabelecer, se possível, a estimativa da velocidade, dinâmica dos fatos e causa técnica do sinistro.

A busca por resultados científicos e confiáveis reflete a natureza do trabalho do perito criminal, que ao realizar medidas diretas no local do acidente, e posteriormente realizar cálculos matemáticos, deve considerar o grau de incerteza das variáveis e conseqüentemente, dos próprios resultados obtidos. No escopo das metodologias de análise de incertezas das variáveis, o Método de Monte Carlo é uma classe de método estatístico com aplicabilidade em uma variedade de campos, incluindo física, estatística, finanças, engenharia e ciência da computação². Permite lidar com problemas complexos, incorporando a aleatoriedade e fornecendo estimativas numéricas que podem ajudar na tomada de decisões e no entendimento de fenômenos complexos.

A ideia básica por trás do método de Monte Carlo é gerar uma série de amostras aleatórias que seguem uma distribuição de probabilidade específica e, em seguida, usar essas amostras para estimar um resultado, sendo, portanto, útil nos cálculos de estimativas de velocidades em reconstrução de acidentes de trânsito. Tal análise pode ser realizada com o uso de softwares específicos ou utilizando-se de planilhas eletrônicas, o que facilita a aplicação do método e aumenta a confiabilidade do resultado para 95,4%, ao se utilizar dois desvios padrões para variáveis de entrada com distribuição de probabilidade normal².

O caso em estudo trata-se de um acidente de tráfego envolvendo uma unidade veicular de transporte de passageiros (ônibus), cuja natureza foi retirada da pista seguida de queda da referida unidade de um viaduto da região, ocasionando óbito de dois passageiros no local.

Analisado o aparelho tacógrafo do ônibus recolhido no local, este apresentava funcionamento no momento do acidente. Removido o disco diagrama do aparelho, foi possível obter os dados de registro de velocidade materializados no horário correspondente ao

fato.

Portanto, o objetivo deste artigo foi comparar a estimativa de velocidade realizada por meio das medidas aferidas no local e os devidos tratamentos estatísticos, com os dados obtidos no disco diagrama tacógrafo da unidade veicular.

RELATO DO CASO

No caso em tela, um ônibus de transporte de passageiros saiu da pista e sofreu a queda de um viaduto. Para a realização do levantamento de local, procedeu-se à observação macroscópica, descrição e análise dos vestígios presentes no palco do evento. Os vestígios observados foram caracterizados pela presença de marcas de fricção de $9,40\text{m} \pm 5\%$ na defesa metálica localizada à direita da pista e deformação da estrutura da defesa metálica oeste, com descontinuidade de $5,90\text{m} \pm 5\%$. Além disso, notou-se amassamentos da vegetação à margem da rodovia, na região da deformação da defesa metálica, compatível com rolamento de pneumáticos do ônibus.

Abaixo da pista da rodovia, o ônibus repousou tombado e em proximidade com um poste (Figura 01), sendo a altura da queda no ponto de interesse $6,00\text{m} \pm 5\%$. Os vestígios observados em região inferior, abaixo do viaduto da pista da rodovia, foram caracterizados pelo repouso do ônibus tombado sobre a lateral direita, em proximidade com o poste, além de afundamento da terra no sítio de repouso do ônibus, nas proximidades da região dianteira deste, adjacente ao poste de rede elétrica.



Figura 1: Repouso final do ônibus após a queda da pista.

Os danos presentes no veículo eram orientados de anterior para posterior, além da presença de impregnação de terra em pneumáticos dianteiros direito e esquerdo, e estampamento em região dianteira, terço superior direito, apresentando formato característico

de colisão contra o poste de rede elétrica.

Analisado o disco diagrama do aparelho (Figura 2), notou-se que no horário correspondente ao fato, o ônibus desenvolvia velocidade no intervalo de 55-60km/h, seguida de redução brusca de velocidade (reduziu para 40km/h) e irregularidade na marcação das linhas do disco diagrama, indicando a queda do veículo e o posterior interrompimento do fornecimento de energia para o tacógrafo.

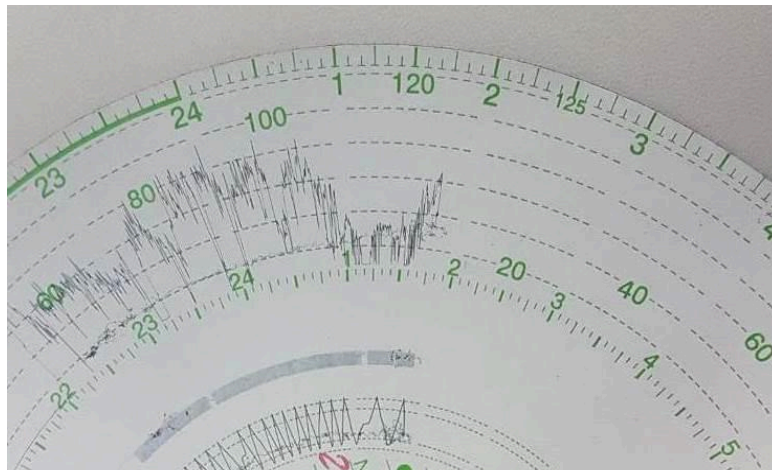


Figura 2: Registro do disco diagrama de tacógrafo.

DISCUSSÃO

A partir dos elementos materiais consignados no local, foi possível realizar os cálculos de velocidade equivalente de energia cinética da unidade veicular anteriormente ao choque contra a defesa e a queda do viaduto, representando, portanto, o valor estimado de velocidade de tráfego do ônibus. Foi empregado o Princípio da Conservação da Energia, tendo em vista que a energia total do sistema é igual à soma das parcelas de energia nas diferentes etapas do evento. Foram somadas as parcelas referentes ao percurso em fricção contra a defesa, e a parcela referente à queda simples/precipitação, não sendo possível mensurar a energia necessária para a deformação da defesa metálica e do poste de iluminação pública.

Realizado o cálculo de VEEC (velocidade equivalente de energia cinética) dissipada nas marcas de fricção com aplicação do Método de Monte Carlo, por meio da plataforma Ecrash³, com valores de entrada de fator de arrasto⁴ de $0,4 \pm 0,05$, distância de desaceleração de $9,40\text{m} \pm 5\%$, obteve-se resultado de $36 \pm 2\text{km/h}$. Para a parcela de velocidade de queda simples, por meio da plataforma Ractt⁵, com valores de entrada de distância horizontal de $10,80\text{m} \pm 5\%$ e distância vertical de $6,00\text{m} \pm 5\%$, obteve-se o resultado de $36,50 \pm 2\text{ km/h}$. Somadas as parcelas calculadas³, obteve-se resultado com 95,44% de confiabilidade entre $52 \pm 2\text{ km/h}$

(Figura 3), desconsiderando-se nesse cálculo a energia necessária para a deformação da defesa metálica e do poste de iluminação pública.

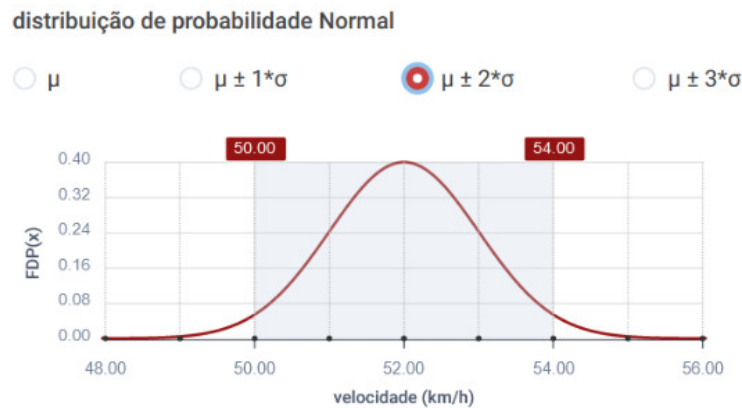


Figura 3: Gráfico de velocidade gerado pela plataforma Ecrash, após análise estatística de Monte Carlo.

A partir da análise realizada, foi possível estimar por meio dos vestígios levantados e aferidos no local, que o ônibus trafegava em velocidade aproximada de 52 Km/h com confiabilidade de 95,4%, pela faixa da direita da pista da rodovia, no momento que antecedeu o impacto contra a defesa e a queda. Logo, o valor estimado apresentou resultado condizente com o registro do disco diagrama do tacógrafo, fato que contribuiu para a validação da metodologia de estimativa de velocidade baseada nos vestígios de local, ressaltando-se a importância do devido tratamento estatístico dos resultados com redução das incertezas das variáveis inerentes às reconstruções de acidentes de trânsito.

REFERÊNCIAS

1. Aragão RF. Acidentes de trânsito - Análise da Prova Pericial. 6. ed. Campinas: Millenium Editora; 2016.
2. Toresan Jr W, Didyk N. Fundamentos de Estatística aplicados na Reconstrução de Acidentes de Trânsito. São Paulo: Editora ICF; 2022.
3. Ecrash - Plataforma de cálculos estatísticos [Plataforma online]. Disponível em: <https://www.ecrash.com.br/>
4. Frincke L. Traffic Crash Reconstruction. 2. ed. Evanston, Illinois: Northwestern University Center for Public Safety; 2010 Ractt - Reconstructor Analítico de Colisões de Trânsito Terrestre 4.0 [Plataforma online]. Buenos Aires: CESVI Argentina; 2023. [Acesso em: 19 fev. 2019]. Disponível em: <http://www.ractt.com/>
5. Ractt - Reconstructor Analítico de Colisões de Trânsito Terrestre 4.0 [Plataforma online]. Buenos Aires: CESVI Argentina; 2023. [Acesso em: 19 fev. 2019]. Disponível em: <http://www.ractt.com/>