

# ANALYSIS TO REDUCTION OF TRANSIT ACCIDENTS IN THE CITY OF CAMPINAS-SP BY INTRODUCTION OF AUTOMATIC EMERGENCY BRAKING IN LIGHT VEHICLES

Luiz Vicente Figueira de Mello Filho

Production Engineering Dept.  
Mackenzie Presbyterian University  
Campinas, Brazil  
[luiz.mello@mackenzie.br](mailto:luiz.mello@mackenzie.br)

Marcos Almeida do Amaral

Campinas, Brazil  
Production Engineering Dept.  
Mackenzie Presbyterian University  
[marcos.amaral@mackenzie.br](mailto:marcos.amaral@mackenzie.br)

Caio De Donato Paez

Production Engineering Dept.  
Mackenzie Presbyterian University  
Campinas, Brazil  
[caiopz2011@hotmail.com](mailto:caiopz2011@hotmail.com)

Yuzo Iano

Electrical Engineering Dept.  
Campinas University  
Campinas, Brazil  
[yuzo@decom.fee.unicamp.br](mailto:yuzo@decom.fee.unicamp.br)

**Abstract** — The vehicles circulation growing in the city of Campinas and the Metropolitan Region has increased the number of traffic accidents in the last ten years. The reasons involving light vehicles, are: pedestrian collisions, rear-end collisions and intersections, which could be avoided if the vehicles make available to automatic emergency braking. This study aims to demonstrate with the traffic accidents data obtained by EMDEC can be avoided with the automatic emergency braking in all light vehicles in the city of Campinas. To conclude, initiatives for the introduction of autonomous emergency braking and strategies to accelerate fleet renewal enable a significant increase in the number of accidents avoided.

**Keywords**—*light vehicle; emergency braking; autonomo; transit accidents.*

## INTRODUCTION

A cidade de Campinas em 2015 teve a população de 1,17 milhão de pessoas e, somando com as cidades vizinhas que formam a Região Metropolitana de Campinas (RMC) chegou a 3,13 milhões. Referente ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), a RMC ocupa a segunda posição com 0,792 pontos, ficando atrás apenas da Grande São Paulo, cuja pontuação é 0,794 [21].

No fim do ano de 2018, o Brasil quase alcançou os 208 milhões de habitantes, e obteve um crescimento de 0,77% em relação a 2016. Apesar de um crescimento constante na última década, a taxa de crescimento vem diminuindo, tendo como principal razão a diminuição no índice de fecundidade [21].

O espraiamento das cidades, também conhecido como *urban sprawl* é a expansão horizontal das cidades antes mesmo de se atingir a densidade demográfica ideal. O uso dos veículos automotores como automóveis, motocicletas e ônibus, para se

locomover até o trabalho e a escola, por exemplo, cooperou para essa expansão não planejada das cidades.

Segundo o levantamento feito em 2009 pela Organização Mundial da Saúde em mais de 170 países, todos os anos 1,3 milhão de pessoas morrem vítimas da imprudência no trânsito. Dos sobreviventes, cerca de 50 milhões vivem com sequelas. Além disso, o trânsito é a nona maior causa de mortes do planeta [23].

O Brasil aparece em quinto lugar entre os países recordistas em mortes no trânsito, atrás apenas da Índia, China, EUA e Rússia. Segundo o Ministério da Saúde, em 2015, foram registrados 37.306 óbitos e 204 mil pessoas ficaram feridas [23].

Conforme o anuário do Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV), somente no estado de São Paulo, em 2014, houve cerca de 7.000 mortes em acidentes de trânsito, o que corresponde a aproximadamente 15,97 mortos a cada 100.000 habitantes [24].

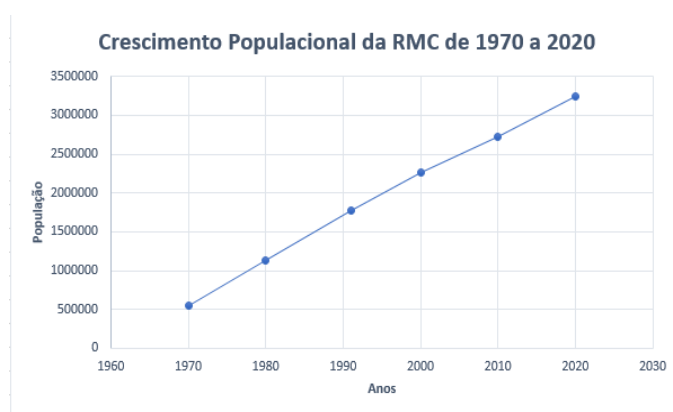
Ainda segundo o instituto, mais da metade da população brasileira está concentrada em menos de 6% dos municípios, o que demonstra uma má distribuição demográfica no país. Somente 17 municípios, dos 5.570 no Brasil, possuem população maior que 1 milhão de habitantes, e entre eles está a cidade de Campinas, no interior do estado de São Paulo. Considerando as cidades que não são capitais de seus estados, Campinas possui uma população menor apenas que a cidade de Guarulhos, localizada no mesmo estado [21].

## A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS

A Região Metropolitana de Campinas (RMC) é a região formada por Campinas e por mais 18 cidades vizinhas: Americana, Arthur Nogueira, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio da Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo.

Com a interiorização da indústria a partir da década de 60 e 70, a Grande São Paulo repartiu seu dinamismo econômico e populacional com certas regiões do interior paulista, com destaque para as regiões de Campinas, Sorocaba, Santos e São José dos Campos. Estima-se que Campinas recebeu o maior número de imigrantes da metrópole paulista, cerca de 85 mil pessoas nos anos 70 [2].

Analisando a taxa de Crescimento Populacional das cidades da RMC entre 1970 até uma previsão para 2020 constata-se um crescimento de praticamente 500.000 habitantes por década.



Segundo Baeninger e Gonçalves [2]: “Na Região Metropolitana de Campinas, a intensificação do movimento urbano-urbano transformou o espaço, gerando o processo de “periferização” da população. Nesse contexto, torna-se ainda mais evidente, a importância da migração intrametropolitana, determinando os vetores de crescimento metropolitano, bem como indicando as formas de reorganização da população nessa nova territorialidade, com os movimentos intraregionais contribuindo significativamente para o crescimento dos demais municípios da região”.

Na configuração do espaço metropolitano destaca-se a importância de subcentros na região. Considerando as cidades que compõem a RMC, a sede regional redistribuiu população principalmente para os municípios limítrofes a Campinas, onde Sumaré destaca-se como cidade-dormitório. Americana, por

sua vez, constitui um segundo polo industrial e tem sua própria periferia.

## A FROTA DE VEÍCULOS NO BRASIL

O Brasil terminou o ano de 2017 com uma frota total de 96.790.495 veículos automotores registrados. Em 2001, havia cerca de 34,9 milhões de veículos. Houve, portanto, um crescimento na ordem de 61,9 milhões, o que representou um incremento superior a 177% entre esses dois anos [20]. Comparativamente, o crescimento populacional foi bem menor que de veículos. Em 2001, eram 177,8 milhões de brasileiros contra 207,7 milhões em 2017, o que representa um crescimento de 16% [21].

Porém esses dados não devem ser levados em sua totalidade. Recentemente houve um estudo feito pelo Empresômetro que considera os veículos com os tributos em dia e atrasados até dois anos. Esse estudo é amplo sendo possível comparar apenas os valores gerais por estados no Brasil. Tomando como referência o estado de São Paulo, a frota cadastrada no Detran teve no final de 2017 a quantidade de 29.164.426 veículos, sendo que na pesquisa feita pelo Empresômetro [1] teve no mesmo período uma quantidade de 18.654.322 veículos. Isto é, segundo a pesquisa há uma diferença de 10.510.104 veículos ou 64% da frota do Estado de São Paulo.

Se considerarmos a níveis nacionais, a frota total é de 65.835.673 veículos em 2017, incluindo nesse estudo automóveis com 41.249.207, os ônibus com 376.482, as motocicletas com 15.151.273, os caminhões com 2.033.596 e por último, os comerciais leves com 7.025.115. Comparando esses dados com o total publicado pelo Denatran, a frota atual representa 68% desses números [1].

Segundo o Comitê de Datação de Ciclos Econômicos (Codace), foi concluído que a recessão no Brasil durou 33 meses, do segundo trimestre de 2014 ao quarto trimestre de 2016 [16]. Nesse mesmo período, que a produção de veículos no Brasil, que estava na 4ª posição mundial em 2014, passou para a 9ª posição em 2016. Essa queda na produção e na colocação mundial adiou a renovação de frota naturalmente.

Somente no ano de 2016, foram produzidos 2.176.784 de veículos leves, caminhões e ônibus. Já as motocicletas tiveram 887.653 unidades produzidas, o que representa 29% de toda a produção de veículos no Brasil em 2016. Comparando a frota de motocicletas com a de outros veículos automotores, observa-se uma parcela de 14,4% na composição da frota brasileira em 2016 [18].

Na RMC a frota é composta conforme o gráfico 3 pela base do Detran. Como a frota segundo os dados de Empresômetro ser equivalente a 64% da frota no estado de São

Paulo e 68% da frota do Brasil, esses números devem ser entendidos com cautela.

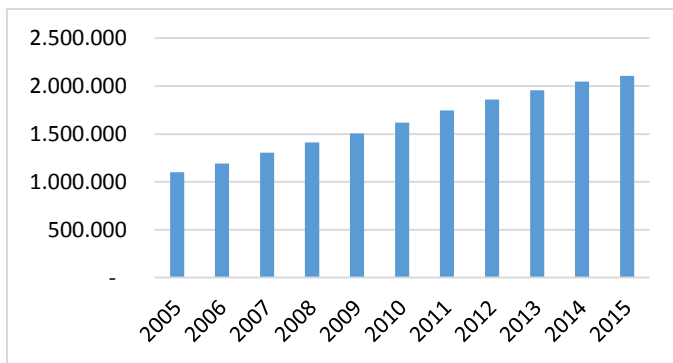


Gráfico 3: frota de veículos na RMC com base do Detran de 2005 a 2015.

Na cidade de Campinas a frota é apresentada conforme o gráfico 4 pela base do Detran. Também deve-se tomar o cuidado com esses dados. De qualquer maneira é percebido uma desaceleração da frota nos anos de 2013 a 2015, fato esse estar coerente com a recessão tida no país nesse período.

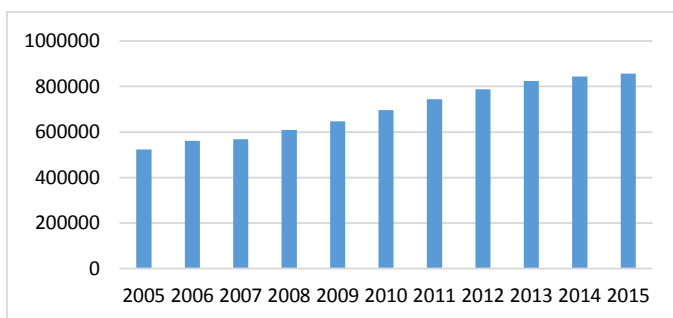


Gráfico 4: frota de veículos na cidade de Campinas com base do Detran [20].

#### 4. TECNOLOGIAS DOS AUTOMÓVEIS

Ao longo dos anos, principalmente os automóveis, foram adquirindo tecnologias ativas como as passivas na construção de novos veículos. Mesmo com uma legislação brasileira que ainda não se aplica em toda as marcas e modelos, pois não são exigidas obrigatoriamente, há alguns sistemas que reduzem significativamente o número de acidentes veiculares.

##### Sistema Anti-Bloqueio (ABS)

A sigla ABS significa *Antilock Braking System*, ou em português, Sistema de Freio Anti-travamento. Esse sistema não permite o travamento dos pneus em situações que o freio é usado em sua máxima intensidade, e conseqüentemente, confere um menor deslocamento do veículo até a parada [5].

Esse sistema é obrigatório em todos os automóveis fabricados a partir de 2014 em conjunto com os *air bags* frontais, de tecnologia passiva.

O ABS atua em dois tipos de atrito: o estático e o dinâmico. A força de atrito se caracteriza por ser oposta ao movimento, é proporcional a força Normal do corpo em questão e pode ser calculada pela equação  $F_{at} = \mu * N$ . O atrito estático atua quando não há deslizamentos dos corpos. O atrito dinâmico é aquele que atua quando os corpos estão em movimento e esse é menor que o estático.

Como relatado por Capelli [5], quando o pneu trava ele passa a “escorregar” sobre o solo e, por estar em movimento, o coeficiente de atrito é dinâmico, portanto menor. Como o coeficiente é menor a força também é menor, o que exige um deslocamento maior até a parada completa do veículo. Por outro lado, quando o pneu não desliza sobre o solo (não está travado), o coeficiente de atrito é o estático, o que aumenta a força de atrito e conseqüentemente para o veículo em um espaço menor. A atuação correta do ABS está diretamente relacionada com a pavimentação, sendo a atuação prejudicada em estradas de terra batida e paralelepípedos devido a sua forma de atuação. Alguns modelos apresentam uma versão de ABS *off road* para compensar essa deficiência na atuação.

Independentemente das particularidades de atuação do ABS, foram feitos na década de 90, período em que a tecnologia começou a ser difundida nos países desenvolvidos, a efetividade de atuação para mensurar a potencialidade do ABS na redução de acidentes de trânsito [3].

Evans [7], por exemplo, encontrou em seus estudos que veículos equipados com ABS reduzem em 3% os riscos de acidentes de trânsito. Cahane [4] concluiu que carros com ABS estavam envolvidos em menos acidentes envolvendo outros veículos ou pedestres. Já Farmer [9], obtiveram dados um pouco diferentes: o risco de estar envolvido em um acidente fatal é 11% maior em um veículo com o ABS do que em um sem a tecnologia. Posteriormente, Evans [8] e Yamamoto e Kimura [26] descreveram que a anomalia do ABS acontecia em virtude do comportamento errôneo dos motoristas.

##### Controle de tração

Segundo Guimarães [11], o sistema de controle de tração, conhecido em inglês como Traction Control System (TCS), atua de maneira oposta ao ABS, e visa não permitir que o veículo perca a tração durante a sua locomoção.

Por ser uma função existente em alguns sistemas ABS, utiliza-se os mesmos sensores de velocidade para identificar se as rodas estão patinando. Em caso positivo, o sistema freia a roda e diminui a sua potência por meio do motor. O resultado dessas ações é a manutenção da tração do veículo sobre a via

[11].

### Controle de estabilidade

O programa eletrônico de estabilidade, em inglês Electronic Stability Program (ESP), objetiva não permitir que o veículo derrape por meio de controles nos freios e na árvore de transmissão. O ESP pode ser compreendido como uma evolução dos sistemas ABS e TCS, uma vez que além de executar as tarefas de não permitir o travamento das rodas, função essa do ABS, e não permitir que elas patinem, função do TCS, garantindo que o veículo não “empurre” e não fique instável [19].

Segundo Bosch [19], o controle de estabilidade melhora a condução, além do ABS e TCS, nos seguintes aspectos: apoio ativo ao motorista, mesmo em situações críticas de dinâmica transversal; aumento da estabilidade direcional e do veículo dentro da faixa limite e melhora no comportamento do veículo mesmo em situações críticas de tráfego.

Além dos componentes encontrados no sistema ABS/TCS (sensores de velocidade nas rodas, unidade hidráulica e módulo de controle eletrônico) o sistema ESP possui um sensor localizado no volante de direção, o *steering angle sensor* (sensor de esterço do volante), que visa identificar a trajetória desejada pelo motorista [11].

Segundo Guimarães [11], outro sensor encontrado no sistema ESP é o de taxa de guinada (*yaw rate sensor*). Localizado no chassi do automóvel, ele visa identificar as forças de giro e de aceleração, tanto longitudinal como lateral, que atuam sobre o veículo.

Em um estudo feito pelo *Insurance Institute for Highway Safety* (IIHS) em 2004, concluíram que o controle eletrônico de estabilidade pode evitar cerca de 9.000 acidentes fatais de trânsito anualmente, e reduzir em até 56% acidentes envolvendo apenas um automóvel. Esses resultados ajudaram a tornar o ESP obrigatório em todos os veículos produzidos a partir de 2012 [17].

O ESP não é obrigatório nos automóveis apesar de sua função ser comprovada na redução de acidentes e no índice de mortes no trânsito. Essa tecnologia está prevista a todos os veículos fabricados a partir de 2022.

### Rede CAN

O sistema de barramento de dados *Controller Area Network* (CAN) foi desenvolvido em meados dos anos 80 com o intuito de facilitar a comunicação entre os diferentes componentes eletrônicos dos veículos. Devido a rede CAN, foi possível reduzir o número de condutores no circuito elétrico do

automóvel por meio de centrais, bem como diminuir a probabilidade de falha na rede [5].

A rede CAN utiliza o princípio “*multi-master*” no qual diversas centrais eletrônicas com mesmo nível de prioridade são conectadas por uma estrutura de barramento. Com isso, caso um dos integrantes falhe ainda é possível acessar os demais. Nos outros tipos de estruturas, a falha de um componente já é suficiente para causar falha geral no sistema [19].

### Alerta de colisão frontal (FCW)

O alerta de colisão frontal, ou *forward collision warning* em inglês, como o próprio nome já diz, alerta o motorista em situações onde há um obstáculo na trajetória do veículo e que possa resultar em colisão. Esse sistema, apesar de não frear o veículo automaticamente, aumenta o ganho no pedal do freio, exigindo uma força menor do motorista nas frenagens.

Segundo Guimarães [11], o sistema monitora constantemente a área a frente do veículo por meio de um radar e/ou uma câmera. O módulo de controle eletrônico analisa as informações advindas do radar e da câmera a cada 0,02 segundo, e julga o risco de colisão com o automóvel a frente baseando-se na distância e velocidade relativa entre eles.

Segundo dados de colisões envolvendo veículos de passeio entre 2004 a 2008 nos EUA, o sistema FCW pode prevenir ou mitigar até 20% de todos os acidentes. Porém, analisando-se apenas os acidentes de colisão traseira, a tecnologia teria potencial de evitar cerca de 70% e 48% em colisões que resultaram em mortes [6].

Já, segundo o estudo feito por Cicchino [6] durante 2010 e 2014, no qual analisou acidentes cuja a polícia foi reportada e envolveram veículos com seguro, os sistemas FCW e AEB reduziram em 23% e 39%, respectivamente, os acidentes de colisão traseira.

Além disso, o alerta de colisão frontal reduziu 15% os acidentes que tiveram algum ocupante ferido. Também conclui que tanto o AEB como o FCW são efetivos na prevenção de acidentes do tipo colisão traseira, e que cerca de 300.000 pessoas feridas poderiam ter sido evitadas em 2013 nos EUA caso todos os veículos estivessem equipados com AEB.

### Frenagem de Emergência Autônoma (AEB)

Segundo o centro de pesquisas automotivas Thatcham [25], AEB é uma nova tecnologia que vem sendo cada vez mais implantada nos veículos e que consiste no constante monitoramento do tráfego afrente, similar ao FCW, e freia o veículo automaticamente caso o motorista não reaja a tempo de evitar a colisão. Além disso, essa tecnologia está sendo vista

por especialistas como tão importante quanto o sintoma de segurança.

O sistema AEB funciona semelhantemente como o FCW. Por meio, de uma câmera, de um lidar, ou de um radar, ou uma combinação deles, o sistema monitora o ambiente envolto. Complexos algoritmos calculam a velocidade e posição relativa do veículo afrente e também se há possibilidade de choque. Se uma colisão é inevitável, o sistema freia o veículo automaticamente [25].

Devido à grande diversidade de calibração do sistema de frenagem autônoma, os tipos de AEB são divididos de acordo com a velocidade do veículo, velocidade relativa com o automóvel a frente, e o cenário da situação em questão. Os três principais tipos e que já vem sendo aplicados são: AEB *City*, AEB *inter-urban*, e AEB *pedestrian*.

O AEB *City* atua em situações encontradas nas ruas dentro das cidades, onde a velocidade máxima permitida não é tão alta. Além do veículo precisar estar em baixa velocidade, cerca de 50 km/h, o obstáculo a frente deve estar parado, ou seja, ser um objeto estacionário. É importante salientar que esse tipo de AEB não detecta pedestres [14].

Já o AEB *inter-urban* consegue frear o veículo em três diferentes cenários. O primeiro quando o veículo está a uma velocidade entre 30 a 80 km/h e vai de encontro a outro que está parado. O segundo cenário diferencia-se do primeiro quanto ao veículo a frente, o qual pode encontrar-se em velocidade constante. E o terceiro se refere quando o veículo a frente está em desaceleração [14].

Segundo a instituição que avalia o nível de segurança dos automóveis *New Car Assessment Program* [22], o AEB *pedestrian* consegue evitar ou mitigar acidentes entre veículos e pedestres, em situações nas quais o pedestre, seja um adulto ou uma criança cruze a via, até mesmo saindo por trás de carro estacionados. O automóvel deve estar a uma velocidade de até 50 km/h.

Como já descrito anteriormente, o AEB monitora continuamente a área em frente ao veículo e é capaz de freá-lo sem a intervenção do motorista. Tal monitoramento pode ser feito por meio de radares, câmeras ou lidar, dependendo das especificações que se deseja para a tecnologia [27].

O tipo de radar utilizado nos veículos que utilizam a tecnologia AEB é o radar de micro-ondas FMCW (*Frequency Modulated Continuous Wave*). Seu funcionamento se dá por meio da comparação das ondas eletromagnéticas emitidas e recebidas, após a reflexão feita em um obstáculo. Quando o sistema de transmissão (TX) e receptor (RX) encontram-se no mesmo equipamento, classifica-se o radar como monoestático.

Para conseguir analisar obstáculos a até 200 metros, os radares utilizados geralmente emitem ondas com frequência de aproximadamente 77 GHz. Conhecidos como radares de longo

alcance, eles também possuem um ângulo de abertura que varia de 15 a 20 graus. Todos os radares utilizados em automóveis são do tipo *Doppler*, os quais, através da diferença encontrada na frequência da onda. É comum encontrar nos radares dois transmissores e quatro receptores, ou um transmissor e dois receptores em soluções mais baratas [27].

Lidar é o acrônimo para *Light Detection and Ranging*, ou em português, luz de alcance e detecção. O princípio de funcionamento é o mesmo do Radar mas utiliza luz ultravioleta ou infravermelha para visualizar objetos a cerca de 10 a 20 metros de distância e em situações de baixa velocidade. Atualmente, eles veem sendo substituídos por radares e câmeras devido seu maior custo e capacidade de baixa resolução [27].

Apesar de radar e lidar conseguirem obter uma percepção em 3 dimensões dos objetos, ambos possuem algumas limitações. O primeiro tem dificuldade em distinguir objetos no solo e acima do solo. E em ambos, a sensibilidade de medição dependem muito das propriedades do objeto detectado, como por exemplo, os humanos que ecoam menos que automóveis (GEHRIG, 2005)

Segundo Zita [27], as montadoras utilizam câmeras que funcionam num espectro de visível de luz (380 – 780 nm) ou que funcionam próximo ao infra-vermelho (760 – 1400 nm). Para reduzir o tempo de processamento em algumas situações, como por exemplo a detecção de pedestres passível de atropelamento, as imagens captadas pelas câmeras são em preto e branco e baixa resolução (360 x 240 pixels e 10 Hz). Outra razão que demonstra a importância de se utilizar uma combinação de radar e câmera está na questão de não perder a eficiência em condições climáticas adversas como os radares, sendo um complementar ao outro.

Com o início da introdução do AEB nos veículos, pesquisas foram feitas em países desenvolvidos afim de saber quantos acidentes essa tecnologia seria capaz de evitar. A tabela 1 demonstra o que os autores Fildes *et al* (2015), Kusano e Gabler (2012), HLDI (2011), Docke *et al* (2012), Chavelat *et al* (2013) e Cicchino (2016) observaram que o AEB pode reduzir colisões traseira em até 39%, evitar atropelamentos e até diminuir acionamentos de seguros.

Tabela 1: análise do tipo de estudo e redução de acidentes.

Autores	Tipo de estudo	Redução de acidentes
Fildes <i>et al</i> (2015)	Colisões traseiras	38%
Kusano e Gabler (2012)	Colisões traseiras	7,70%
HLDI (2011)	Seguros acionados	22-27%
Docke <i>et al</i> (2012)	Colisões traseiras	25 – 28%
Chavelat <i>et al</i> (2013)	Pedestres	4,30%
Cicchino, J (2016)	Colisões traseiras	39%

## INVESTIGAÇÃO AVANÇADA DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NA CIDADE DE CAMPINAS

O projeto de Investigação Avançada de Acidentes de Trânsito (IAAT) surgiu como uma necessidade de entender um pouco mais a fundo os acidentes ocorridos no país. Uma parceria entre a SAE Brasil, Empresa de Desenvolvimento de Campinas (EMDEC), Robert Bosch, Polícia Científica, Corpo de Bombeiros, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Joyson e Idiada, estruturou e viabilizou a investigação avançada dos acidentes de trânsito na cidade de Campinas, SP.

O trabalho, pioneiro na América Latina permitiu o melhor entendimento das principais causas e consequências dos acidentes de trânsito e também permite direcionar ações, tanto na infraestrutura da cidade, como nas ações educativas e no desenvolvimento ou adoção de tecnologias automotivas adequadas para minimizar os problemas específicos do Brasil.

Os acidentes de trânsito representam um prejuízo altíssimo para o país, como milhares de mortes e bilhões de reais em custo social anualmente. O diferencial do projeto é o uso de metodologia internacional de investigação, com visita ao local do acidente, registro fotográfico, coleta de diversas variáveis e reconstituição do acidente através de simulação em software profissional.

Por meio das reconstituições, obtém-se além de visualização simulada das ocorrências também informações adicionais como a velocidade de colisão. A equipe que atua no projeto recebeu um treinamento realizado por time especializado europeu que já treinou equipes em países como China, Índia e Alemanha.

A primeira etapa do projeto aconteceu de abril a dezembro de 2016, e foram coletados 90 acidentes de trânsito de forma aleatória. Os acidentes coletados aconteceram entre segunda e sexta-feira no horário das 7h00 às 17h00. Essa amostra foi selecionada para utilizar como referência para este estudo. A segunda etapa do projeto foi retomada no início do ano de 2018 e contou com mais empresas apoiando-o, além daquelas que já estavam na primeira fase.

### I. METODOLOGIA DO IAAT

Imediatamente após a ocorrência do acidente de trânsito na cidade de Campinas, a equipe técnica é mobilizada e, em cerca de 10 minutos, chega ao local. Todas as informações sobre o acidente, tais como localização, envolvidos, tipos de veículo, equipamentos de segurança do veículo, condições climáticas, qualidade da via e sinalização, dentre outras são coletadas no próprio local. Além disso, um croqui é feito manualmente e diversas fotos são tiradas. Todos estes dados são

registrados em base de dados específica e processadas de forma padronizada.

Após a ida ao acidente, a equipe transpõe o croqui em 2D feito manualmente para um *software* especializado. Com esse novo desenho, agora mais detalhado e totalmente em escala, é feita uma reconstituição em 3D do acidente por uma das organizações do convênio. Com isso, é possível analisar e identificar os potenciais pontos de melhoria, bem como entender as particularidades do trânsito brasileiro.

### II. ACIDENTES NA CIDADE DE CAMPINAS (EMDEC)

A Empresa de Desenvolvimento de Campinas (EMDEC), que executa as atividades técnicas da Secretaria Municipal de Transportes (Setransp), divulga anualmente o Caderno de Acidentalidade no Trânsito em Campinas. Há neste material informações relativas a população, veículos, frota e acidentes dos últimos anos. Como nos anos de 2012 a 2017 não foram divulgados os acidentes sem vítimas na Delegacia Eletrônica, não há a quantidade total de acidentes de trânsitos nestes anos.

Em 2003, ocorreram 14.740 acidentes, sejam eles com ou sem vítima. A totalidade anual dos acidentes cresceu até 2008 quando atingiu o maior número: 19.479.

No último ano em que os acidentes foram computados, 2011, tiveram 17.818 ocorrências como mostrado no gráfico 5.

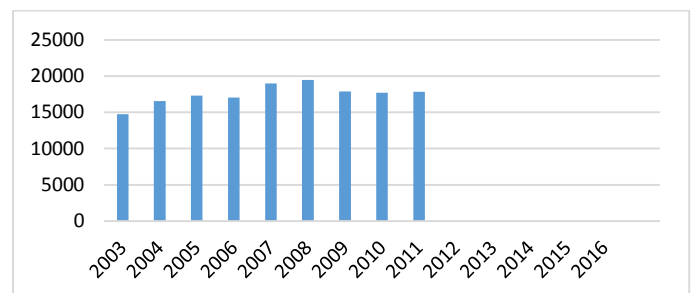


Gráfico 5: quantidade de acidentes em Campinas.

Em 2016, de acordo com o gráfico 6, ocorreram 70 acidentes fatais, que resultaram em 74 mortes. Das 70 ocorrências 38 (55%) tiveram motos envolvidas, sendo que em 4 foram atropelamentos. Os demais veículos participaram de 32 acidentes fatais, os quais 20 (29%) foram de atropelamento.

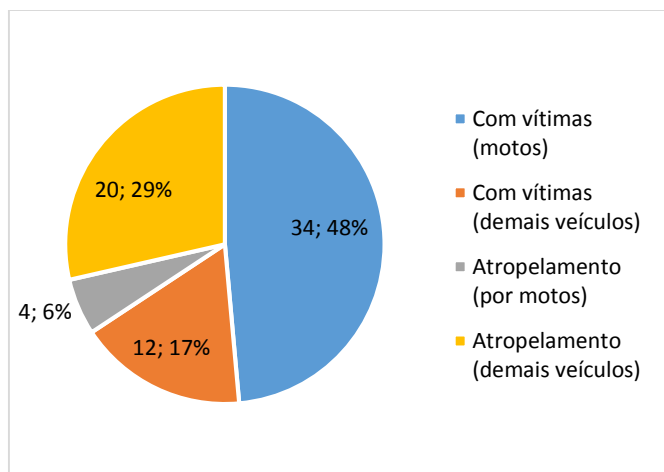


Gráfico 6: acidentes fatais no ano de 2016 na cidade de Campinas.

Conforme mostrado no gráfico 7, a maior parcela dos acidentes fatais na cidade de Campinas em 2016 foram consequências de atropelamento. A segunda maior causa de fatalidade no trânsito da cidade é choque, ou seja, quando o veículo atinge um obstáculo estacionário. Acidentes entre veículos que ocorra em angulações diferentes de 0 e 90 graus, conhecido como abalroamento, como por exemplo quando um dos envolvidos realiza uma conversão a direita ou a esquerda, correspondem a 15% do total. Já as colisões, sejam elas frontais ou traseiras, são a quarta maior causa das mortes no trânsito, com 10% de participação.

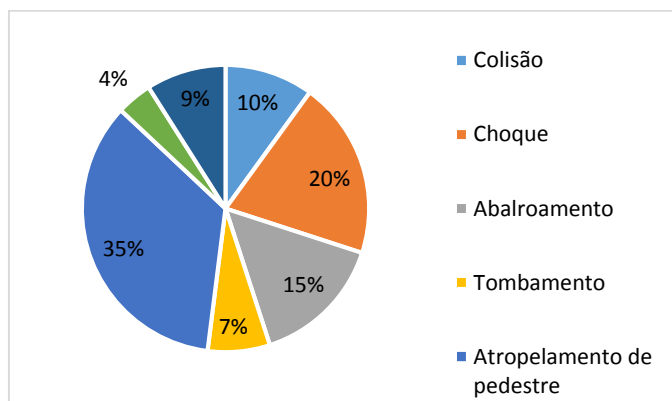


Gráfico 7: natureza dos acidentes fatais em 2016 na cidade de Campinas.

Conforme o Caderno de Acidentalidade (2016), a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu que 2011 a 2020 seria a Década de Ação pela Segurança no Trânsito que tem como meta reduzir em pelo menos 50% as mortes no trânsito. Campinas, na variação entre 2010 e 2016, conseguiu diminuir 29% o número de vítimas fatais. Mas esses dados não refletem na estatística do país.

O número de atropelamentos, que é a maior causa dos acidentes fatais em Campinas, esteve entre 585 e 843 casos durante os anos 2003 e 2008, que foram os anos com menor e maior quantidade, respectivamente. Após 2008, os índices de atropelamento decresceram e atingiram seu melhor resultado em 2014 com 396 casos. O ano de 2015 se manteve praticamente igual ao ano anterior.

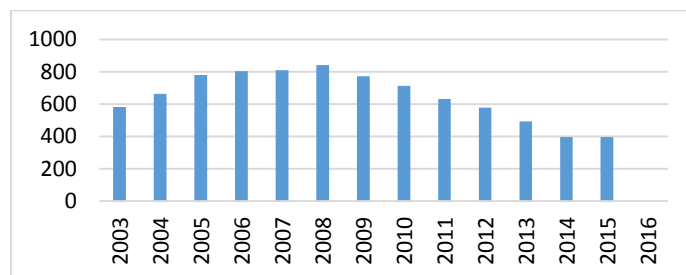


Gráfico 8: quantidade de atropelamentos na cidade de Campinas.

## RESULTADOS

Com os dados encontrados no projeto IAAT, foi feita uma análise da quantidade de acidentes de trânsito com potencial de ser evitados com cada tipo de AEB apresentado no item 4.

A porcentagem encontrada foi extrapolada para o número total de acidentes de trânsito na cidade de Campinas. A população usada na estatística foi a média aritmética dos cinco anos de acidentes computados, que são: 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011.

Na primeira etapa do projeto que ocorreu entre abril e dezembro de 2016, foram analisados 89 acidentes de trânsito envolvendo 165 veículos e 264 pessoas. Além disso, participaram dos acidentes: 79 motocicletas; 54 automóveis; 14 pedestres; 10 ônibus; 9 caminhões; 1 ciclista; e 4 classificados como “outros”.

Uma das limitações deste estudo foi a pequena dimensão da amostra. Por causa de seu tamanho de 89 acidentes de trânsito numa população de aproximadamente 18.500, a amostra restringe a confiabilidade estatística. Para o presente estudo utilizamos um grau de confiança de 90% e um erro amostral de 8,7%.

A média aritmética dos acidentes de trânsito de 2007 a 2011 em Campinas, que são os últimos anos com informações para a cidade, foi de 18.374. Esse número foi a população para uso estatístico para a referência do cálculo de possíveis acidentes evitados com a tecnologia AEB.

Conforme encontrado na análise dos acidentes do IAAT, o AEB teria potencial de evitar e/ou minimizar 6,6% do total de acidentes na cidade de Campinas. Extrapolando esse

percentual para o total de acidentes de trânsito da cidade, a tecnologia atuaria em cerca de 1.212 acidentes anualmente, sendo uma proporcionalidade de 1/3 cada: 404 referente ao AEB *city*; outros 404 para o *inter-urban*; e outros 404 para o AEB *pedestrian*.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da NBR 10697, classifica os acidentes de trânsito da seguinte maneira:

- Atropelamento: acidente no qual o pedestre ou animal sofre impacto de um veículo;
- Capotamento: acidente em que o veículo gira sobre si mesmo;
- Choque: acidentes em que há impacto com objetos fixos ou móveis, porém parados;
- Colisão frontal: colisão que ocorre frente a frente, quando os veículos estão no mesmo sentido porém em direções opostas;
- Colisão traseira: Ocorre a frente de um veículo com a traseira de outro, podendo estar no mesmo sentido ou em sentidos opostos;
- Abalroamento lateral: colisão que ocorre lateralmente, quando os veículos transitam na mesma direção, podendo estar no mesmo sentido ou em sentidos opostos;
- Abalroamento transversal: ocorre transversalmente, quando os veículos transitam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente;
- Engavetamento: Acidente em que há impacto entre três ou mais veículos.

A classificação usada no presente estudo tomou como base a NBR 10.697, porém com um pequeno ajuste para evitar interpretações errôneas. O choque é apenas em objetos fixos. Acidentes onde o veículo colide com a traseira de outro parado (em um semáforo, por exemplo) foram considerados como colisão traseira.

Analisando a tipologia dos acidentes, encontrou-se a seguinte divisão: 13% de abalroamentos laterais, 34% abalroamentos transversais, 12% de atropelamentos de pedestres, 10% choque, 6% colisão frontal, 20% colisão traseira e 5% como outros.

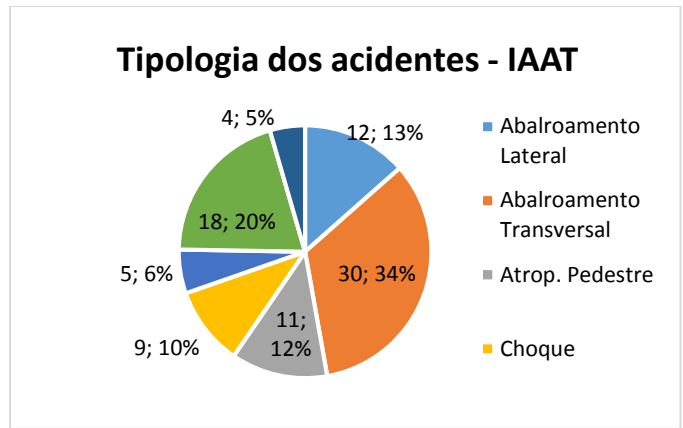


Gráfico 9: tipologia dos acidentes.

Como em alguns casos não foi possível identificar a velocidade dos veículos no momento da colisão, utilizou-se como premissa que a velocidade ao colidir foi a velocidade máxima da via.

Analisando as 18 colisões traseiras, acidentes estes que o AEB *city* e *inter-urban* são compatíveis de evitar, concluiu-se que muito provavelmente as tecnologias evitariam as colisões nos casos coletados e numerados como: acidente 06, 07, 49 e 73. Nos dois primeiros, a velocidade máxima da via era 60 km/h, portanto a tecnologia a ser usada seria o AEB *inter-urban*, e os acidentes numerados 49 e 73, por causa da velocidade máxima da via ser 30 e 40 km/h respectivamente, deveria ser usada a tecnologia o AEB *city*.

Referente aos atropelamentos de pedestres, a tecnologia AEB *pedestrian* teria grande potencial de evitar ou ao menos minimizar os danos causados em 2 acidentes, ou seja, 18% dos atropelamentos de pedestre. Os casos são os números 02 e 77, cuja as velocidades máximas eram de 60 e 40 km/h, respectivamente.

Analisando a tabela abaixo é possível identificar que a tecnologia AEB poderia reduzir os acidentes e suas consequências em até 6,6% do total, sendo que a tecnologia tem potencial de reduzir em 22% as colisões traseiras e em 18,1% os atropelamentos.

Tipo de tecnologia AEB	Número de acidentes possivelmente evitados	Total de acidentes de mesma tipologia	Porcentagem de acidentes possivelmente evitados na mesma tipologia	Porcentagem total
AEB <i>city</i>	2	18	11,1%	2,2%
AEB <i>inter-urban</i>	2	18	11,1%	2,2%
AEB <i>pedestrian</i>	2	11	18,1%	2,2%
				6,6%

## 7. CONCLUSÕES

As tecnologias embarcadas como ABS, TCS, ESP e Rede CAN são fundamentais para que os sistemas de frenagem autônoma sejam efetivamente realizados.

Os três tipos de frenagem autônoma nesse estudo, que são: AEB *city*, AEB *inter-urban* e AEB *pedestrian* podem trabalhar separadamente como integralmente. Nesse estudo mostrou-se que se aplicado nas condições das vias na cidade de Campinas, todas as tecnologias atuariam para a redução e mitigação dos acidentes.

Os dados do projeto IAAT mostraram-se fundamentais para se ter um parâmetro da efetividade da de frenagem autônoma e comprovar a importância dessa tecnologia como item de série e obrigação como feito já com o ABS e *airbag*.

O ESP que está previsto para todos os veículos fabricados a partir de 2022 é parte da tecnologia embarcada e empregada nesse estudo de frenagem autônoma, sendo de total relevância para os automóveis.

Considerando o erro amostral de 8,7% e o universo de 18.374 de acidentes, desses dados foi constatado que 2,2% de cada tipo de AEB seria efetivamente utilizado para evitar algum tipo de acidente. Desses números, podemos afirmar, que os número de acidentes evitados podem variar de 439 a 369 acidentes para cada tipo de AEB.

No total, considerando as três tecnologias embarcadas no mesmo veículo, o número de acidentes evitados teria uma variação de 1.317 a 1.107 acidentes.

Considerando a tabela 1, que mostram análises de redução de colisões traseiras, seguros acionados e atropelamentos, todas as porcentagens foram maiores que as encontradas nesse estudo de modo que os resultados tendem a ser conservadores.

Como é sabido que parte dos acidentes de trânsito há despesas médicas e hospitalares, bem como óbitos, um projeto de lei que obrigasse a presença das tecnologias de segurança automotiva nos veículos iria reduzir gradativamente o número de internações, sequelados e mortes no trânsito.

Políticas públicas de isenção de impostos para todos os componentes que contribuem para evitar acidentes, tais como tecnologias ativas e passivas, deveriam ser incentivadas para redução dos gastos representativos na saúde pública.

## REFERENCES

- [1] AMARAL; G. L.; YASBEK; C. L.; OLENIKE; J. E.; Frota Brasileira de Veículos em Circulação. Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação Empresômetro Tecnologias Ltda. Março de 2018.
- [2] BAENINGER, R; GONÇALVES, R. Novas Espacialidades no Processo de Urbanização: A Região Metropolitana de Campinas; ABEP, 2016.
- [3] BURTON, D. DELANEY, A. NEWSTEAD, S. LOGAN, D. FILDES, B. Evaluation of antilock brake system effectiveness, 2004.
- [4] CAHANE, C. Preliminary evaluation of the effectiveness antilock brake system for passenger cars. NHTSA technical report, 1994.
- [5] CAPELLI A. Eletroeletrônica Automotiva: Injeção eletrônica, arquitetura do motor e sistemas embarcados. Primeira edição. Editora Érica, 2010.
- [6] CICCHINO, J. Effectiveness of forward collision warning system with and whitout autonomous emergency braking in reducing police-reported crash rates. 2016.
- [7] EVANS, L. ABS and relative crash risk under different roadway, weather, and other conditions. SAE950353. 1995.
- [8] EVANS, L. GERRISH, P. H. Antilock brakes and risk of front and rear impact in two-vehicle crashes. Accidents Analysis and Prevention, 1996.
- [9] FARMER, C. New evidence concerning fatal crashes of passengers vehicles before and after adding antilock brake system. 2001.
- [10] FERGUSON, S. The Effectiveness of Electronic Stability Control in Reducing Real-World Crashes: A Literature Review, 2007.
- [11] GUIMARÃES, A. Eletrônica Embarcada Automotiva. Primeira edição. São Paulo. Editora Érica, 2007.
- [12] HALL-GEISLER, K. *How Electronic Stability Control Works*. How Stuff Works, 2009.
- [13] HARVEY, David. 1990. *The Condition of Postmodernity*. Oxford: Basil Blackwell.
- [14] HULSHOF W., KNIGHT I. AVERY. M., GROVER C. Autonomous Emergency Braking Test Results. Thatcham Research. 2014.
- [15] Lie, L; Tingval, C. The Effectiveness of Electronic Stability Control (ESC) in Reducing Real Life Crashes and Injuries, 2006.
- [16] MOTA, C. V. Por que a sensação de crise persiste mesmo com a recuperação da economia? BBC Brasil, link: <http://www.bbc.com/portuguese/brasil-42190110>. Dezembro, 2017. Retirado dia 07 de maio de 2018.
- [17] OLOVI, R. Estudo Sobre o Funcionamento de Sistema de Controle de Tração em Veículos Automotores, 2014.
- [18] PUBLICAÇÃO ABRACICLO. Dados do setor. Website: <http://www.abraciclo.com.br/dados-do-setor>. Acesso em 15 de maio de 2018.
- [19] PUBLICAÇÃO BOSCH. Manual de Tecnologia Automotiva. 25ª edição. 2005.
- [20] PUBLICAÇÃO DENATRAN. Frota de veículos. Website: <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>, Acesso em 13 de maio de 2018.
- [21] PUBLICAÇÃO IBGE. Dados da população. Website: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novportal/sociais/populacao.html>, Acesso em 7 de maio de 2018.
- [22] PUBLICAÇÃO NCAP. Vehicle Safety. Website: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/pedestrian-protection/aeb-pedestrian/>. Acesso 11 de maio de 2018.
- [23] PUBLICAÇÃO OMS. Dados de acidentes. Website: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_traffic/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/en/), Acesso em 9 de maio de 2018.
- [24] PUBLICAÇÃO ONSV. Retrato da Segurança Viária no Brasil. Observatório Nacional de Segurança Viária, 2014.
- [25] PUBLICAÇÃO THATCHAM. What is autonomous emergency braking (AEB)? Website: <https://www.thatcham.org/>. Acesso em 10 de maio de 2018.
- [26] YAMAMOTO, A. KIMURA, Y. Influence of ABS on rollover accidents. 1996.
- [27] ZÍTA, P. Simulation of AEB system testing, Czech Technical University in Prague Faculty of Mechanical Engineering, 2017.