

Freios automáticos emergenciais para redução de acidentes: ações possíveis de gestão e potencialidades

Edison de Oliveira Vianna Jr. *

Roberta Consentino Kronka Mülfarth **

RESUMO:

Acidentes de trânsito matam todos os anos milhões de pessoas no mundo, segundo a World Health Organization WHO houve 1,35 milhão de mortes no trânsito em todo o mundo, em 2016 [4], com outros milhões sofrendo ferimentos graves e vivendo com sequelas permanentes. O Brasil fica atrás da Índia e China em mortes no trânsito, segundo a agência [4]. De acordo com dados do Ministério da Saúde, o país registrou 32.667 mortes em acidentes em vias e rodovias em 2019, número que subiu ligeiramente para 32.716 em 2020 e continuou a aumentar para 33.813 em 2021. Ou seja, um aumento de 3,5% em três anos [2]. Na cidade de São Paulo o acréscimo de fatalidades no trânsito iniciou-se em 2021 mantendo-se em elevação até 2023. Os motociclistas foram as vítimas que mais perderam a vida rodando em São Paulo: 409 morreram em 2023. Na sequência, vêm os pedestres e as vítimas de acidentes de carro. Do total, 81% são homens e 19%, mulheres [3]. Segundo a OPAS três por cento do PIB dos países da América Latina são consumidos com acidentes de trânsito [4]. Considerando o aumento dos acidentes fatais deve-se buscar soluções que ofereçam redução de impacto nestes sinistros assim como foi a implantação do cinto de segurança nos anos 90, este dispositivo conjuntamente com as bolsas de ar, air bags, que atuam nos passageiros, que são protegidos também pela carapaça metálica existente, porém quem está fora e exposto ao acidente não conta com o mesmo recurso. Dada a fragilidade de pedestres, ciclistas e motociclistas deve-se dotar os veículos de sistemas que possam exercer papel ativo na minimização dos acidentes e suas consequências. O objetivo deste artigo é mostrar os recursos existentes dentro do veículo que possam minimizar os impactos do acidente sobre os elementos do tráfego externos ao veículo. Podemos listar os dispositivos de redução de velocidade como os freios de emergência e seus componentes, luzes, sensores e detectores de aproximação dianteira ou traseira e sistemas de atuação automática para evitar colisão frontal. Metodologia adotada foi a identificação dos dispositivos dos veículos que devem ser obrigatórios nos veículos para redução dos impactos e severidade de acidentes, e deve ser estabelecido uma legislação que versará sobre a presença obrigatória destes elementos às montadoras de veículos. Os freios automáticos são os primeiros destes itens, e para que funcione é necessário que seja antecipada o

máximo possível a resolução que regulamente estes itens, apesar de haver minuta de Resolução no SENATRAN para este fim esta não foi publicada [5].

* *Pós-doutorando IEA USP e Doutor em Engenharia Elétrica na Escola Politécnica USP e Mestre em Arquitetura e Urbanismo (FAUUSP). Gestor da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) e membro do grupo Gestão em Automação & TI –GAESI.*

** *Presidente da Comissão de Pesquisa e Inovação - CPqi FAU. Professora Doutora FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Vice Coordenadora Científica - USP CIDADES. AUCANI - Colaboradora Especial*

Palavras-chave: *Segurança de trânsito, freio automático de emergência, AEB, freio antibloqueio, ABS, automação veicular*

ABSTRACT

Traffic accidents kill millions of people every year around the world, according to the World Health Organization WHO, there were 1.35 million traffic deaths worldwide in 2016[4], with millions more suffering serious injuries and living with permanent sequelae, Brazil is behind India and China in traffic deaths, according to the agency [4]. According to data from the Ministry of Health, the country recorded 32,667 deaths in accidents on roads and highways in 2019, a number that rose slightly to 32,716 in 2020 and continued to increase to 33,813 in 2021. In other words: an increase of 3.5% in three years [2]. In the city of São Paulo, the increase in traffic fatalities began in 2021 and remained on the rise until 2023. Motorcyclists were the victims who lost the most lives while riding in São Paulo: 409 died in 2023. Next come pedestrians and victims of car accidents. Of the total, 81% are men and 19% are women [3]. According to PAHO, three percent of the GDP of Latin American countries is consumed by traffic accidents [4]. Considering the increase in fatal accidents, solutions must be sought that offer a reduction in the impact of these accidents, as was the implementation of seat belts in the 90s. This device, together with air bags, act on passengers, who are protected also due to the existing metal shell, but those outside and exposed to the accident do not have the same resource. Given the fragility of pedestrians, cyclists and motorcyclists, vehicles must be equipped with systems that can play an active role in minimizing accidents and their consequences. The objective of this article is to search for all the resources inside the vehicle that can act to minimize the impacts of the accident on elements external to the vehicle. We can list speed reduction devices such as emergency brakes and their components, lights, front or rear approach sensors and detectors and automatic actuation systems to avoid frontal collisions. The methodology adopted was the identification of vehicle devices that must be mandatory in vehicles to reduce the impacts and severity of accidents, and legislation must be established that will deal with the mandatory presence of these elements for vehicle manufacturers. Automatic brakes are the

first of these items, and for them to work it is necessary to anticipate as much as possible the resolution that regulates these items, although there is a draft Resolution in SENATRAN for this purpose, it has not been published [5].

INTRODUÇÃO

Os acidentes

O crescimento dos eventos fatais em acidentes de trânsito em São Paulo nos últimos anos requer uma abordagem de controle mais efetiva. Apesar dos programas de mortes zero estarem em vigência, a tendência que se vislumbra nas estatísticas é outra, de acordo com o gráfico 1. esta parece ser uma tendência internacional[35].

“Veículos inseguros - Veículos seguros desempenham um papel essencial na prevenção de acidentes e na redução da probabilidade de lesões graves. Há uma série de regulamentos das Nações Unidas sobre segurança veicular que, se aplicados aos padrões de produção dos países, potencialmente salvariam muitas vidas. Isso inclui exigir que os fabricantes de veículos cumpram as regulamentações de impacto dianteiro e lateral, incluindo controle eletrônico de estabilidade, airbags e cintos de segurança em todos os veículos. Sem esses padrões básicos, o risco de lesões no trânsito – tanto para os que estão nos veículos quanto para os que estão fora deles – aumenta consideravelmente.”[4]

Mortes no trânsito de São Paulo

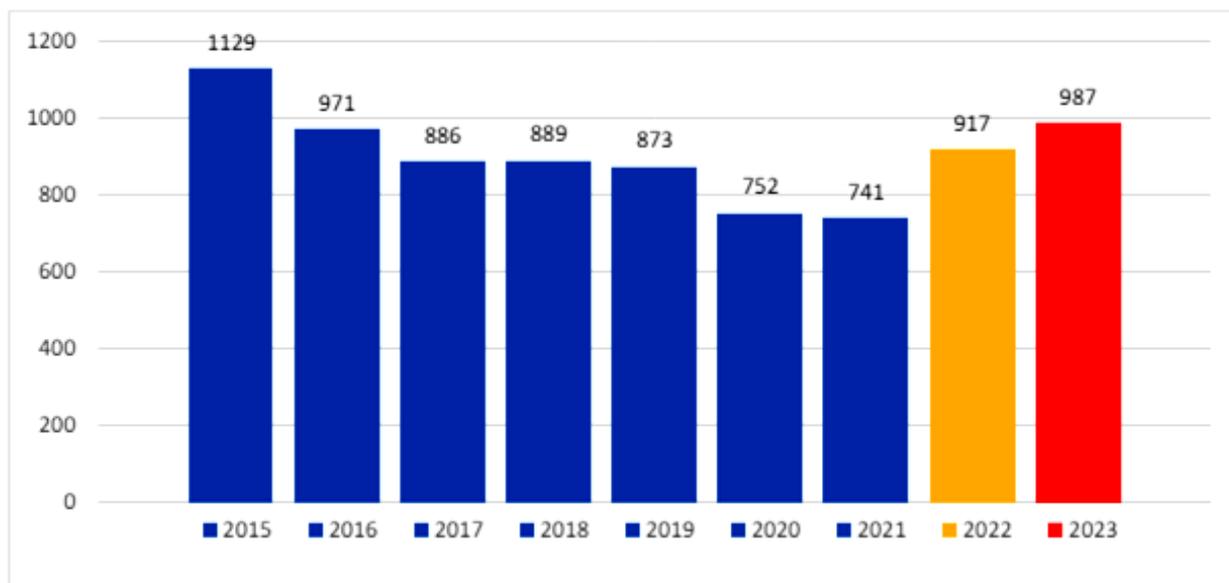


Gráfico 1- Fonte: Reprodução/TV Globo [3]

Todas as medidas devem ser tomadas para que não se consolide esta tendência de crescimento e que possamos caminhar sentido a quantidade zero de mortes.

“O número de mortes em acidentes no ano passado na cidade de São Paulo foi o maior dos últimos oito anos. Os dados são do sistema de informações de acidentes de trânsito do governo do estado, o Infosiga (veja os dados abaixo). Foram 987 óbitos no ano passado. Em 2022, foram 917. Os motociclistas foram as vítimas que mais perderam a vida rodando em São Paulo: 409 morreram em 2023. Na sequência, vêm os pedestres e as vítimas de acidentes de carro. Do total, 81% são homens e 19%, mulheres. Número de mortes em acidentes no trânsito de SP em 2023 é o maior dos últimos oito anos foram 987 vítimas fatais no ano passado. Em 2022, 917 mortes, segundo o Infosiga, plataforma do governo do estado.” [3]

Considerando que a idade média da frota de veículos do país é de quase 10 anos e nove meses de uso, e que a venda de novos não é suficiente para compensar a obsolescência, toda a urgência é necessária para atender os objetivos de redução de acidentes. [6]

Em observação à distribuição de gênero dos acidentes, o público masculino tem dominado na participação de acidentes[4]. Os motivos são conhecidos sobretudo pelas companhias seguradoras que cobram prêmios menores para o público feminino [3]. As possibilidades podem ser: a agressividade ao dirigir e as disputas frenéticas dos espaços cada vez mais exíguos do tráfego de São Paulo.

Mais de 90% das mortes no trânsito ocorrem em países de baixa e média renda. As taxas de mortalidade por lesões no trânsito são mais elevadas na região africana da OMS. Mesmo em países de alta renda, pessoas de menor nível socioeconômico são mais propensas a se envolver nesses eventos [4]. Há iniquidade da mobilidade, oculta na distribuição dos acidentes e fatalidades do trânsito, portanto os mais vulneráveis economicamente tendem a ser os mais vulneráveis, conforme ilustra o gráfico 2, jovens e idosos.

Acidentes fatais por modo e faixa etária na cidade de São Paulo 2021

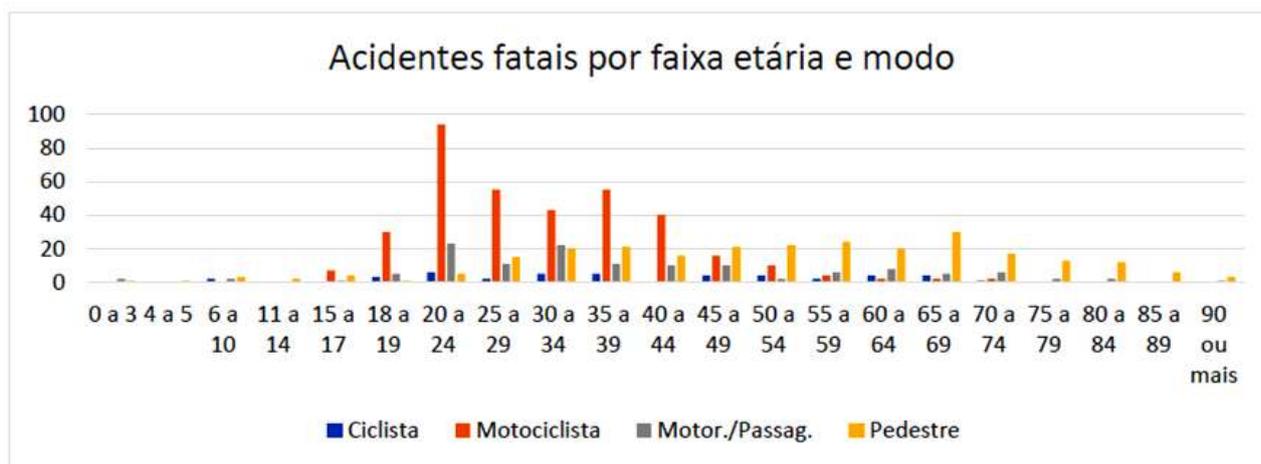


Gráfico 2 - Fonte: Gráfico elaborado pelo autor a partir de dados do Relatório Anual 2021[7].

Ainda segundo o gráfico 2, pode-se observar que em 2021 em São Paulo os acidentes fatais são predominantes em elementos frágeis do tráfego como pedestres de maior idade, jovens motociclistas e ciclistas. Pode-se com a adoção obrigatória do AEB, sem possibilidade de desativação pelo condutor reduzir a fatalidade dos acidentes, justificando os investimentos das montadoras nesta tecnologia.

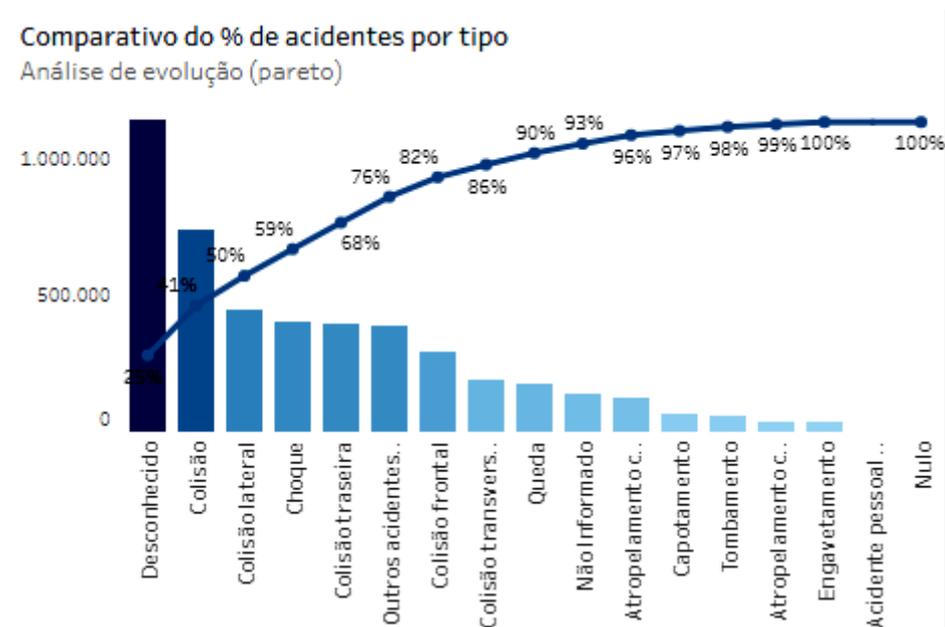


Gráfico 3 - Fonte RENAEST [8]

Em pesquisa realizada no Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (Renaest), nos anos de 2020 a 2023 (incompleto) constatou-se a ocorrência de 3.598.786 acidentes em todo o Brasil. Quando prospectamos os tipos de acidentes observados no gráfico 3, na comparação dos tipos de acidentes declarados, há uma predominância dos acidentes que seriam evitados com o uso de freios automáticos AEB: colisões, choques, atropelamentos, engavetamentos e atropelamento de animais, que somam 53% dos acidentes, ou seja, até 1.907.356 poderiam ser evitados, número que poderá ser maior se considerada parcela dos 28% dos acidentes que são desconhecidos ou cujos tipos não são informados.



Gráfico 4 - Fonte RENAEST [8]

Pode-se constatar, desta forma, em âmbito nacional, a importância da aplicação destas tecnologias de frenagem emergencial automática. Neste artigo procura-se abordar a implantação de sistemas mais eficazes na prevenção dos acidentes e suas consequências, a perspectiva de que o “cinto de segurança

dos pedestres, motociclistas e ciclistas” não esteja nestes últimos elementos senão nos veículos automotores de dois eixos ou mais, e quanto maior sua massa maior seria a responsabilidade pela contenção de sua energia cinética. Assim o AEB poderia com custo relativamente baixo reduzir os sinistros. No gráfico 4 a tendência de crescimento também se esboça, apesar do ano de 2023 não estar completo (dados até setembro).

As políticas públicas

O combate aos acidentes de trânsito tem adotado a Visão Zero mortes. No caso de São Paulo, a CET adota a Visão Zero que se baseia na premissa que nenhuma morte prematura é aceitável, entendendo que a vida humana é principal prioridade, sobrepondo-se à eficiência da mobilidade e quaisquer outros objetivos dos sistemas viários e de transporte [33]. Mas a redução até zero parece estar mais distante com estes resultados apresentados. Outras medidas tem sido adotadas com bons resultados com sinalização e engenharia de trânsito, fiscalização e educação, no caso de São Paulo a faixa azul reverteu as fatalidades em motocicletas nas principais avenidas de São Paulo nos últimos dois anos.

A Visão Zero é uma política que tem seu início na Suécia, onde empresas têm adotado e desenvolvido produtos com bons resultados. A Volvo, por exemplo, tem implementado freios de emergência em caminhões com resultados extraordinários, e a Suécia é o país que tem menos acidentes com crianças no mundo devido as suas políticas públicas de prevenção de acidentes de trânsito[34]. As melhores metodologias de combate aos acidentes estão nas Universidades Suecas.

O aumento dos tamanhos dos veículos tem feito crescer as acidentalidades com pedestres. E esta novidade tem sido noticiada nos EUA, onde o aumento de sport utility vehicle SUVs, Veículos Utilitários Esportivos, mais elevados, espaço interno amplo, maior capacidade de carga, distância maior do piso ao eixo, ângulo de ataque maior e tolerância a rampas mais acentuada [35].

“As mortes de pedestres nos EUA têm aumentado continuamente, atingindo o nível mais alto em mais de 40 anos. O número de mortes de pedestres está crescendo mais rapidamente do que o número de mortes no trânsito em geral, aumentando mais de 80% desde 2009. A nova investigação acrescenta provas crescentes de que os veículos maiores são um fator importante nas mortes de pedestres – embora os especialistas em segurança dos transportes afirmem que há múltiplas razões para o aumento, incluindo o desenho das estradas e os carros que se deslocam a velocidades mais rápidas. Pesquisadores do IIHS estudaram dados de quase 18.000 atropelamentos. Eles descobriram que picapes, SUVs e vans com altura de capô superior a 40 polegadas têm 45% mais probabilidade de causar mortes do que veículos mais curtos com altura de capô de 30 polegadas ou menos.”[35]

As ciclovias têm capacidade para suportar o crescimento e há uma rede de cobertura regional inicial, a cidade tem cerca de 600 km de ciclovias e ciclofaixas em boas condições. Também é necessária a implementação de um plano de tratamento da rede de pedestres com melhor qualidade de passeios, arborização e tratamento urbanístico de qualificação urbana.

A nova regra exige que todos os veículos de passageiros com peso igual ou inferior a 10.000 libras (4.500 kg) tenham aviso de colisão frontal, frenagem automática de emergência e frenagem de detecção de pedestres. Os padrões exigem que os veículos parem e evitem bater em um veículo à sua frente a velocidades de até 100 quilômetros por hora. Além disso, eles devem aplicar os freios automaticamente a até 145 km/h (90 mph) se uma colisão com o veículo à frente for iminente. Os sistemas também precisam detectar pedestres durante o dia e a noite, e devem parar e evitar pedestres entre 50 e 64 km/h (31 mph a 40 mph), dependendo da localização e do movimento do pedestre. [36]

Este artigo trata do AEB como parte de um conjunto de políticas públicas de combate aos acidentes que tem sido um esforço internacional, tanto que as Nações Unidas consideram esta década para ações de segurança viária.

Metodologia

A metodologia deste trabalho é prospectar melhores políticas públicas para redução de acidentes de trânsito e suas consequências ou severidades. Considerando que adoções de medidas de sinalização e fiscalização de trânsito tenham sido tomadas e algumas levadas ao limite, sugere-se, assim, que medidas normativas às montadoras e projetistas dos veículos, para inclusão imediata dos sistemas de freios de emergência, que não foram adotados ainda no Brasil. Considerando os esforços da indústria em introduzir elementos que aumentem a automação dos veículos, o estado pode dirigir estes esforços naqueles sistemas que maior impacto na redução de acidentes possam produzir, e os impactos do AEB são significativos. Os indicadores para avaliação destas ações são as mortes para cada 100.000 habitantes, onde a cidade de São Paulo ocupa a 15ª posição com 6,4 mortes por 100.000, conforme tabela 1. [33]

Mortes no trânsito a cada 100 mil hab. Em grandes cidades Brasil, América Latina e mundo

Cidade	Ano da inf.	Mortes / 100.000 hab.
Estocolmo	2018	0,9
Copenhague	2018	1,5
Londres	2018	1,5
Nova Iorque	2018	2,7
Salvador	2019	4,6
Roma	2018	4,9
Porto Alegre	2019	5,1
Cidade do México	2018	5,6
Bogotá	2019	6,1
São Paulo	2019	6,4
Montevideo	2019	7,3
Curitiba	2018	9,7
Brasília	2018	9,4
Rio de Janeiro	2018	9,6
Campinas	2019	10,1
Medelin	2017	10,5
Cuiabá	2018	17,8

Tabela 1- Fonte: Autor adaptado de SAT CET [33]

O estado da arte

A tecnologia embarcada que evita acidentes também chamada de segurança ativa é composta basicamente por freios, redução de marcha, buzina e direção. Os freios presentes em um veículo podem ser: de estacionamento, freios de reboque, semirreboque e freios principais ou de serviço, os quais serão tratados aqui, a segurança passiva é composta por sistemas como cintos de segurança de três pontos, *air bags*, que minimizam os impactos, como os apoios de cabeça, colunas de direção deformáveis e válvulas bloqueadoras de combustível. Os modernos sistemas de segurança ativa são: freios ABS – freios antibloqueio, sistema de distribuição eletrônica de frenagem (EDB), aviso de saída de faixa, reconhecimento de sinais de trânsito, aviso de distância segura, detecção de cansaço,

alcoolemia, e efeitos psicotrópicos, além do AEB que são obrigatórios nos Estados Unidos da América do Norte desde primeiro de setembro de 2022 [36].

Distâncias de parada e velocidades - USA National Association of City Transportation Officials

km/h	Freiada/distância de parada			dist. de reação	dist. total parada	desac.m/s ²
	vel. Km/h	m/s	distância de parada			
19	16,09	4,48	1,52	6,71	8,23	6,59
24	24,14	6,71	3,35	10,06	13,41	6,71
32	32,19	8,93	5,79	13,41	19,20	6,89
40	40,23	10,97	9,14	16,76	25,91	6,58
48	48,28	13,41	13,11	20,12	33,22	6,86
56	56,33	15,64	17,98	23,47	41,45	6,80
65	64,37	17,89	23,16	26,82	49,99	6,91
72	72,42	20,12	29,57	30,18	59,74	6,84
81	80,47	22,34	36,27	33,53	69,80	6,88
89	88,51	24,60	43,89	36,88	80,77	6,89
97	96,56	26,82	52,43	40,23	92,66	6,86
105	104,61	29,05	61,57	43,59	105,16	6,85
113	112,65	31,30	71,32	46,94	118,26	6,87

Tabela 2 – Fonte: tradução e adaptação do autor de NACTO [9] .

Pode-se observar que para a velocidade de deslocamento mais comum em todas as cidades do mundo é de 50 km/h, a velocidade grifada na tabela 1, a distância de parada com desaceleração de 6,86m/s² é de 33,22 metros, ou seja, cerca de um terço de uma quadra para a parada completa do veículo, sendo que 40% desta distância é para o veículo parar fisicamente da velocidade inicial 48km/h até a velocidade final 0, e 60% desta distância é para a distância de reação, quando o condutor vê, identifica o obstáculo, toma a decisão de parar e seu corpo manda a mensagem ao músculo e este aciona no pedal de freio. Se há a atuação do AEB este tempo pode ser reduzido pois o veículo reage mais prontamente, e toma a decisão assim que necessário automaticamente, este não tem nenhuma distração que possa porventura aumentar esta distância, fato que tem ocorrido muito recentemente devido aos telefones celulares e o uso de navegadores, inclusive.

“A distração causada por celulares é uma preocupação crescente para a segurança no trânsito. Os condutores que usam celulares enquanto dirigem têm cerca de 4 vezes mais chances de estarem envolvidos em um acidente. O uso de um telefone ao dirigir diminui os tempos de reação (principalmente o tempo de reação da frenagem, mas também a reação aos sinais de trânsito) e dificulta que o condutor mantenha o carro na pista correta e guarde as distâncias de segurança.”[4]

O sistema de comunicação do AEB é mais eficiente porque as velocidades dos impulsos elétricos são quase instantâneas, enquanto que as sinapses ocorrem a uma velocidade de 1,2m/s (4,32km/h), para uma pessoa de 1,7m de altura a mensagem levaria cerca de um segundo para chegar ao pé, tempo pelo qual o veículo se deslocaria 13,41m, portanto o AEB deve ser instalado considerando a necessidade de parar o veículo a uma distância mais curta, e como backup do condutor. Caso o condutor falhe, o AEB aciona os freios e para o veículo, a probabilidade de acidentes cai muito, e se houver o impacto os danos podem ser minorados.

A física da frenagem

A frenagem pode contar com diversas etapas: a decisão de frear, retirada dos pés dos aceleradores, provocando a redução, acionamento no freio principal, acionamento da redução e no caso de reboques o acionamento dos freios auxiliares. São favoráveis ao freio a resistência do ar e o aumento da pressão no eixo ou eixos dianteiros (comum em ônibus e caminhões dois eixos dianteiros).

Após a introdução dos discos de freio nos veículos e motocicletas buscou-se a eficiência desta frenagem que pode ser obtida por meio da manutenção da frenagem em condição de atrito estático, evitando a entrada em atrito dinâmico, condição encontrada quando as rodas estão bloqueadas. A condição de atrito estático se dá quando a velocidade de um ponto no piso é zero em relação ao ponto correspondente no pneu, para que isto ocorra foi desenvolvido o sistema *Antilock Braking System* (ABS), podemos traduzir como sistema de freios antibloqueio. Hoje o ABS é equipamento obrigatório no Brasil, segundo a RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 915, DE 28 DE MARÇO DE 2022[11].

Há basicamente dois tipos de força de atrito, estático ou dinâmico, a força de atrito estático:

$$\vec{f}_{at} = \mu_e \cdot \vec{N}$$

Onde:

(eq. 1)

\vec{f}_{at} é a força de atrito, medida em Newton [N].

μ_e é o coeficiente de atrito dinâmico, adimensional.

\vec{N} é a força normal ao plano de deslocamento do móvel, se o plano for horizontal N é igual ao peso do móvel, medida em Newton [N].

O coeficiente de atrito dependerá basicamente das características das superfícies em contato e da área de contato entre as superfícies. No gráfico 5 observa-se a condição linear de crescimento da Força de atrito até a saída do atrito estático, início do movimento, observa-se que a Força de atrito estática é maior que a dinâmica. Sabemos disto quando empurramos um armário pesado, que ao entrar em arraste parece ficar mais leve, mas é o atrito dinâmico que permite o deslizamento mais facilmente que a saída da condição de repouso.

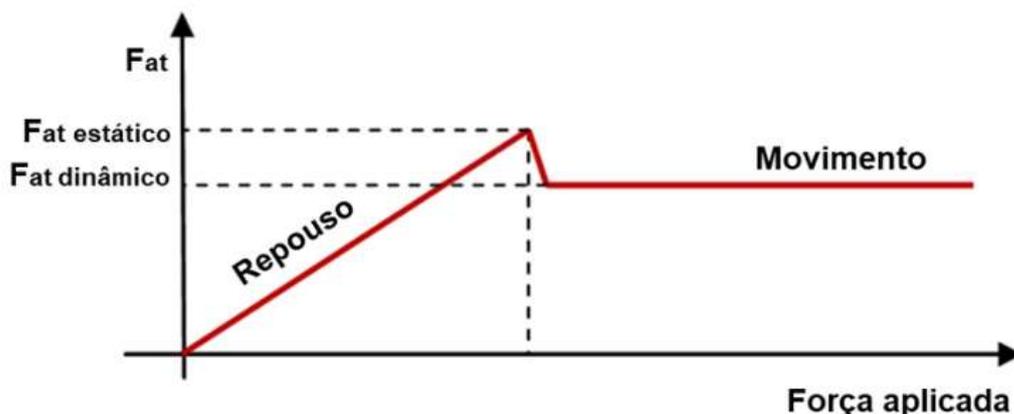


Gráfico 5- Fonte: UFSCAR [11].

Para frear um automóvel com segurança é necessário que permaneça em atrito estático durante a manobra, se a freada imobilizar as rodas, o atrito estático é perdido e ele derrapa (rodas bloqueadas) entrando em atrito dinâmico. O freio ABS impede que as rodas travem, diminuindo o espaço necessário de frenagem, já que o atrito estático é maior que o dinâmico, Tabela 2. Obtém-se o melhor desempenho da Freada com o controle melhor do veículo, considerando que o volante realiza manobras de curva por meio do atrito, e se for perdida a condição de atrito estático também se perde a possibilidade de se realizar curva com segurança.

Coeficientes de atrito para alguns materiais comuns e combinações de materiais

Combinações de Materiais		Estado de Lubrificação das superfícies	Coeficientes de atrito	
			Estático - μ_{static}	Dinâmico (deslizamento) - $\mu_{sliding}$
Borracha	Borracha	Limpa e seca	1.16	
Borracha	Cartão	Limpa e seca	0.5 - 0.8	
Borracha	Asfalto Seco	Limpa e seca	0.9	0.5 - 0.8
Borracha	Asfalto molhado	Limpa e seca		0.25 - 0.75
Borracha	Concreto Seco	Limpa e seca		0.6 - 0.85
Borracha	Concreto molhado	Limpa e seca		0.45 - 0.75

Tabela 3 - Fonte: Autor adaptado de engineeringtoolbox [12]

O sistema ABS possui sensores de velocidade em cada uma das rodas, um sistema hidráulico com bomba exclusiva, quatro válvulas hidráulicas que recebem fluido e um controlador eletrônico que monitora os sensores de velocidade. Quando a velocidade é zero em alguma roda o sistema atua, mantendo as condições de atrito estático preservadas.

Histórico

Os sistemas automáticos de frenagem são estudados desde os anos 50, quando existia um sistema de alarme sonoro acionado na presença de obstáculos. Devido aos acidentes que são uma preocupação constante dos responsáveis pelo trânsito, existem os esforços para o desenvolvimento de frenagem automática que aumente a eficiência dos sistemas ativos. Apesar disso há os motoristas muitas vezes que não são adeptos destes sistemas, que atuam sempre a distâncias exíguas entre os veículos, pois entendem que a cautela reduz a produtividade.

Os freios são componentes imprescindíveis aos veículos, devem ser mais robustos quanto maior a quantidade de energia de movimento envolvido no deslocamento, inicialmente eram sistemas de tambores onde as lonas de freio atuavam nestes tambores atuados por sistemas hidráulicos, onde um cilindro (êmbolo) mestre no pé do condutor permite distribuir por meio de cervo cilindros (êmbolos) os esforços de frenagem às rodas, figura 1.

Princípio de Pascal no sistema de Freio a tambor

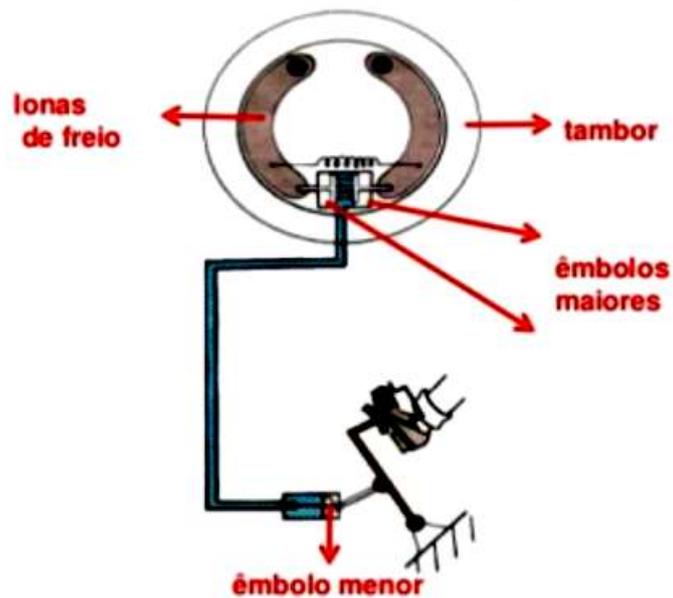


Figura 1 – Fonte: Moraes, 2017 [13]

Devido a possibilidade de acidentes provocados por incêndios nas rodas, adotou-se um elemento separado das rodas para a frenagem, a introdução de um disco de freio uma abordagem mais indireta, onde o elemento de atrito não se tratava mais do elemento rodante, mas em um disco exclusivo para frenagem com refrigeração própria. Uma pinça aplica pressão com pastilhas de freio neste disco, permitindo que este possa aquecer sem comprometer a roda, mantendo a estabilidade do movimento.

Temperatura dos discos de freios

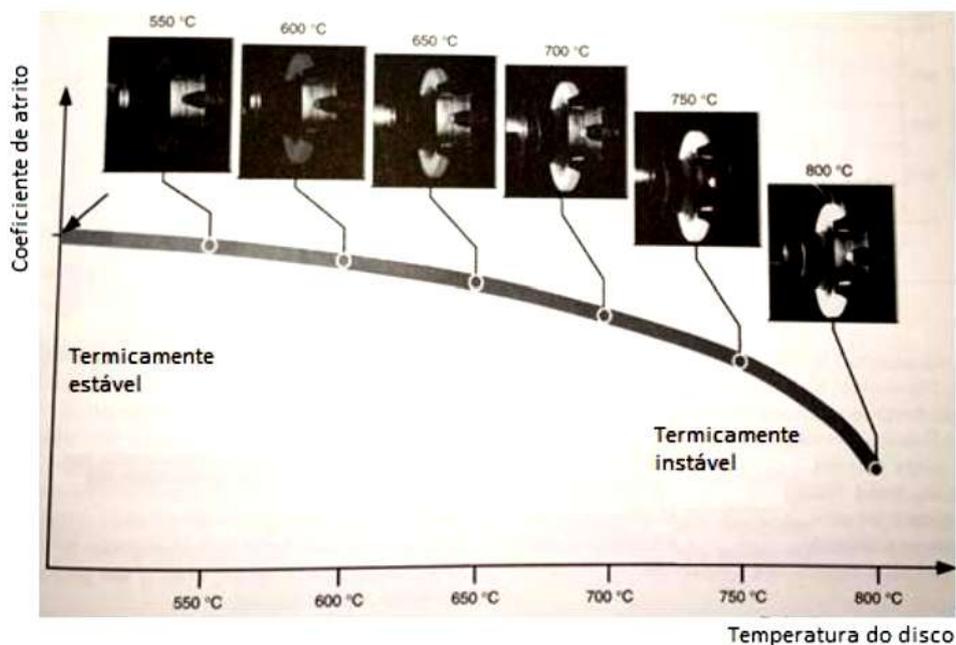


Gráfico 6 – Fonte Adaptado de Breuer; Bill (2008, p.33). Apud Moraes, 2017[14]:

Se o controlador do freio ABS detecta que alguma das quatro rodas está se desacelerando de forma incompatível com a desaceleração do veículo, ele ativa a válvula hidráulica no freio daquela roda. Isso reduz a força da frenagem aplicada sobre ela, possibilitando que a roda gire mais rapidamente. Quando ela retoma a velocidade, a válvula reintroduz a pressão para segurá-la de novo, repetindo os dois ciclos do processo em uma frequência de mais ou menos 15 vezes por segundo. [16]

O sistema ABS pode ter vários modelos, podem evitar derrapagem em pistas molhadas e em superfícies irregulares como:

EAS (Eletronic Actuation System): trata-se de um sistema auxiliar do freio ABS que pode controlar a tração e a altura do automóvel em relação ao solo;

EDB (Eletronic Brake Force Distribution): também chamado de Repartidor Eletrônico de Frenagem (REF), o EBD é um auxiliar ao freio ABS que possibilita melhor distribuição das forças aplicadas na frenagem;

AFU (Aide au Freinage d'Urgence): atua na diminuição do esforço necessário no pedal e sua trepidação. Como o ABS faz a frenagem aos poucos, é preciso pisar fundo no pedal para frear. O AFU aumenta a pressão para permitir uma parada mais rápida. [15]

Freios secos são aqueles atuados por comandos elétricos (por fios), acionados por computador, sem pedal, podendo ser atuado a distância pelo condutor robô. O desafio técnico dos sistemas por fios é fornecer desempenho de última geração e segurança funcional, mesmo em caso de falha do sistema. Diferentes arquiteturas Brake-by-Wire vêm com seus conjuntos de vantagens e desvantagens. As vantagens básicas são as possibilidades de backup, redundância e conseqüentemente redução da probabilidade de falhas, a possibilidade de comando remoto ou por central de comando. Os principais produtos desenvolvidos que acompanham estas tendências são [18]:

1. BWA – Brake by Wire – Freios acionados por cabos;
2. ESP® - Electronic Stability Program - Programa eletrônico de estabilidade (Electronic stability control) ;
3. BEM – Breakes Electromagnetic;
4. Steer-by-wire - Sistema de direção eletrônica.

A introdução dos veículos exclusivamente elétricos demanda sistemas de acionamento também elétricos, e nestes casos pode haver automação para substituir parcialmente os freios pela inversão de polaridade do motor elétrico permitindo a restituição de energia para as baterias, sendo que a frenagem regenera a bateria. Mas o freio clássico, de acionamento hidráulico passa a destoar da solução de comandos elétricos em automóveis exclusivamente elétricos, e, portanto, o comando do freio será elétrico, o que suscita uma discussão [25] [27] de como se dará o comando local nas rodas e qual seria o consumo de energia destes sistemas, para otimizar o conjunto de baterias e permitir maior autonomia [30].

A segurança do trânsito e os veículos elétricos

A evolução do trânsito urbano deve priorizar indicadores que preservem a saúde dos usuários, a redução de acidentes, a minimização de sua severidade e a redução de ruído emitido, ornando o tráfego menos agressivo deve ser meta nas evoluções e novas tecnologias. impacto sobre a segurança pode ser observado por três aspectos: a melhoria e automação dos sistemas de freios, redução da probabilidade de falhas e aumento da confiabilidade, e melhoria dos sistemas de controle e redução do número de comandos.

Sistema de frenagem e regeneração de energia:

“Kinetic Energy Recovery System (KERS), também conhecido como Sistema de Recuperação de Energia Cinética (SREC) ou simplesmente Freio Regenerativo, é um mecanismo que recupera parte da energia cinética gerada na desaceleração (frenagem) do veículo e a armazena — seja como energia eletroquímica (carregamento de baterias) ou como energia mecânica em um volante de inércia.”

O sistema de regeneração de energia funciona como “freio motor” dos carros elétricos preservando o sistema de frenagem, pastilhas, discos e rodas. Melhora o controle do veículo nas frenagens, reduz a probabilidade de falhas devido a quantidade menor de peças e sistemas, fato que facilita a manutenção preventiva.

Os Freios de Emergência Automáticos

Os AEB são compostos basicamente por três etapas: 1. Alarmes de aproximação – é composto por sensores que identificam a presença de obstáculos a frente e alarmes que alertam o condutor; 2. Redução da potência de tração – atuação no sistema de tração, reduzindo sua atuação para minimizar a energia de impacto; 3. Frenagem completa – após alarmar e desconectar o sistema propulsivo a frenagem autônoma completa. Espera-se que o impacto da implantação completa destes sistemas seja de cerca de 50% na redução das fatalidades, e sabe-se que isto é possível. Mesmo que o acidente não seja evitado, sua quantidade de energia seria reduzida e sua severidade minimizada.

Estes freios são compostos por freios a disco com ABS, porém em testes realizados constatou-se que há queda na desaceleração durante a frenagem, devido à influência da temperatura no fator de frenagem [23]. Conforme pode se observar na figura 2, portanto, com os modelos matemáticos desenvolvidos em [23] é possível se realizar testes de pista com previsão antecipada dos resultados considerando a pressão exercida no pedal pelo condutor, refinando a modelagem e reduzindo os custos dos testes de campo mais custosos.

Os sistemas construídos e em operação no mundo podem ilustrar a importância de uma regulamentação que impacte de modo significativo na quantidade de acidentes. A Bosh possui o programa eletrônico de estabilidade (ESP®) ou a frenagem automática de emergência (AEB) que, segundo o próprio site, são capazes de prevenir ou minimizar diversos tipos de acidentes na estrada. A General Motors afirma que a Frenagem Automática de Emergência (ou Frenagem Automática Frontal) com Alerta de Colisão Frontal reduziu as colisões traseiras em 46%. Pode-se inferir que da automação veicular o AEB é o melhor resultado de curto prazo que pode salvar muitas vidas. Portanto sugere-se que seja obrigatório na indústria nacional, sobretudo nos veículos pesados e ônibus.

Exemplos de veículos que são produzidos com AEB no Brasil [17]:

- Volkswagen Nivus e T-Cross Highline;
- HB20 e HB20S Diamond;
- Hyundai Creta Ultimate;
- Chevrolet Tracker Premier;
- S10 High Country;
- Fiat Pulse Impetus ou Toro;
- Jeep Renegade, Commander e Compass;
- Toyota Corolla e Corolla Cross.

Ouros sistemas associados também podem permitir um aumento da segurança, como o sistema *Anti-Slip Regulation* (ASR) ou Controle de Tração que não permite que o veículo patine ao tracionar. Pode-se dizer que é um sistema de controle semelhante ao ABS, mas impede o atrito dinâmico para tração.

O ASR (*Anti-Slip Regulation*, em inglês), Controle de Tração, em português, concentra-se em evitar a patinagem das rodas durante a aceleração. Esse sistema é particularmente útil em condições de estrada escorregadia, como gelo ou neve, onde as rodas podem facilmente perder a aderência. Quando o ASR detecta que uma ou mais rodas estão patinando, ele ajusta automaticamente a potência do motor ou aplica o freio à roda em questão. Isso impede a perda de tração e ajuda a manter o controle do veículo, garantindo uma aceleração mais suave e eficiente em superfícies escorregadias.[19]

E o *Electronic Stability Program* – ESP, Controle Eletrônico de Estabilidade mantém o veículo em condição de equilíbrio em curvas impedindo derrapagem e perda de controle do veículo, para que não saia do atrito estático e evite capotamentos, permite avaliação da direção vetor velocidade e do vetor resultante por meio de dados do acelerômetro. ESP é sigla para também é conhecido como ESC (*Electronic Stability Control* ou Controle Eletrônico de Estabilidade). [20]

O ESP (*Electronic Stability Program*) é o Controle Eletrônico de Estabilidade, projetado para manter a estabilidade do veículo em situações de derrapagem ou perda de aderência. Esse sistema utiliza sensores para monitorar constantemente a direção do veículo, a velocidade de cada roda e outros parâmetros relacionados à dinâmica veicular. Quando o ESP detecta que o veículo está prestes a perder controle, ele intervém automaticamente, ajustando individualmente o freio de cada roda e, em alguns casos, reduzindo o torque do motor. Esse ajuste rápido e preciso ajuda a corrigir a trajetória do veículo, proporcionando estabilidade e prevenindo derrapagens perigosas. O ESP é particularmente eficaz em curvas acentuadas, condições de baixa aderência e manobras de emergência. Ele desempenha um papel crucial na prevenção de acidentes, proporcionando uma camada adicional de segurança, principalmente em situações imprevisíveis para maior controle do motorista sobre o veículo. [19]

O sistema de frenagem emergencial eficiente depende de um computador de bordo capaz de aprender e tomar decisões de atuação efetivas. Os caminhões podem contar com produtos eficientes dotados com AEB para atender suas frotas, as empresas transportadoras também mantêm frotas obsoletas, é necessário financiamentos para a renovação da frota com tecnologia adequada, o BNDES pode financiar caminhões com esta tecnologia, que podem manter sistemas de comboio, e outras tecnologias que aumentam a segurança e reduzem os sinistros.

A eficácia da função AEB depende da seleção apropriada de alvos potenciais em risco e a resposta imediata para execução da frenagem, a capacidade de percepção das informações do ambiente de condução é um fator importante que restringe o desenvolvimento de sistemas automáticos de frenagem de emergência, mas segundo a General Motors a Frenagem Automática de Emergência (ou Frenagem Automática Frontal) com Alerta de Colisão Frontal reduziu as colisões traseiras em 46%[31]. A combinação de fusão de sensores e veículo para tudo as comunicações (V2X)[28], podem melhorar a aplicação e faixa de detecção de sistemas AEB.

Sistema de sensores do AEB

O sistema opera basicamente em dois cenários: baixa velocidade, até 50 km/h, e alta velocidade até 90 km/h. As condições de tráfego são diferentes nestes dois intervalos e a solicitação dos sensores também, posto que qualquer fração de segundo pode ser fatal.

Sistema de detecção e resposta: Lidar, câmeras, infravermelho e radar. Para identificar possíveis obstáculos e vítimas, e alertar o sistema inteligente do veículo, cortar acelerador e reduzir velocidade imediatamente e, finalmente, ativar os freios.

Os sistemas AEB usam radar voltado para a frente, câmeras ou sensores ópticos ou uma combinação destes com visão direta para detectar rápida e adequadamente veículos, pedestres ou outros obstáculos em potencial. Essas informações podem ser usadas para alertar o motorista e aplicar os freios sejam acionados e fornecer até 1g de desaceleração da força de frenagem, em um esforço para evitar e mitigar colisões.[22]

Em estudo: sistemas de freios com cabos da Bosch

A abordagem da Bosch [32] num freio hidráulico por cabos é a combinação de dois atuadores independentes (BWA e ESP®) com fonte de alimentação redundante, são os sistemas EMB, também a unidade de controle central precisa ser transbordada, após isto é necessário um backup funcional para cada falha elétrica, o que garanta uma desaceleração de pelo menos 6,43 m/s². Um sistema hidráulico de freio por fio com dois atuadores independentes, ambos atuando nas 4 rodas, atendem este requisito. Nos sistemas EMB, pelo menos 3 rodas são necessárias para esta desaceleração, o que resulta em esforço na rede de energia. À medida que os níveis de autonomia nos veículos continuam a aumentar, como estará evoluindo a arquitetura do sistema de atuação da frenagem por cabos para acomodar esses níveis mais elevados de autonomia[18].

Legislação

Embora o CONATRAN tenha minuta preparada para a adoção do sistema AEB, a ser iniciada em 2026 e tem como prazo final 2030, sugere-se que seja antecipada a aplicação posto que várias montadoras de veículos têm produtos com AEB produzidos no Brasil com este dispositivo operacional. E deve ser priorizado para caminhões porque a massa destes veículos é maior, sua produção é maior, pois são ativos operacionais, portanto, expõem mais pessoas ao risco e quando há acidente são mais fatais, se envolvem em cerca de 35% dos acidentes, porém estão envolvidos em cerca de 50% das vítimas [8].

A última resolução que trata do assunto é a RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 915, DE 28 DE MARÇO DE 2022, que cita as normas: NBR 10966-1, NBR 10966-2, NBR 10966-3, NBR 10966-4, NBR 10966-5, NBR 10966-6, NBR 10.966-7 e NBR 16.068, [10];

Dispõe sobre os procedimentos para avaliação dos sistemas de freios de veículos e sobre a obrigatoriedade do uso do sistema antitravamento das rodas (ABS) e/ou frenagem combinada das rodas (CBS). [10]

Esta resolução define ABS e CBS no seu artigo 3º:

Art. 3º Para efeito desta Resolução, define-se:

I - sistema antitravamento das rodas (ABS): sistema composto por unidade de comando eletrônica, sensores de velocidade das rodas e unidade hidráulica ou pneumática cuja finalidade é evitar o travamento das rodas durante o processo de frenagem;

II - sistema de frenagem combinada das rodas (CBS): sistema que distribui proporcionalmente a força de frenagem para as rodas, de forma a garantir desaceleração rápida e segura, independente dos sistemas serem dotados de disco ou tambor; [10]

Os artigos seguintes regulamentam o uso do ABS e CBS:

“CAPÍTULO III

DOS SISTEMAS ANTITRAVAMENTO DAS RODAS (ABS) E DOS SISTEMAS DE FRENAGEM COMBINADA DAS RODAS (CBS)

Art. 5º É obrigatória a utilização do sistema de antitravamento de rodas (ABS) nos veículos categorias M1, M2, M3, N1, N2, N3, O3 e O4, nacionais e importados.

Art. 6º É obrigatória a instalação do sistema antitravamento das rodas (ABS) ou do sistema de frenagem combinada das rodas (CBS) nos veículos das categorias L3, L4, L5, L6 e L7.

§ 1º Os veículos de que trata o caput, devem ser fabricados ou importados com:

I - ABS em todas as rodas, no caso dos veículos com cilindrada igual ou superior a 300 cm³ ou, no caso de elétricos, com potência igual ou superior a 22 kW; e

II - ABS ou CBS, no caso dos veículos com cilindrada inferior a 300 cm³ ou, no caso de elétricos, com potência inferior a 22 kW.

§ 2º O ABS nos veículos de que trata o inciso II do § 1º pode ser aplicado em uma ou mais rodas

o veículo.

§ 3º Faculta-se a utilização simultânea do ABS e do CBS.”[10]

Conclusões

Os efeitos socioeconômicos em redução de acidentes nas vias são inequívocos, dado que tais acidentes custam aos países cerca de 3% de seus produtos internos brutos [1]. Quase metade (49%) das pessoas que morrem nesses acidentes em todo o mundo são pedestres, ciclistas e motociclistas [1]. São eles as principais vítimas no trânsito em todas as sub-regiões, exceto na América do Norte, onde os motoristas de automóveis são os principais afetados [1].

Recomenda-se um estudo sobre os sistemas de freios ABS e sua evolução na frota e os resultados da RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 915, com uma estimativa de acidentes evitados e vidas salvas com a adoção desta medida. Igualmente seria averiguável qual a projeção de vidas salvas e acidentes evitados com a adoção do AEB.

Atualmente a pesquisa se restringe apenas ao desempenho de segurança na perspectiva do veículo isolado, sem considerar outras métricas de desempenho (pegada ambiental por exemplo) e o impacto do sistema AEB no nível do sistema e impacto na estabilidade do veículo, energia consumo e eficiência geral do tráfego após equipar o sistema AEB em parcela dos veículos, pode ser uma direção de pesquisa futura [30].

Os veículos necessitam parar ou reduzir a velocidade com eficiência para que sejam evitados os acidentes. Tirar o erro humano da equação pode ser um grande passo rumo à meta de zero mortes no trânsito, ou seja, o cinto de segurança dos pedestres, ciclistas e motociclistas pode estar nos automóveis, caminhões e ônibus, considerando o efeito da implantação do equipamento sobre a

redução de vítimas de acidentes nos anos 90, pois a tecnologia de impacto é o freio automático de emergência AEB que reduz as colisões dianteiras e traseiras, e os mais beneficiados serão os elementos mais frágeis do tráfego, pedestres, ciclistas e motociclistas. Sugere-se que as Câmaras Temáticas de Pedestres, Ciclistas e de Segurança Viária em âmbito municipal e estadual solicitem ao Senatran a adoção imediata destas tecnologias, antecipando o possível sua implantação, o ser humano merece desfrutar dos benefícios da tecnologia.



Referências Bibliográficas:

- [1] OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde - OMS -Região das Américas <https://www.paho.org/pt/topicos/seguranca-no-transito> acesso em 03/05/2024;
- [2] Metrópolis Agência Blog <https://www.metropoles.com/brasil/ranking-tragico-brasil-e-30-pais-que-mais-registra-mortes-no-transito> acesso em 03/05/2024;
- [3] G1 Agência <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2024/01/16/numero-de-mortes-em-acidentes-no-transito-de-sp-em-2023-e-o-maior-dos-ultimos-oito-anos.ghtml> acesso em 03/05/2024;
- [4] World Health Organization THE GLOBAL HEALTH OBSERVATORY <https://www.who.int/data/gho/data/indicators> acesso em 03/05/2024
- [5] Ministério dos Transportes - e-gov <https://www.gov.br/participamaisbrasil/obrigatoriedade-requisitos-tecnicos-sistema-automatico-frenagem-emergencia> acesso em 21/05/2024
- [6] InfoMoney Agência <https://www.infomoney.com.br/consumo/frota-de-veiculos-no-brasil-fica-cada-vez-mais-velha-idade-media-e-de-quase-11-anos-de-uso/> acesso em 17 de maio de 2024.
- [7] CETSP - Acidentes de Trânsito - Relatório Anual 2021. Diretoria de Planejamento – São Paulo, agosto 2022, 51p., Ilust., disp em: <https://www.cetsp.com.br/media/1347066/Relatorioanual2021.pdf> acesso em 21/05/2024;
- [8] RENAEST - Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito – Ministério dos Transportes <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/renaest> acesso em 17 de maio de 2024;
- [9] USA National Association of City Transportation Officials - Vehicle Stopping Distance and Time, https://nacto.org/docs/usdg/vehicle_stopping_distance_and_time_upenn.pdf acesso em 10 de outubro de 2023;

[10] **CONTRAN** Nº 915, DE 28 DE MARÇO DE 2022 - RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 915, DE 28 DE MARÇO DE 2022 - DOU - Imprensa Nacional <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-contran-n-915-de-28-de-marco-de-2022-3902845163/4> publicada em 01/04/2022 07:06, acesso em 21/05/2024;

[11] **CCDM UFSCAR/DEMa** <http://www.ccdm.ufscar.br/2021/12/14/coeficiente-de-atrito-a-importancia-do-seu-estudo-para-superficies-que-trabalham-em-contato/> acesso em 16/05/2024;

[12] **engineeringtoolbox** https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html acesso em 16/05/2024;

[13] e [14] **Moraes da S., Pedro H.** - ANÁLISE DO SISTEMA DE FREIO DE UM VEÍCULO DE COMPETIÇÃO FORMULA SAE : TG Engenharia Automotiva UFSSC, Joinville, 2017, 98p.
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5019247/mod_resource/content/1/ANA%CC%81LISE%20DO%20SISTEMA%20DE%20FREIO%20DE%20UM%20VEI%CC%81CULO%20DE%20COMPETIC%CC%A7A%CC%83O%20FORMULA%20SAE%20.pdf páginas 14 e 15, acesso em 17 de maio de 2024;

[15] **Fras-Le** <https://blog.fras-le.com/sistema-de-freio-abs/> acesso em 16/05/2024;

[16] <https://autopapo.uol.com.br/noticia/como-funciona-o-freio-abs/> acesso em 16/05/2024;

[17] <https://www.karvi.com.br/blog/frenagem-autonoma-carro-emergencia-freia-sozinho/> acesso em 17/05/2024;

[18] <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/2/634> acesso em 07/12/2022;

[19] <https://totalenergies.com.br/o-que-significam-siglas-abs-esp-e-asr> acesso em 16/05/2024;

[20] **Autopapo** <https://autopapo.uol.com.br/blog-do-boris/sistema-eletronico-de-estabilidade-botao-esc/> ;

[21] <https://chiptronic.com.br/blog/motor-eletrico-automotivo-entenda-as-diferencas-e-vantagens>.
Acesso em: 16 nov. 2021

[22] [https://www.latinnca.com/po/nossos-testes/passageiro-adulto/frenagem-autonoma-de-emergencia#:~:text=Os%20sistemas%20AEB%20\(Autonomous%20Emergency,ou%20outros%20obst%3%A1culos%20em%20potencial](https://www.latinnca.com/po/nossos-testes/passageiro-adulto/frenagem-autonoma-de-emergencia#:~:text=Os%20sistemas%20AEB%20(Autonomous%20Emergency,ou%20outros%20obst%3%A1culos%20em%20potencial) acesso em 16/05/2024;

[23] **Iombriller, S. F., & Canale, A. C.** (2001). Analysis of emergency braking performance with particular consideration of temperature effects on brakes. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences*, 23(1), 79–90. <https://doi.org/10.1590/S0100-73862001000100007> ; 2001;

[24] **T.J. Gordon & M. Lidberg** (2015) Automated driving and autonomous functions on road vehicles, *Vehicle System Dynamics*, 53:7, 958-994, DOI: 10.1080/00423114.2015.1037774;

[25] **Aratesh, E.; Assadian, F.** A Comparative Analysis of Brake-by-Wire Smart Actuators Using Optimization Strategies. *Energies* 2022, 15, 634. <https://doi.org/10.3390/en15020634> Academic Editor: Silvio Simani; Published: 17 january 2022;

[26] **Neocharge** <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/freio-regenerativo-kers-veiculo-eletrico#o-que-e-freio-kers> Acesso em: 16 nov.. 2021;

- [27] **Cicchino**, Jessica B. February 2017 Accident Analysis & Prevention 99(Pt A):142-152 DOI: 10.1016/j.aap.2016.11.009;
https://www.researchgate.net/publication/310900336_Effectiveness_of_forward_collision_warning_and_autonomous_emergency_braking_systems_in_reducing_front-to-rear_crash_rates acesso em 08/05/2024;
- [28] **Vianna**, Edison de O., et al - Tecnologia V2X. Análise da Viabilidade e Gestão da Mobilidade em São Paulo; Revista UniCET : São Paulo : julho, 2023, pg. 87 a 105;
<http://revistaunicet.cetsp.com.br/index.php/RevistaUniCET/article/view/49/61> ;
- [29] **Vianna**, Edison de O. - Veículos autônomos, novos paradigmas da gestão do trânsito da cidade de São Paulo e para a Companhia de Engenharia de Tráfego : Revista UniCET : São Paulo : Setembro, 2018, pg. 67 a 78; <http://revistaunicet.cetsp.com.br/index.php/RevistaUniCET/article/view/6/7> ;
- [30] **Lan Yang** et all - Review Article - A Systematic Review of Autonomous Emergency Braking System: Impact Factor, Technology, and Performance Evaluation
https://downloads.hindawi.com/journals/jat/2022/1188089.pdf?_gl=1*vcdv3r*_ga*MTE0NzgzODQ3My4xNzE1MDE4Mjlx*_ga_NF5QFMJT5V*MTcxNTAxODIyMC4xLjAuMTcxNTAxODIyMC42MC4wLjA.&_ga=2.195656612.901826067.1715018221-1147838473.1715018221 acesso em 22/05/2024;
- [31] **General Motors**, University of Michigan Show Automated Safety Features Preventing Crashes em: <https://www.gm.com/safety-study> acesso em 06/05/2024;
- [32] **Bosh** <https://www.bosch-mobility.com/en/mobility-topics/esp-paving-the-way-for-road-safety/stop-the-crash/> acesso em 06/05/2024.
- [33] **CETSP** https://www.cetsp.com.br/media/1206265/apresentacao_faixa_azul.pdf acesso em 23/05/2024;
- [34] **Jansson**, Bjarne & De Leon, Antonio & Ahmed, Niaz & Jansson, Vibeke. (2006). Why does Sweden have the Lowest Childhood Injury Mortality in the World? The Roles of Architecture and Public Pre-School Services. Journal of public health policy. 27. 146-65.10.1057/palgrave.jphp.3200076.
https://www.researchgate.net/publication/6829609_Why_does_Sweden_have_the_Lowest_Childhood_Injury_Mortality_in_the_World_The_Roles_of_Architecture_and_Public_Pre-School_Services/citation/download acesso em 23/05/2024;
- [35] **npr** <https://www.npr.org/2023/11/14/1212737005/cars-trucks-pedestrian-deaths-increase-crash-data> acesso em 23/05/2024;
- [36] **npr** <https://www.npr.org/2024/04/30/1248011904/u-s-to-require-automatic-emergency-braking-on-new-vehicles-in-5-years#:~:text=The%20standards%20require%20vehicles%20to,with%20vehicle%20ahead%20is%20imminent>. acesso em 23/05/2024;