

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA  
DIRETORIA DE ENSINO  
CENTRO DE ENSINO DE BOMBEIROS MILITAR  
ACADEMIA DE BOMBEIROS MILITAR**

**THIAGO ELOI SANTOS SARRAFF**

**ESTUDO DAS TECNOLOGIAS DE SEGURANÇA VEICULAR APLICADAS ÀS  
OPERAÇÕES DE RESGATE VEICULAR**

**FLORIANÓPOLIS  
SETEMBRO, 2015**

**THIAGO ELOI SANTOS SARRAFF**

**ESTUDO DAS TECNOLOGIAS DE SEGURANÇA VEICULAR APLICADAS ÀS  
OPERAÇÕES DE RESGATE VEICULAR**

Monografia apresentada como pré-requisito  
para conclusão do Curso de Formação de  
Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de  
Santa Catarina.

**Orientador: 1º Tenente BM Bruno Azevedo Lisbôa, Esp.**

**FLORIANÓPOLIS  
SETEMBRO, 2015**

CIP – Dados Internacionais de Catalogação na fonte

---

S247e Sarraff, Thiago Eloi Santos  
Estudo das Tecnologias de Segurança Veicular Aplicadas às Operações de Resgate Veicular. / Thiago Eloi Santos Sarraff -- Florianópolis: CEBM, 2015.  
54 f. : il.

Monografia (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Centro de Ensino Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais, 2015.  
Orientador: Ten BM Bruno Azevedo Lisbôa, Esp.

1. Sistemas de Segurança Veicular. 2. Acidente de trânsito. 3. Resgate Veicular. 4. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. I. Lisbôa, Bruno Azevedo. II. Título.

CDD 363.348

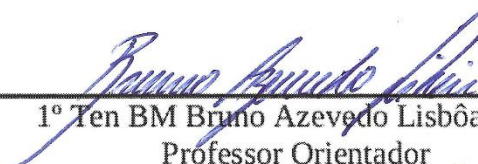
---

Thiago Eloi Santos Sarraff

Estudo das Tecnologias de Segurança Veicular Aplicadas às Operações de Resgate Veicular

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Florianópolis/SC, 6 de outubro de 2015.



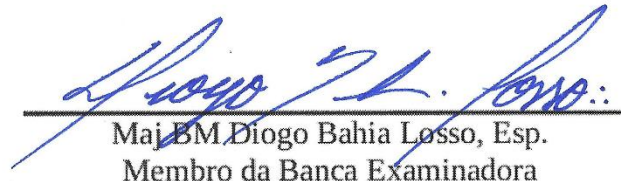
---

1º Ten BM Bruno Azevedo Lisbôa, Esp.  
Professor Orientador



---

Ten Cel BM Aldo Baptista Neto, Esp.  
Membro da Banca Examinadora



---

Maj BM Diogo Bahia Lasso, Esp.  
Membro da Banca Examinadora

## RESUMO

Desde que os veículos automotores se tornaram máquinas mundialmente difundidas, o número de acidentes de trânsito aumentou e, desta forma, o número de vítimas também. Os veículos automotores têm evoluído substancialmente com novas tecnológicas de segurança, que puderam adicionar inúmeros dispositivos, tanto para evitar colisões, como para diminuir seus efeitos nocivos aos ocupantes. Os sistemas de segurança veicular atuam, principalmente, na prevenção dos acidentes – por meio de medidas de segurança ativas, tais como freios ABS e controle eletrônico de estabilidade – ou na diminuição dos danos provocados por estes – com medidas de segurança passivas, como cintos de segurança e *airbags*. O objetivo do presente trabalho é conhecer a respeito das tecnologias de Segurança Veicular, relacionando-as com as operações de Resgate Veicular. O delineamento metodológico desta pesquisa tem natureza aplicada, objetivo exploratório e descritivo. A abordagem é qualitativa, sendo utilizado o método dedutivo, com instrumentos de pesquisas documental e bibliográfica. A pesquisa aborda os acidentes de trânsito, os principais sistemas de segurança veicular, os testes de impacto em veículos, exigências e aspectos legais sobre o tema no país, e considerações a serem observadas nas operações de Resgate Veicular. O objetivo da pesquisa foi plenamente alcançado, o que possibilitou o aprofundamento dos conhecimentos a respeito de Sistemas de Segurança Veicular, contribuindo para a melhoria do trabalho realizado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Palavras-chave: Segurança Veicular. Segurança Ativa. Segurança Passiva. Resgate Veicular.

## LISTA DE SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABS – *Antilock Braking System* (sistema de freios antibloqueio)
- AHSS – *Advanced High-Strength Steel* (aço avançado de alta resistência)
- CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
- CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito
- DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito
- DETRAN – Departamento Estadual de Trânsito
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- DPVAT – Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre
- ECU – *Electronic Control Unit* (unidade eletrônica de controle)
- ESC – *Electronic Stability Control* (controle eletrônico de estabilidade)
- ESP – *Electronic Stability Program* (programa eletrônico de estabilidade)
- EUA – Estados Unidos da América
- HF – *Hot Formed* (aço laminado a quente)
- HSLA – *High-Strength Low-Alloy* (aço de alta resistência e baixa liga)
- HSS – *High-Strength Steel* (aço de alta resistência)
- IIHS – *Insurance Institute for Highway Safety*
- Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- MnB – *Manganese-Boron Steel* (aço com liga de manganês e boro)
- NBR – Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NCAP – *New Car Assessment Program*
- SRS – *Supplemental Restraint System* (sistema de retenção suplementar)
- SUS – Sistema Único de Saúde
- TCS – *Traction Control System* (sistema de controle de tração)
- UHSS – *Ultra High-Strength Steel* (aço de ultra alta resistência)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Definição do Problema .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>7</b>
1.2.1 Objetivo geral .....	7
1.2.2 Objetivos Específicos .....	7
<b>1.3 Justificativa .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Procedimentos Metodológicos .....</b>	<b>8</b>
1.4.1 Classificação da Pesquisa .....	8
<b>1.5 Apresentação Geral do Trabalho.....</b>	<b>9</b>
<b>2 ACIDENTES AUTOMOBILÍSTICOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3 SEGURANÇA VEICULAR .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Segurança Ativa.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Segurança Passiva .....</b>	<b>19</b>
3.2.1 Estrutura Veicular.....	19
3.2.2 Cinto de Segurança.....	23
3.2.2.1 Retrator.....	24
3.2.2.2 Pré-tensionador.....	25
3.2.2.3 Limitador de carga.....	26
3.2.3 Airbags .....	27
3.2.3.1 Airbags Frontais e de Joelho.....	29
3.2.3.3 Airbags Laterais e de Cortina .....	30
<b>4 TESTES DE IMPACTO EM VEÍCULOS.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Teste de Impacto Frontal – Moderate Overlap .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 Teste de Impacto Frontal – Barreira Rígida.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3 Teste de Impacto Lateral .....</b>	<b>37</b>
<b>4.4 Teste de Impacto Frontal – Small Overlap .....</b>	<b>38</b>
<b>5 EXIGÊNCIAS E ASPECTOS LEGAIS .....</b>	<b>40</b>
<b>6 SEGURANÇA VEICULAR APLICADA AO RESGATE .....</b>	<b>43</b>
<b>6.1 Considerações sobre a Estrutura Veicular em Operações de Resgate Veicular.....</b>	<b>43</b>
<b>6.2 Considerações sobre Cintos de Segurança em Operações de Resgate Veicular .....</b>	<b>44</b>
<b>6.3 Considerações sobre Airbags em Operações de Resgate Veicular .....</b>	<b>46</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento dos veículos automotores, os acidentes de trânsito passaram a despontar como uma das principais causas de morte. Dados da Organização das Nações Unidas indicam que anualmente mais de um milhão de pessoas morrem no mundo em decorrência das colisões veiculares. No Brasil, o Ministério da Saúde indica que este número passa dos 40 mil ao ano. Além do elevado número de óbitos, a violência no trânsito deixa pessoas gravemente feridas, muitas das vezes com permanentes sequelas.

O trânsito compõe-se principalmente de três elementos, a saber: a via, o condutor, e o veículo. A respeito dos veículos, estes apresentaram significativas melhorias nas últimas décadas e, principalmente, nos últimos anos. Tais mudanças puderam proporcionar o aumento dos níveis de segurança veicular oferecidos pelos fabricantes de veículos.

Os sistemas de segurança veicular atuam, principalmente, na prevenção dos acidentes – por meio de medidas de segurança ativas, tais como freios ABS e controle eletrônico de estabilidade – ou na diminuição dos danos provocados por estes – com medidas de segurança passivas, como cintos de segurança e *airbags*.

Tais sistemas podem evoluir motivados por duas razões principais. Uma ocorre quando o poder público impõe certos requisitos, por meio da publicação de normas. A outra é o aumento do nível de exigência por parte dos consumidores, aliado à livre concorrência entre os fabricantes de automóveis.

Lidando diariamente com estas inovações tecnológicas e suas implicações estão os integrantes do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Este órgão possui uma extensa área de atuação, dentre as quais se destaca o Resgate Veicular, cujas ocorrências são complexas e envolvem diversos riscos.

Esta atividade consiste basicamente na ação de retirar as ferragens das vítimas de acidentes de trânsito, para então conduzi-las ao hospital. O CBMSC capacita os bombeiros militares para atuarem nestas situações, sendo repassadas técnicas que envolvem o uso de ferramentas e equipamentos específicos, visando obter acesso e extrair com segurança os ocupantes do veículo.

No que se refere à segurança das operações, uma das atribuições dos resgatistas é realizar a identificação de possíveis riscos adicionais na cena, bem como os oferecidos pelos sistemas de segurança veicular. Para tal, estes bombeiros especializados devem possuir conhecimento adequado sobre o funcionamento e a identificação dos sistemas de segurança veicular, avaliação dos riscos oferecidos, bem como a sua neutralização.



Neste contexto, buscou-se realizar este trabalho, que aborda a temática Segurança Veicular, visando contribuir para a atualização dos conhecimentos a respeito do tema. A delimitação se dá pela aplicação dos princípios de funcionamento dos sistemas de segurança veicular na segurança das operações de Resgate Veicular.

### **1.1 Definição do Problema**

O que motivou a referente pesquisa foi encontrar a resposta para o seguinte questionamento: será que os conhecimentos a respeito dos sistemas de segurança veicular estão adequados ao desempenho satisfatório das operações de Resgate Veicular, frente à evolução tecnológica da indústria automotiva?

### **1.2 Objetivos**

A seguir é determinado o objetivo geral deste trabalho, bem como os objetivos específicos que compõem as etapas necessárias para sua realização.

#### **1.2.1 Objetivo geral**

Conhecer a respeito das tecnologias de Segurança Veicular, relacionando-as com as operações de Resgate Veicular.

#### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Para o alcance do objetivo geral, estipulou-se algumas metas específicas, quais sejam:

- I. Descrever, a partir de levantamento bibliográfico, o funcionamento dos principais sistemas de Segurança Veicular;
- II. Descrever os principais testes de impacto realizados em veículos;
- III. Identificar as normas e os aspectos legais de Segurança Veicular no Brasil;
- IV. Identificar os principais procedimentos a serem adotados pelos resgatistas para evitar acidentes envolvendo sistemas de Segurança Veicular;
- V. Levantar informações para subsidiar a atualização do material didático do Curso de Resgate Veicular do CBMSC.

### **1.3 Justificativa**

Diante da mudança do perfil dos automóveis que circulam no país, destaca-se que a implantação de alguns sistemas de segurança pode afetar diretamente o modo como são atendidas as ocorrências de Resgate Veicular no âmbito do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC).

É sabido que a atividade de Resgate Veicular possui elevada importância para o CBMSC na sua missão de salvar vidas. Desta forma, é necessário que se estude a respeito dos Sistemas de Segurança Veicular e de que modo tais sistemas podem influenciar no atendimento de ocorrências de Resgate Veicular.

Sendo assim, a realização deste estudo sobre a atividade de Resgate Veicular visa aprimorá-la, haja vista ser necessário que os integrantes do CBMSC estejam plenamente capacitados para realizarem o correto gerenciamento dos riscos oferecidos pelos sistemas de segurança presentes nos veículos.

Além da importância para a instituição, o trabalho também se torna relevante para sociedade, pois o estudo do tema em questão pode ser compreendido como a garantia da prestação de um serviço de qualidade envolvendo o salvamento de vítimas em acidentes automobilísticos, com abrangência em todo o território estadual.

### **1.4 Procedimentos Metodológicos**

O método pode ser entendido como o conjunto de atividades sistemáticas e racionais que permitem ao pesquisador alcançar um objetivo, traçando o caminho a ser percorrido (MARCONI; LAKATOS, 2003). Gil (2008, p. 8) ressalta: “para que um conhecimento possa ser considerado científico, torna-se necessário identificar as operações mentais [abordagem] e técnicas [procedimentos] que possibilitam a sua verificação”. Os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento deste trabalho serão tratados a seguir, por meio da descrição dos métodos e das técnicas de pesquisa.

#### **1.4.1 Classificação da Pesquisa**

Este trabalho utilizou, quanto à abordagem, o método dedutivo. Segundo Gil (2008), este método parte do geral para o específico. Parte de premissas reconhecidas como verdadeiras e indiscutíveis, chegando a conclusões em virtude da lógica. Ainda de acordo com

este autor, é o método segundo o qual só a razão pode levar ao verdadeiro conhecimento, decorrente de princípios irrecusáveis. O método dedutivo é aquele que parte das teorias e leis e prediz a ocorrência dos fenômenos particulares, ou seja, possui conexão descendente (MARCONI; LAKATOS, 2003).

A natureza deste estudo classifica-se como sendo de pesquisa aplicada, por procurar gerar conhecimentos para resolução de um problema de uma realidade específica. A abordagem utilizada é qualitativa, sendo construídas conclusões qualitativas a partir do cruzamento das informações obtidas (GIL, 2008).

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), as pesquisas que utilizam abordagem qualitativa devem conceituar as inter-relações entre as propriedades do ambiente estudado, e não exprimir valores quantitativos após a análise de dados.

Quanto ao objetivo desta pesquisa, é exploratório e descritivo, citado por Gil (2008) como exploratório para pesquisas que têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema e buscam proporcionar uma visão geral acerca do fato com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses; e descritivo por estudar as características de determinada população ou fenômeno ou estabelecer relações entre variáveis.

No presente trabalho as pesquisas foram delineadas a partir de levantamento bibliográfico e pesquisa documental, que são os meios utilizados para construção do estudo exploratório e descritivo, em que são obtidas as informações e conhecimentos necessários à investigação do problema (GIL, 2008).

De acordo com Marconi e Lakatos (2003):

- \* Levantamento bibliográfico: é quando as fontes de dados são secundárias, obtidas de livros, revistas, jornais, publicações avulsas, teses etc.;
- \* Pesquisa documental: é quando a coleta de dados está restrita a documentos, constituindo o que se denomina de fontes primárias.

Resumindo, o delineamento metodológico desta pesquisa tem: natureza aplicada; objetivo exploratório e descritivo; abordagem qualitativa; método dedutivo; com instrumentos de pesquisas documental e bibliográfica.

## **1.5 Apresentação Geral do Trabalho**

Esta monografia divide-se em sete capítulos, divididos de tal forma a fim de facilitar a compreensão a respeito do tema. O primeiro faz menção à introdução do trabalho, contextualizando o assunto da pesquisa, abordando o problema e seus objetivos. Ainda na

introdução é feita a justificativa da escolha do tema e a descrição dos procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

O segundo capítulo se restringe a realizar um panorama a respeito dos acidentes de trânsito no Brasil e no mundo, abordando aspectos históricos, estatísticos e conceituais.

O capítulo posterior faz uma revisão a respeito dos sistemas de Segurança Veicular, além de classificar e enumerar os que se destacam. Nesta seção do trabalho é descrita a estrutura veicular, o funcionamento do cinto de segurança e seus acessórios, além dos sistemas de retenção suplementares – os *airbags*.

O capítulo quatro trata dos testes de impacto em veículos, também conhecidos como *crash tests*. Nele, aborda-se de onde surgiram os testes, quem os realiza e quais os principais testes aos quais os veículos são submetidos.

No quinto capítulo o tema é abordado quanto aos seus aspectos legais. Assim, discute-se as normas existentes no país e quais as exigências que as mesmas trazem para os fabricantes de veículos no que tange à segurança de seus ocupantes.

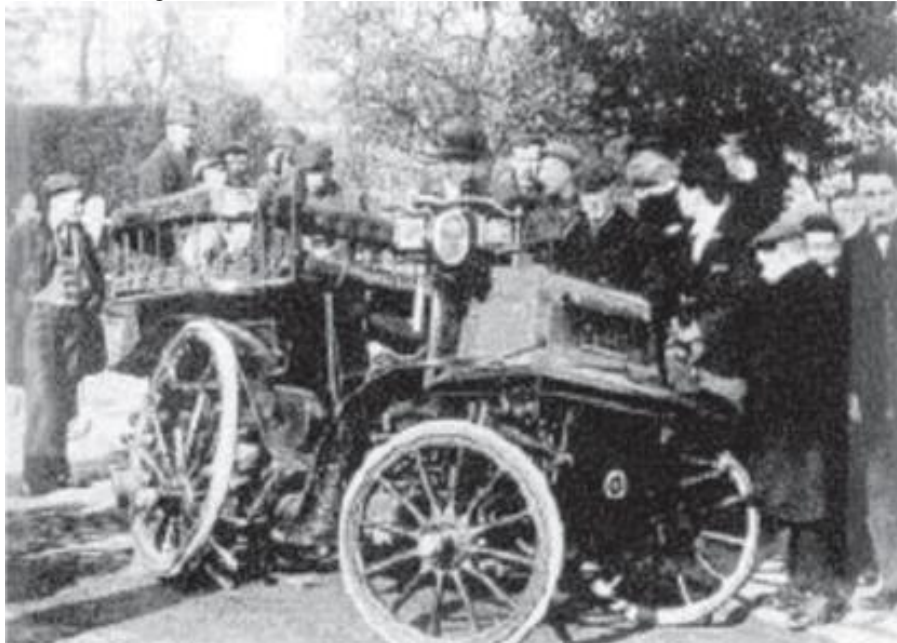
Com o capítulo seis pretendeu-se fazer uma releitura dos principais conceitos contemplados nos capítulos anteriores ao relacioná-los com a prática da atividade de Resgate Veicular. Assim, foram listadas algumas recomendações a se considerar durante as Operações de Resgate Veicular.

Por fim, a conclusão é apresentada no último capítulo, o qual faz uma breve recapitulação do objetivo proposto, de forma que seja verificado seu alcance.

## 2 ACIDENTES AUTOMOBILÍSTICOS

Acidentes automobilísticos acontecem desde o surgimento dos veículos automotores. Bertocchi (2005) relata que um dos primeiros acidentes com vítima fatal ocorreu em Londres, em 1889, com um veículo que trafegava em velocidade próxima dos 25 quilômetros por hora (km/h). Na ocasião, durante uma frenagem, a roda – de madeira – quebrou e provocou a ejeção do condutor e seu passageiro, que morreram.

Figura 1 – Foto do acidente automotivo de 1889, em Londres

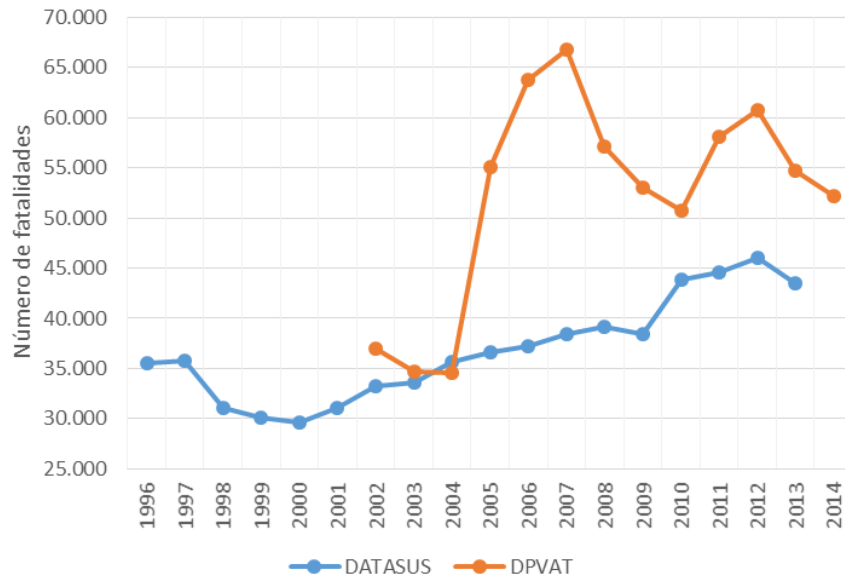


Fonte: BERTOCCHI, 2005

Conforme os veículos automotores se tornavam máquinas mundialmente difundidas, o número de acidentes de trânsito também aumentava e, desta forma, o número de vítimas. Dados da Organização Mundial da Saúde (2007 apud RESENDE, 2011) apontam que os acidentes de trânsito estão entre as principais causas de morte entre os 5 e 44 anos, com um número de 1,2 milhão de mortos ao ano em todo o mundo.

No Brasil, somente até o ano 2000, já havia se registrado mais de um milhão de pessoas mortas no trânsito (BERTOCCHI, 2005). Dados do Ministério da Saúde e do Seguro contra Danos Pessoais causados por Veículos Automotores de Via Terrestre (DPVAT) indicam entre 40 e 60 mil óbitos anuais somente em decorrência do trânsito (RESENDE, 2011; VIAS SEGURAS, 2015).

Gráfico 1 – Mortes em acidente de trânsito no Brasil de 1996 a 2014



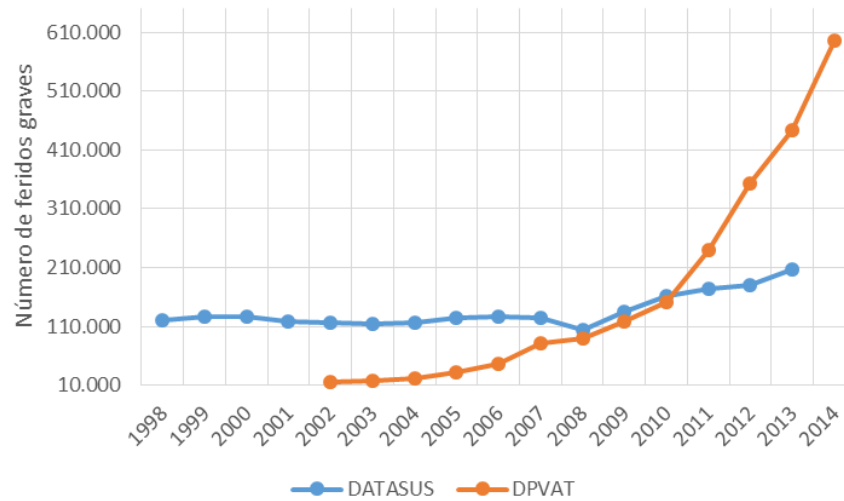
Fonte: adaptado de Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito (2015) e Ministério da Saúde (2015a)

O Gráfico 1 demonstra a evolução do número de mortes em acidentes de acordo com o tempo. Nota-se que o número de óbitos registrados no banco de dados do DPVAT é substancialmente maior que o registrado pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Ainda que os dados do DPVAT indiquem mais ocorrências, eles representam o número total de indenizações pagas a cada ano. No entanto, o registro só é feito quando um pedido de indenização é formalmente solicitado. Ou seja, as mortes as quais os familiares da vítima não acionam a seguradora que administra o DPVAT não são registradas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO, 2015).

Da mesma forma, o registro de dados do Ministério da Saúde, feito pelo DATASUS, não abrange os óbitos em decorrência de acidentes cujas vítimas tenham sido encaminhadas para hospitais não atendidos pelo Sistema Único de Saúde – SUS (RESENDE, 2011).

Mesmo que alguns acidentes não deixem vítimas fatais, algumas lesões e deficiências físicas resultantes causam prejuízos diretos e indiretos para o indivíduo e sociedade. O Gráfico 2, a seguir, apresenta a evolução do registro de feridos de acidentes de trânsito.

Gráfico 2 – Feridos graves em acidentes de trânsito no Brasil de 1998 a 2014



Fonte: adaptado de Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito (2015) e Ministério da Saúde (2015b)

No Gráfico 2, os dados do DPVAT indicam que houve um acentuado crescimento de ocorrências nos últimos anos. No entanto, não é possível afirmar se este aumento está relacionado com o aumento do número de acidentes ou simplesmente com o aumento na procura pela indenização oferecida em casos de invalidez permanente. No entanto, os dados do Ministério da Saúde indicam um aumento de quase duas vezes no número de internações hospitalares nos últimos 5 anos pesquisados.

Este aumento no número de acidentes automobilísticos pode não ter apenas uma causa. No Brasil, por exemplo, os modais ferroviário, hidroviário e aéreo ainda são pouco utilizados para o transporte de pessoas e cargas. As rodovias são responsáveis por movimentar grande parte da produção industrial do país, além de ser o principal meio de deslocamento para a população. Desta forma, algumas iniciativas de prevenção surgem para tentar minimizar os efeitos do grande tráfego rodoviário. (RESENDE, 2011).

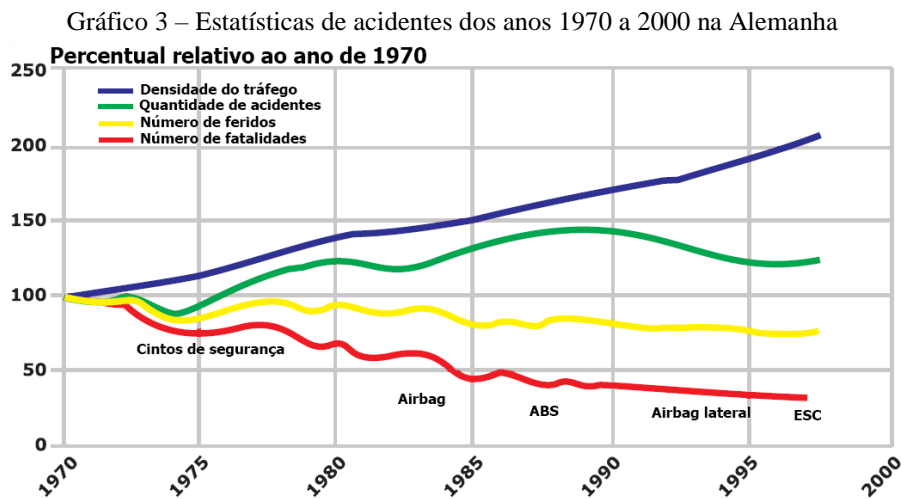
Uma dessas iniciativas foi a criação de alguns órgãos públicos para regular, estudar, educar e atuar em diferentes atividades relacionadas ao trânsito. O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), os Departamentos Estaduais de Trânsito (DETRANs) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) são algumas das instituições ligadas ao assunto. Por meio de normatizações, estes órgãos regulam o uso de automóveis de modo a fornecer, entre outros requisitos, segurança ao trânsito (BERTOCCHI, 2005).

Sobre as causas dos acidentes, Resende (2011) destaca que o tráfego é composto por três elementos – veículo, via e condutor – e, segundo ele, os acidentes ocorrem necessariamente pela falha de, no mínimo, um destes.

A respeito do condutor, Bertocchi (2005, p. 29) sustenta que “a variável ser humano apresenta o maior número de fatores que poderão ser agentes causadores de acidentes”. Segundo ele, são raros os acidentes inevitáveis diretamente ligados à causa humana.

Em relação às vias, Resende (2011) acrescenta que, mesmo no Brasil, estas têm apresentado evolução, mesmo que seja condicionada à concessão à iniciativa privada. Corroborando com o autor anterior, Bertocchi (2005) salienta que a variável via é um dos fatores mais constantes do sistema. No entanto, adiciona alguns componentes que podem influenciar na ocorrência de acidentes, quais sejam: a sinalização, a iluminação, o fluxo de veículos e o ambiente atmosférico.

O último elemento, o veículo, apenas é considerado agente causador quando há falhas em seu processo de fabricação ou de manutenção. Por isso, Bertocchi (2005) estima que somente 10% dos acidentes possuem como causa o veículo ou a via. Os acidentes restantes são atribuídos à causa humana. Os veículos automotores têm evoluído substancialmente com novas tecnologias de segurança, que puderam adicionar inúmeros dispositivos, tanto para evitar colisões, como para diminuir seus efeitos nocivos aos ocupantes (RESENDE, 2011). Vejamos o gráfico a seguir, que relaciona a instalação de dispositivos com o número de acidentes na Alemanha.



O Gráfico 3 explicita as estatísticas dos acidentes de trânsito na Alemanha entre as décadas de 1970 e 2000. Analisando as linhas, é possível perceber que a quantidade de veículos, representado pela linha azul, cresceu consideravelmente. Já a linha verde, que indica o número de ocorrências de trânsito, apresenta uma leve tendência de crescimento. O que surpreende, no entanto, é que, apesar disso, tanto o número de feridos (linha amarela), como o de mortos (linha vermelha) diminuíram com o passar dos anos. Tais observações podem ser parcialmente



justificadas pelas implementações dos dispositivos de segurança impressos no gráfico (BERTOCCHI, 2005). Este assunto será abordado no capítulo posterior, em que os sistemas serão classificados e detalhados quanto ao seu funcionamento.

### 3 SEGURANÇA VEICULAR

O primeiro veículo era dotado apenas de dois dispositivos de segurança: freios e iluminação. Naquela época, os perigos se resumiam às péssimas condições das estradas. Com o aumento da quantidade de veículos circulantes e as más condições das vias, o crescente número de acidentes graves tornou o tema segurança veicular uma prioridade, já a partir dos anos 1960. As primeiras exigências, nos Estados Unidos (EUA), foram parachoques com capacidade de absorver uma determinada quantidade de energia, distanciamento mínimo do parabrisas até a cabeça dos ocupantes e novas formas de design (PEREIRA; SOUZA, 2013).

A Tabela 1, a seguir, apresenta a ordem cronológica de aparecimento dos principais sistemas de segurança nos automóveis.

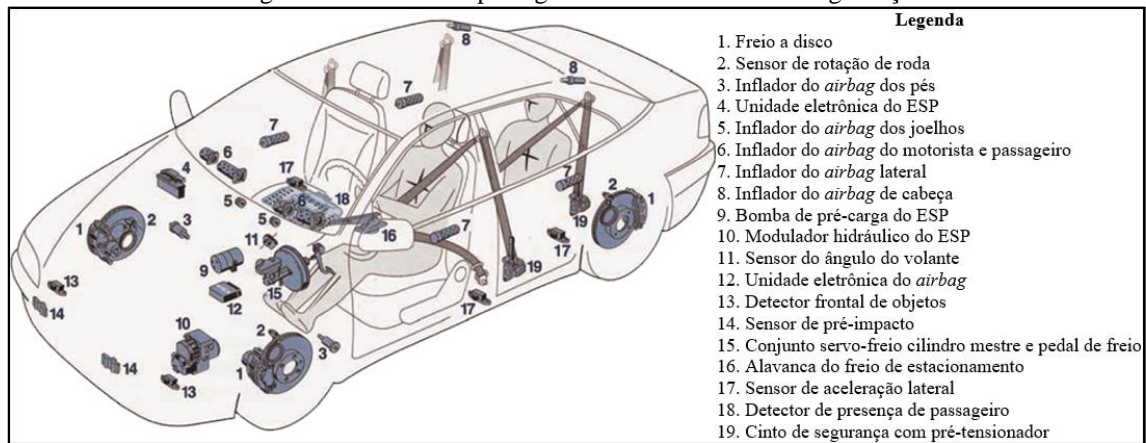
Tabela 1 – Evolução dos sistemas de segurança

Ano	Sistema de Segurança
1899	Freios por cintas externas
1902	Freio a tambor com sapatas internas
1919	Freio hidráulico servo-assistido
1955	Freio a disco
1968	Cinto de segurança de três pontos
1978	Freios ABS ( <i>Antilock Braking System</i> )
1979	Pré-tensionador do cinto de segurança pirotécnico
1979	<i>Airbag</i>
1987	TCS (Sistema de Controle de Tração)
1989	Barra de proteção de capotamento automática para conversíveis
1995	ESP ( <i>Electronic Stability Program</i> )
1995	Limitador de força no cinto de segurança
1995	<i>Airbag</i> lateral
2001	ACC ( <i>Adaptative Cruise Control</i> )
2001	SBC ( <i>Sensotronic Brake Control</i> )

Fonte: Bosch (2003 apud GARDINALLI, 2005)

Os sistemas de segurança veicular aumentam consideravelmente a segurança dos ocupantes do veículo. Além disso, busca-se, com a implantação de tais sistemas, oferecer proteção também aos demais seres que compartilham as mesmas vias de circulação (GARDINALLI, 2005). A Figura 2 representa um veículo com os componentes dos sistemas de segurança disponíveis em modelos atuais.

Figura 2 – Veículo de passageiros e seus sistemas de segurança



Fonte: adaptado de Bosch (2005 apud PEREIRA; SOUZA, 2013)

Em estudo recente (KAHANE, 2015), calculou-se virtualmente o número de vidas salvas no trânsito por cada um dos sistemas de segurança existentes. Nos EUA, entre os anos 1960 e 2012, os cintos de segurança salvaram 330 mil vidas; *airbags* mais de 75 mil; o controle eletrônico de estabilidade (ESC) aproximadamente 6.200 vidas. Ao todo, a pesquisa estimou o total de 613.501 vidas salvas durante o período analisado.

Outro estudo do mesmo período (INSURANCE INSTITUTE FOR HIGHWAY SAFETY, 2015 apud INSURANCE INSTITUTE FOR HIGHWAY SAFETY, 2015b), mostra uma informação interessante sobre a redução de mortes associada com a modernização dos veículos. Os veículos avaliados em 2008 pelo instituto registraram 48 mortes por milhões de veículos, em 2009. Este número reduziu para 28 no ano de 2012, ao analisar os veículos modelo 2011. Além disso, em 2012, nove modelos de veículos avaliados obtiveram a marca de nenhuma morte registrada no ano.

Sobre os sistemas de segurança veicular, é comum haver sua divisão em duas categorias – segurança ativa e segurança passiva:

Por sua autonomia em intervir de forma proativa na operação do veículo, buscando evitar acidentes, alguns dos sistemas de segurança veicular daqueles apresentados na Figura 2 são comumente classificados como sistemas de segurança ativa. Outros, cujo propósito é o de proteger os ocupantes do veículo de lesões sérias, quando o impacto é inevitável, são denominados sistemas de segurança passiva. De maneira análoga ao que se observa em outras áreas da engenharia automotiva e, particularmente nos últimos anos, a demanda em termos de desempenho criada pelos modernos sistemas de segurança ativa e passiva só pôde ser satisfeita com o advento de componentes eletrônicos e processos de fabricação de elevada robustez, que ao mesmo tempo em que são capazes de integrar funções anteriormente só possíveis com a associação de inúmeros e instáveis circuitos discretos, o fazem agora com altíssimo grau de confiabilidade e imunidade às interferências e intempéries presentes no meio ambiente (GARDINALLI, 2005, p. 9).

Para compreender melhor a questão de segurança automotiva, foi realizado um breve relato a seguir sobre segurança ativa, que envolve as medidas destinadas a evitar

acidentes; e segurança passiva, que visa minimizar os danos gerados por colisões. Além disso, também foram abordados os testes de impacto em veículos, que objetivam avaliar a eficiência dos sistemas de segurança.

### 3.1 Segurança Ativa

Conforme já exposto, a segurança ativa engloba todas as medidas capazes de evitar a ocorrência de acidentes. Incluídos nesta categoria estão os mecanismos que estimulam a percepção humana, as condições e sinalizações das vias e os dispositivos que foram desenvolvidos para melhorar aspectos gerais de dirigibilidade (LIMA, 2011; PEREIRA; SOUZA, 2013).

Alguns sistemas de segurança ativos se destacam por diminuírem consideravelmente o número de acidentes. Como visto anteriormente, a implantação do *Antilock Braking System* (ABS) e do *Eletronic Stability Program* (ESP; ou *Eletronic Stability Control* – ESC) nos veículos foram capazes de reduzir significativamente o número de acidentes nos EUA. Além destes, são exemplos de medidas de segurança ativas: sistema de controle de tração (TCS), sistemas anti-colisão, sistema de monitoramento da pressão dos pneus, sistemas de iluminação do veículo, sistema de alerta de mudança de faixa, entre outros (MOORE, 2003; MENÊSES, 2015)

O sistema de freios ABS evita o travamento das rodas nos casos em que o motorista exerce uma pressão muito grande no pedal, geralmente devido a uma situação emergencial não esperada. As rodas dianteiras, ao travarem, impedem que o motorista mude a direção do deslocamento do veículo, permanecendo em linha reta até que pare. Já no caso de travamento das rodas traseiras, é possível também que o veículo mude sua trajetória, rotacionando em torno do eixo dianteiro (KAHANE, 2015).

Para evitar que o motorista perca o controle do veículo em situações críticas, o sistema ABS, por meio de sensores, monitora a velocidade angular de cada roda. Assim, é possível verificar se alguma delas têm sua velocidade reduzida, indicando o risco de travamento. Neste caso, o sistema libera o freio da roda individualmente, evitando seu bloqueio (LIMA, 2011).

Outro sistema que atua diretamente no controle do veículo em situações de emergência é o ESC. Quando detecta a possibilidade de o veículo perder contato com a pista de rolamento, o sistema automaticamente diminui o torque do motor e/ou aciona o freio individualmente na roda afetada, mantendo o automóvel na pista (KAHANE, 2015).

## 3.2 Segurança Passiva

Diferentemente dos sistemas A segurança passiva é aquela que atua após o acidente de trânsito, com objetivo de proteger os ocupantes do veículo e as demais pessoas envolvidas. Tudo que atue para diminuir os possíveis danos às vítimas pode ser considerada como medida de segurança passiva. Dispositivos como *airbags*, cintos de segurança e a própria estrutura da carroceria dos automóveis podem ser considerados pertencentes a esta classe (LIMA, 2011).

A atuação das equipes de atendimento de emergências, incluindo as de resgate e atendimento pré-hospitalar do CBMSC, também representa exemplo de medida de segurança passiva, uma vez que estas ações têm como objetivo a minimização dos danos sofridos pelas vítimas.

Ao abordar o tema de segurança veicular passiva, faz-se necessário o estudo individual dos principais sistemas e dispositivos que aumentam as chances de vida em casos de colisão. Para tal, serão abordados: a estrutura veicular, como responsável por absorver a energia dos impactos; os cintos de segurança, que promovem a retenção dos ocupantes; e, por último, os *airbags*, que evitam os choques dos passageiros contra as superfícies internas dos automóveis.

### 3.2.1 Estrutura Veicular

A estrutura do veículo tem papel fundamental na absorção de impactos em caso de colisões. Em relação à estrutura de montagem, os veículos podem ser divididos em duas classes: montados sobre chassis ou em monoblocos (MENÊSES, 2015).

O primeiro, chassi, refere-se à principal estrutura de suporte do veículo, onde motor, transmissão, suspensão e direção são fixados. O chassi suporta a carroceria e todos os demais equipamentos. A carroceria serve apenas como elemento de cobertura, sendo o chassi o elemento responsável pela resistência. Além disso, neste tipo de construção os veículos possuem resistência da carroceria elevada. Isto prejudica a segurança, já que metais muito rígidos não absorvem bem os impactos, apresentando pouca ou nenhuma deformação no caso de uma colisão (MENÊSES, 2015).

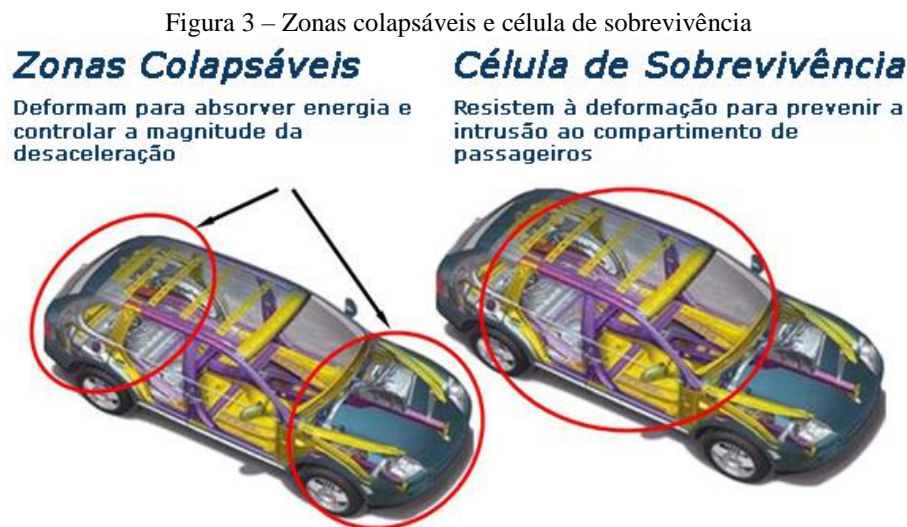
Ao contrário dos veículos montados sobre chassis:

Monobloco é um tipo de construção que une diferentes molduras estruturais, formando uma peça única, ou seja, uma estrutura equivalente às vigas tradicionais de um chassi incorporado à estrutura da carroceria, de forma a aumentar a resistência do conjunto, tornando-se a principal estrutura dos veículos de passeio modernos. Nos veículos monoblocos, todo o conjunto trabalha e os esforços são suportados,

simultaneamente, pela base e pela carroceria dos automóveis leves, propiciando uma excelente estrutura de absorção de impacto e de dissipação de energia no caso de colisão (MENÊSES, 2015, p. 56-57).

Em ambos os modelos de construção existe uma área, denominada célula de sobrevivência, projetada para permanecer inalterada em caso de colisão. Esta região, também chamada de habitáculo ou gaiola, é composta por estruturas de aço acopladas nas colunas, no assoalho, no teto e nas portas do veículo, garantindo que o mesmo suporte impactos até quatro vezes maiores que seu peso. O habitáculo é uma das principais estruturas responsáveis pela preservação da integridade física dos passageiros em colisões (MENÊSES, 2015).

De forma oposta à célula de sobrevivência, existem regiões dos veículos projetadas especialmente para absorver a energia dos impactos. São as zonas ou estruturas colapsáveis. Estas áreas são projetadas para se deformarem, permitindo que a energia do impacto se dissipe e não penetre no compartimento de passageiros (MENÊSES, 2015). A criação das zonas colapsáveis aumentou as possibilidades de vida aos ocupantes do veículo em caso de colisão. Kahane (2015) verificou que entre os anos 1960 e 2012, nos EUA, as estruturas colapsáveis dos veículos salvaram mais de 80 mil pessoas. Na Figura 3, a seguir, é possível identificar a divisão das zonas colapsáveis e da célula de sobrevivência.



Fonte: adaptado de *Absolute Rescue* (2015)<sup>1</sup>

Bertocchi (2005, p. 68-69) elenca alguns quesitos dos projetos veiculares responsáveis por oferecer proteção aos ocupantes em caso de colisão frontal:

- *Front-end* [região frontal] com estrutura homogênea;
- Grande capacidade de deformação inicial (procurando manter o nível de desaceleração o mais baixo possível) aliada a um crescimento contínuo da resistência [...];

<sup>1</sup> ABSOLUTE RESCUE. Crumple zones, Seat belts, and Airbags. 2015. Disponível em: <<http://www.absoluterescue.com/vehicle/crumple-zones-seat-belts-and-airbags/>>. Acesso em: 30 ago. 2015.

- Prolongar o comprimento das longarinas através do assoalho até atingir a direção da coluna B;
- Distribuir as forças de impacto que são inicialmente recebidas pelas longarinas, através das soleiras, coluna A e túnel;
- Utilização de travessas de ligação (com alta resistência à flexão) entre as longarinas de modo a dissipar as forças de impacto para os lados opostos à colisão (em caso de impactos parciais, também conhecidos como *offset*);
- Dimensionar as secções de colunas e travessas de modo a que suportem as cargas envolvidas em colisões.

Diferentemente das colisões frontais e traseiras, as laterais são mais difíceis de proteger, devido ao pequeno intervalo entre a estrutura veicular e os ocupantes. Por este motivo, a estrutura existente para evitar a intrusão excessiva do habitáculo deve seguir algumas premissas, conforme aponta Bertocchi (2005, p. 72):

- Grandes secções de soleiras e com alta resistência à flexão;
- Travessas com grande resistência à compressão entre as colunas A e abaixo do painel de instrumentos;
- Colunas B estruturadas com elementos de alta resistência à flexão;
- Alargamento da base das colunas B;
- Travessas no teto, principalmente alinhadas com a coluna B;
- Travessas resistentes sob os bancos e conectadas às soleiras;
- Estruturas que conectem os lados direito e esquerdo dos assoalhos dianteiros e que minimizem a deformação do túnel.

Para a construção das estruturas dos veículos, é necessário fazer uso de diversos tipos de materiais. O esforço feito pelas indústrias para manter as estruturas dos automóveis suficientemente seguras fez com que o peso das peças aumentasse consideravelmente nas últimas décadas. Nos últimos anos, porém, o apelo pela redução do consumo de combustíveis e emissão de poluentes desafiou os fabricantes a procurarem novos materiais para satisfazer tais demandas. Os desenvolvimentos de aços de alta resistência tem sido a solução para garantir aos fabricantes segurança e eficiência ao mesmo tempo (TAMARELLI, 2011).

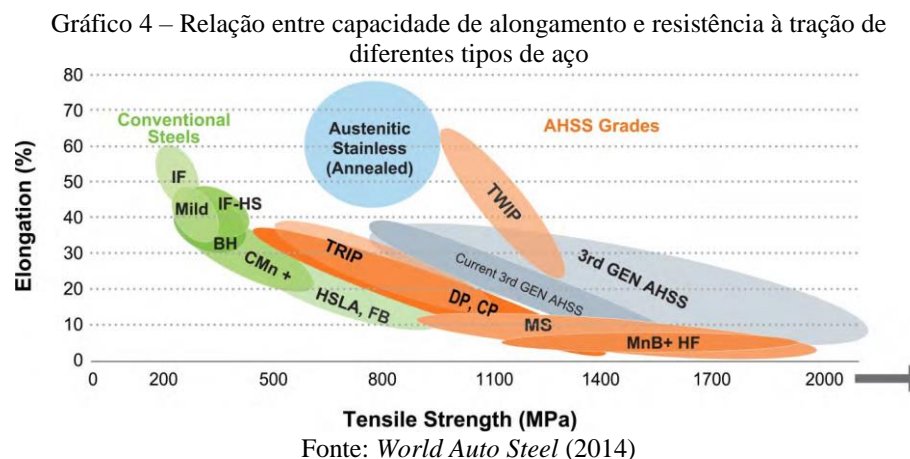
Com o aprimoramento da metalurgia, a indústria conseguiu criar aços cada vez mais resistentes, com espessuras incrivelmente delgadas. Isto tornou possível aliar o aumento da segurança dos veículos com a diminuição do consumo de combustíveis. Os aços convencionais, que possuem resistência moderada e boa capacidade de alongamento, cedem cada vez mais espaço para os aços da nova geração, os *Advanced High-Strength Steel* – AHSS (WORLD AUTO STEEL, 2014).

É comum achar autores separando o *High-Strength Steel* (HSS; aço convencional) e o AHSS. Entretanto, Tamarelli (2011) aponta que esta separação é meramente didática. Para este autor, os HSS são aqueles cujas resistências estão entre 210 e 550 megapascals (MPa). Acima deste valor, o aço já pode ser considerado AHSS. Além disso, aços que possuem resistências acima de 780 MPa são denominados *Ultra High-Strength Steel* (UHSS).

A classificação dos AHSS inclui variados tipos de aço, que são obtidos pela combinação de diferentes componentes químicos. Além disso, cada um deles passa por processo específico, com temperaturas de aquecimento e resfriamento precisamente controladas, o que lhes confere as propriedades físico-químicas desejadas. Os diferentes tipos de AHSS cumprem diferentes demandas de áreas específicas dos veículos, incluindo as zonas colapsáveis e a célula de sobrevivência (TAMARELLI, 2011).

Neste sentido, Coelho (2008) faz a separação dos AHSS em três gerações distintas, que estão devidamente representadas no Gráfico 4:

- I. Pertencem à primeira geração: *Transformation Induced Plasticity* (TRIP), *Dual Phase* (DP), *Complex Phase* (CP), martensíticos (MS), *Manganese-Boron Steel* (MnB) e *Hot Formed* (HF). Ambos são aços com resistências elevadas, mas baixa capacidade de alongamento. De acordo com o *AHSS Guidelines* (WORLD AUTO STEEL, 2014), estes tipos de aço são utilizados principalmente na célula de sobrevivência, por suas características de alta resistência e baixa deformação.
- II. Na segunda geração estão os aços *Twining Induced Plastic* (TWIP) e *Austenitic Stainless* (austeníticos recozidos). As propriedades destes aços combinam excelente resistência e alta capacidade de deformação. No entanto, seu alto custo inviabiliza a utilização em larga escala.
- III. A terceira geração de aços ainda está em fase de desenvolvimento. É fruto de pesquisas que objetivam desenvolver aços com características que aliam alta resistência e alta capacidade de alongamento a custos mais acessíveis.



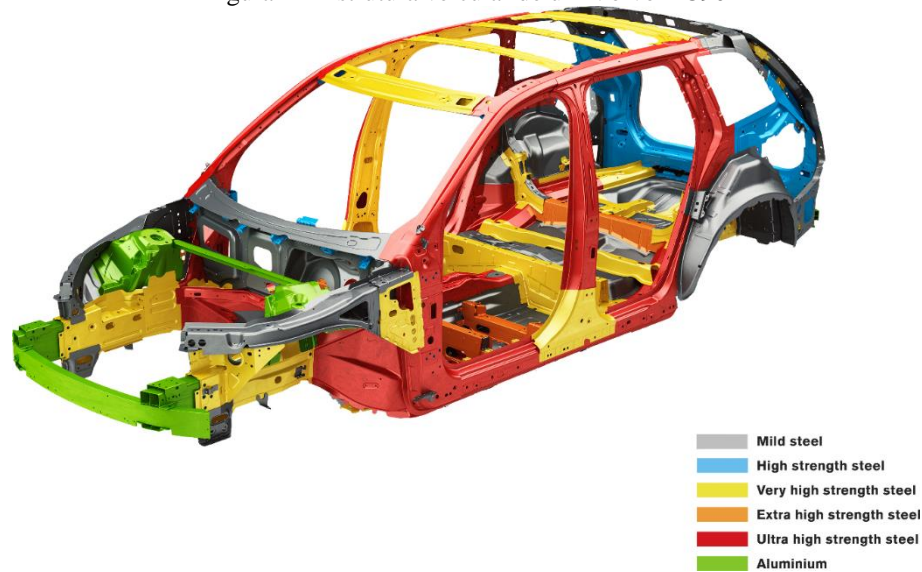
O Gráfico 4 exhibe a capacidade de resistência à tração (eixo horizontal) e a capacidade de alongamento (eixo vertical) de diferentes tipos de aços utilizados na construção estrutural dos veículos. As áreas verdes indicam aços do tipo HSS, cujas resistências são



menores. Entre eles, o *High-Strength Low-Alloy* (HSLA) é muito comum nos modelos de veículos atuais. Este composto metálico, também considerado um HSS, possui resistência considerável, e pode ser encontrado em diversas áreas dos automóveis, principalmente as mais suscetíveis ao colapso (MENÊSES, 2015).

Observa-se na Figura 4, a seguir, a estrutura de um veículo atual, com as cores sinalizando o tipo e a localização de cada composto de aço utilizados na composição do monobloco.

Figura 4 – Estrutura veicular de um Volvo XC90



Fonte: *Automotive Engineer* (2013)<sup>2</sup>

É possível perceber que o habitáculo do veículo é envolvido por aços extremamente resistentes e com pouca ou nenhuma capacidade de deformação, como o laminado a quente – *Hot Formed* (HF) – ou pelo aço feito com ligas de Boro (MnB). É comum encontrar esse tipo de composição também nas barras de proteção das portas. Já os componentes das zonas colapsáveis aliam boa resistência com possibilidade de deformação, o que favorece a absorção de impactos e dissipação da energia (MENÊSES, 2015).

### 3.2.2 Cinto de Segurança

O cinto de segurança ainda é o principal responsável por evitar mortes e lesões graves devido a acidentes de trânsito. É considerado um equipamento de segurança passiva, já que atua na minimização dos efeitos do acidente. Sua principal função é a retenção do ocupante,

<sup>2</sup> AUTOMOTIVE ENGINEER. Volvo Steers the Next XC 90 to Higher Levels of Safety. 2013. Disponível em: <<http://ae-plus.com/news/volvo-steers-the-next-xc90-to-higher-levels-of-safety>>. Acesso em 6 set. 2015.

evitando que o mesmo seja projetado contra o interior do veículo, ou ainda, ejetado. A atuação do cinto de segurança, em conjunto com o *airbag* frontal, é responsável pela redução em cerca de 45% o risco de morte por acidentes dos ocupantes de assentos dianteiros (IKEDA, 2012).

O aparecimento dos primeiros cintos de segurança deu-se no ano de 1956. Nesta época, existia apenas o cinto de segurança subabdominal, mas como item opcional nos veículos. A obrigatoriedade de sua instalação veio apenas em 1964. Pouco tempo após, em 1968, surgiram os primeiros modelos de cintos com três pontos, que logo se tornaram padrão, a partir do ano de 1974 (KAHANE, 2015).

O cinto de segurança é formado por alguns componentes e alguns sistemas auxiliares. Para melhor entendimento, abordaremos o funcionamento do componente retrator e dos sistemas auxiliares pré-tensionador e limitador de carga.

### 3.2.2.1 Retrator

O retrator foi o elemento que possibilitou o aumento da utilização dos cintos de segurança pelos passageiros, de acordo com Kahane (2015). Segundo o autor, a ausência deste equipamento tornava muito desconfortável a utilização do cinto de segurança, pois os passageiros deveriam escolher entre deixar o cinto apertado – e descartar a possibilidade de movimentação durante a viagem – ou deixar folgas no ajuste – comprometendo a eficiência do dispositivo.

O funcionamento dos retratores é baseado na aplicação do princípio da inércia. Geralmente são dois os mecanismos responsáveis por realizarem o travamento da extração do do cinto de segurança: um deles é sensível às acelerações do veículo e o outro é sensível à aceleração de extração do próprio cinto (BERTOCCHI, 2005).

Bertocchi (2005) esclarece que não se sabe ao certo qual é o mecanismo de bloqueio que atua primeiro, em caso de acidente. O que acontece, de fato, é que os dois sistemas se complementam e garantem ao usuário que o mecanismo do retrator irá funcionar no caso de necessidade.

Como observa Kahane (2015), o retrator libera mais cinto quando os ocupantes desejam se movimentar durante uma condução normal e retém o cinto quando detecta uma súbita desaceleração. No entanto, na parte subabdominal do cinto de três pontos, é normal que haja uma folga, que é indesejável em caso de colisão. Esta folga retarda e prejudica a atuação do sistema de retenção do cinto de segurança. O sistema deve estar sempre bem ajustado, nem

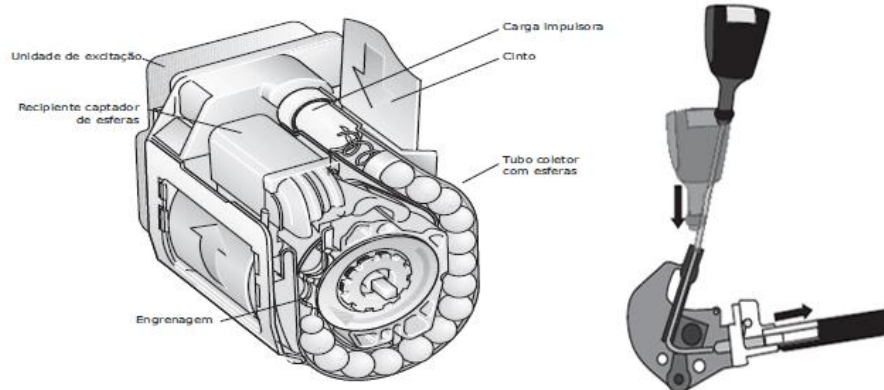
muito apertado, tampouco com folgas. É neste contexto que surgem os sistemas auxiliares do cinto de segurança: pré-tensionador e limitador de carga.

### 3.2.2.2 Pré-tensionador

O principal objetivo deste sistema auxiliar é manter o cinto de segurança o mais próximo possível do corpo do passageiro durante o processo de desaceleração brusca do veículo. O pré-tensionador trabalha eliminando as folgas existentes. Desta forma, durante uma colisão, é possível que o cinto de segurança inicie o processo de retenção do passageiro mais rapidamente, suavizando o processo de desaceleração (BERTOCCHI, 2005). Ikeda (2012) acrescenta que a atuação do pré-tensionador também diminui o risco de deslizamento dos ocupantes sobre o assento.

Os pré-tensionadores são dispositivos pirotécnicos, acionados pelos mesmos sensores que ativam o funcionamento dos *airbags* (IKEDA, 2012). A Figura 5 ilustra os dois tipos de pré-tensionadores disponíveis nos veículos atuais: os instalados no retrator e os instalados no fecho.

Figura 5 – Dispositivos pré-tensionadores no retrator (à esquerda) e no fecho (à direita)



Fonte: Bertocchi (2005)

No modelo de pré-tensionador instalado no fecho – à direita na figura acima – o gás produzido pela queima da carga explosiva aciona um pistão que traciona o fecho do cinto para baixo, por meio de um cabo de aço. Já no modelo de pré-tensionador no retrator, ilustrado à esquerda na Figura 5, o gás empurra um pistão, que impulsiona as esferas responsáveis por rotacionar a engrenagem de retração. Em ambos os casos, ocorre a remoção das folgas do cinto de segurança (KAHANE, 2015).

Alguns pré-tensionadores podem utilizar as informações dos sensores de aproximação de obstáculos para otimizar ainda mais a ação de retenção do ocupante. Nestes

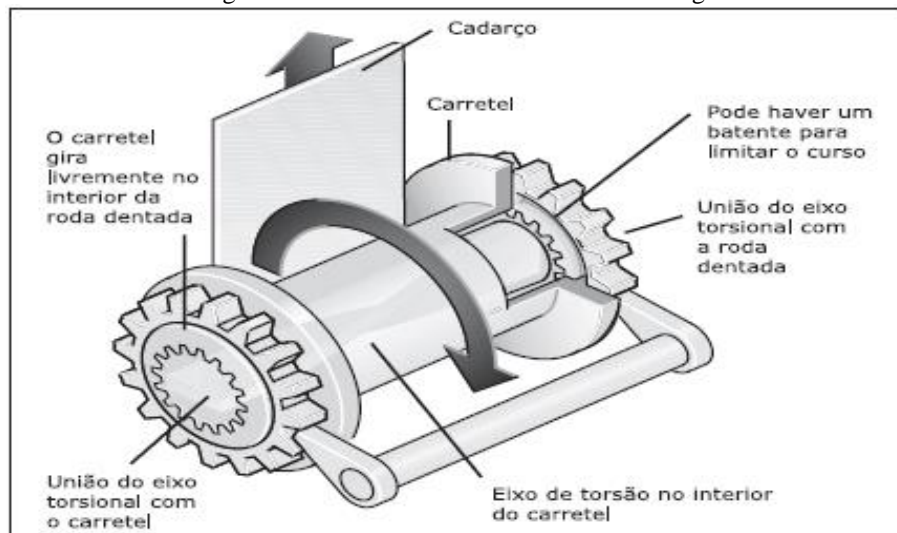
modelos, na iminência da colisão, a unidade eletrônica de controle (ECU) dispara informações para os sistemas de segurança passiva. Assim, o pré-tensionador será acionado antes mesmo do impacto, diminuindo as folgas do cinto e as cargas sofridas pelos passageiros.

### 3.2.2.3 Limitador de carga

De acordo com Ikeda (2012), as forças de retenção aplicadas ao ocupante, pelo cinto de segurança, são dissipadas pelas estruturas ósseas do corpo. Em casos de colisão, as forças no tórax podem atingir picos de 12 a 13 *quilonewtons* (kN) – o equivalente a cargas de até 1300 quilogramas (kg) –, diretamente sobre as costelas. Para controlar a carga que atua sobre o passageiro, o limitador atua na liberação de um trecho adicional do cinto, de forma gradual, a partir de um limite de tensão pré-estabelecido (IKEDA, 2012; BERTOCCHI, 2005).

Com a utilização dos limitadores de carga, a tensão máxima aplicada sobre os passageiros fica limitada à 6,5 kN, o suficiente para diminuir a possibilidade de lesões no tórax. Em impactos severos, onde o limitador poderá liberar uma quantidade considerável de cinto, os sistemas suplementares de retenção (*airbags*) atuam em conjunto na desaceleração dos ocupantes (KAHANE, 2015).

Figura 6 – Funcionamento do limitador de carga



Fonte: Bertochi (2005)

Segundo Bertochi (2005), para funcionar adequadamente, o limitador de carga utiliza um eixo de torção metálico no carretel do retrator do cinto, conforme apontado na Figura 6. Assim, quando as forças de tração aplicadas ao cinto e, conseqüentemente, ao retrator,

ultrapassam os limites preestabelecidos, o eixo metálico permite o giro do carretel, mantendo a força dentro dos limites desejados.

### 3.2.3 Airbags

Quando um veículo colide contra um obstáculo, os ocupantes tendem a continuar a trajetória previamente desenhada, seguindo os princípios da inércia. Mesmo que utilizem cintos de segurança, a tendência é que suas cabeças sejam impulsionadas à frente, podendo atingir objetos como o volante ou o painel. Neste contexto surgem os *airbags*, que são bolsas de ar que inflam automaticamente em caso de choque, colocando-se entre o veículo e a vítima (MOORE, 2003; MENÊSES, 2015).

A ideia de colocar bolsas de ar em veículos surgiu na década de 1950. No entanto, o conceito contemporâneo dos *airbags* foi apresentado por volta dos anos 80, pela fabricante Mercedes-Benz. No Brasil, os *airbags* frontais foram incorporados aos veículos compulsoriamente a partir de 2014 (ver capítulo 5). Entretanto, alguns fabricantes já disponibilizavam este sistema como item opcional aos seus veículos (IKEDA, 2012).

O uso do *airbag* não isenta os passageiros de utilizarem os cintos de segurança. Ao contrário, os *airbags* são apenas sistemas suplementares. Tanto é que a sigla utilizada pelos fabricantes de automóveis para se referirem às bolsas é SRS, de *supplemental restraint system* (sistema de retenção suplementar). Neste sentido, Moore (2003) salienta que pessoas que não utilizam o cinto de segurança podem até mesmo sofrer lesões fatais se o SRS for acionado.

O sistema de *airbags* possui três componentes principais: os sensores, a unidade eletrônica de controle (ECU) e os módulos do *airbag*. Os sensores estão localizados em diversos pontos, dependendo da quantidade de módulos de *airbags* disponíveis e do modelo do veículo. O acionamento do sistema dá-se quando um impacto aciona um ou mais sensores, que enviam sinais elétricos diretamente à ECU (BERTOCHI, 2005).

Ao receber os sinais dos sensores, a ECU processa as informações e calcula por meio de algoritmos complexos a necessidade do acionamento do SRS. Existindo mais de um módulo de *airbag*, é a ECU que verifica quais os módulos deverão ser acionados (MOORE, 2003; BERTOCHI, 2005). Sobre este assunto, Bertocchi (2005, p. 157-158) acrescenta:

As condições de disparo dependem de vários fatores, porém principalmente da magnitude e do gradiente da desaceleração nos primeiros milissegundos do impacto. Essa, por sua vez, dependerá de uma combinação entre a velocidade de impacto, tipo de obstáculo e região impactada do veículo (ou ângulo de impacto). Essas condições ou limites são definidos pelos fabricantes em laboratório e, via de regra, pode-se afirmar que as condições de não disparo em colisões são aquelas nas

quais os índices biomecânicos observados nos *dummies*<sup>3</sup> durante os ensaios são considerados satisfatórios mesmo sem a presença dos *airbags*.

Por fim, os módulos dos *airbags* – formados pelo conjunto da bolsa de ar e do gerador de gás – são acionados, iniciando uma reação química que irá produzir o gás nitrogênio como resultado. A expansão do gás irá inflar uma bolsa de *nylon* em um tempo aproximado de 30 a 70 milissegundos (ms). Outro método de ignição utiliza gás, geralmente argônio ou sua mistura com o gás hélio, em pequenos cilindros altamente pressurizados, com valores próximos de 200 atmosferas. Os cilindros são dispostos próximos às bolsas, e utilizam-se de pequenas tubulações e mangueiras para inflá-las (MOORE, 2003; BERTOCCHI, 2005; KAHANE, 2015).

Na maior parte dos acidentes, a energia que deflagra o sistema de *airbags* é proveniente da bateria do veículo. Mas existe a possibilidade de haver, no momento da colisão, danos que comprometam o funcionamento do sistema elétrico. Nesta hipótese, o acionamento dos *airbags* ficaria prejudicado. Para evitar este tipo de situação, um capacitor é inserido na ECU. Este pequeno componente eletrônico é capaz de armazenar a quantidade de energia suficiente para provocar a deflagração das bolsas. Em veículos mais antigos (fabricados no início da década de 1990), os capacitores armazenavam energia suficiente para acionar os *airbags* muitos minutos depois da colisão. Felizmente, com a modernização das ECUs, este tempo foi encurtado, sendo que a maior parte dos capacitores se descarrega em até 90 segundos ou menos (MOORE, 2003).

A partir do impacto no veículo, todo o processo de enchimento do *airbag* leva apenas 50 ms. Este tempo é o suficiente para que a bolsa esteja completamente inflada no momento de receber o impacto do corpo do passageiro. As bolsas possuem pequenas aberturas para possibilitar, após o contato com a vítima do acidente, a saída gradual do gás. Apesar disso, o excesso de gás do sistema continua fluindo por alguns milissegundos, permitindo que o *airbag* continue absorvendo a energia da colisão (MOORE, 2003).

Para evitar que a deflagração do sistema atinja violentamente o passageiro durante o processo de enchimento, as bolsas dispõem internamente de um conjunto de amarras, as quais limitam a distância do enchimento na direção do ocupante, fazendo com sua expansão se dê, em maior proporção, no sentido transversal (KAHANE, 2015).

Alguns veículos atuais possuem sistemas de *airbags* com acionamento em duplo estágio. Assim, cada bolsa se conecta a dois módulos, cada um com uma capacidade diferente

---

<sup>3</sup> Manequins utilizados nos testes de impacto (ver capítulo 4).

de enchimento da bolsa. Comumente é dividido da seguinte forma: 70% da carga em um dos módulos e os 30% restantes em outro. Dependendo das condições de velocidade, severidade do impacto, posição do ocupante no banco e utilização do cinto de segurança, a ECU realiza os cálculos e verifica a necessidade de ativação do *airbag*: um módulo acionado com 70% da capacidade, dois módulos acionados com 100%, ou nenhum acionamento. Apesar de mais seguros para as vítimas, estes sistemas podem possuir dois módulos de ignição, o que possibilita um acionamento não esperado durante operações de resgate veicular, da mesma forma como um *airbag* não deflagrado (MOORE, 2004). Este assunto será abordado no capítulo 6.

Portanto, a ECU calcula a necessidade de ativação do *airbag* por meio de informações previamente coletadas em testes de laboratório. Se o acionamento for necessário, é verificada se a magnitude do impacto é grande o suficiente para o acionamento total do sistema. Caso seja, a ECU dispara o comando para o acionamento dos dois módulos de enchimento, o de 70% e o de 30%, promovendo a deflagração total da bolsa. Caso seja um impacto de menor magnitude, mas que necessite do *airbag*, apenas o módulo de 70% é acionado, promovendo a deflagração parcial do sistema.

Uma vez compreendido o funcionamento dos *airbags*, será realizado a seguir o detalhamento dos modelos mais difundidos no mercado nacional brasileiro. Além dos tradicionais frontais, é comum encontrarmos nos veículos *airbags* laterais, de cortina e de joelhos.

### 3.2.3.1 *Airbags Frontais e de Joelho*

Em impactos frontais com velocidades próximas de 50 km/h, as zonas colapsáveis do veículo iniciam o processo de absorção de energia. Enquanto o aço se deforma, a estrutura do habitáculo se mantém inalterada, inclusive mantendo a velocidade anterior ao impacto. Esta ação dura aproximadamente 50 ms. Nos próximos 50 a 75 ms, o habitáculo é desacelerado até que pare. Neste momento, os cintos de segurança desempenham seu papel de retenção, pois os ocupantes do veículo começam a ser impulsionados para a frente do automóvel. Caso estejam sem cinto, haverá, necessariamente, o choque contra as paredes internas do veículo (KAHANE, 2015).

Considerando o tempo das ações citadas anteriormente, os *airbags* frontais possuem entre 50 e 75 ms para se apresentarem devidamente inflados, de modo que possam receber o contato do corpo do passageiro, sem lhes causar graves lesões. É durante este tempo que ocorre

todo o processo de detecção, por meio dos sensores, cálculos e acionamento (MOORE, 2003; KAHANE, 2015).

Figura 7 – Airbags frontais: motorista, passageiro e de joelho



Fonte: Top Car Mitsubishi (2012)<sup>4</sup>

A localização dos *airbags* frontais é padrão para todos os veículos: o do motorista encontra-se dentro do volante; o do passageiro, no interior do painel. Já o airbag de joelhos, não muito comum no Brasil, localiza-se na parte inferior do painel, geralmente apenas do lado do motorista, como pode-se visualizar na Figura 7. Este tipo de *airbag* previne lesões de membros inferiores quando em contato com o painel.

Ainda que os *airbags* frontais sejam dispositivos efetivos para diminuir o número de lesões graves e mortes, ele pode representar um risco adicional para ocupantes do veículo que estejam em posição inadequada para seu funcionamento. Isto inclui posicionar o banco muito próximo da área de deflagração, não utilizar o cinto de segurança, permitir crianças no banco da frente ou instalar cadeirinhas nos bancos dianteiros sem que a chave que desliga o *airbag* do passageiro esteja desligada (MOORE, 2003; KAHANE, 2015; IKEDA, 2012).

### 3.2.3.3 Airbags Laterais e de Cortina

Os *airbags* laterais surgiram na década de 1990, quando os fabricantes viram a necessidade de implementar um sistema capaz de proteger os ocupantes contra impactos laterais, principalmente a região lateral do tórax. Estes dispositivos geralmente estão localizados na parte interna dos bancos (MOORE, 2003).

<sup>4</sup> TOP CAR MITSUBISHI. Que tal um ASX? 2012. Disponível em: <<http://topcarmit.blogspot.com.br/2012/05/que-tal-um-asx.html>>. Acesso em 9 set. 2015.



Pouco tempo depois viu-se a necessidade de desenvolver um modelo maior, que fosse também capaz de proteger a parte superior do corpo e região da cabeça quando o veículo sofresse um impacto lateral. Assim criou-se o *airbag* de cortina. Estes modelos inflam sobre uma área significativamente maior, suficiente inclusive para mitigar a possível ejeção do passageiro (MOORE, 2003; KAHANE, 2015). Na Figura 8 é possível diferenciar ambos modelos de *airbags*, sendo o de cortina o que cobre as janelas laterais e o *airbag* lateral aquele que é projetado do interior dos bancos dianteiros.

Figura 8 – *Airbags* laterais e de cortina



Fonte: Alta Seguros (2014)<sup>5</sup>

Segundo Bertocchi (2005), o grande desafio dos *airbags* destinados a proteger contra impactos laterais é o tempo disponível para seu completo acionamento. Como visto anteriormente, os *airbags* dispostos na área frontal do veículo possuem de 50 a 75 ms para entrar em ação, já que a zona colapsável retarda o tempo da desaceleração do compartimento de passageiros. Este retardo não ocorre em impactos laterais, justamente porque o espaço destinado a absorver estes impactos não existe. Por este motivo, os sensores – agora localizados nas laterais do veículo – e a ECU devem coletar as informações da colisão e rapidamente determinar a necessidade de inflar os módulos de *airbags* laterais. Todo este processo é realizado em apenas 20 ms (BERTOCCHI, 2005; MOORE, 2003).

<sup>5</sup> ALTA SEGUROS. Qual é a real utilidade dos airbags laterais e de cortina? 2014. Disponível em: <<http://altaseguros.com.br/qual-e-a-real-utilidade-dos-airbags-laterais-e-de-cortina/>>. Acesso em: 9 set. 2015.

Viu-se que a ECU calcula a necessidade de ativação dos *airbags* com base em resultados de alguns testes de laboratório. Abordaremos a seguir quais são esses testes e de que modo são realizados.

## 4 TESTES DE IMPACTO EM VEÍCULOS

A preocupação com a segurança dos automóveis é observada por consumidores de todo o mundo. No entanto, nem sempre foi desta forma. Com o objetivo de diminuir o grande número de mortos em acidentes de trânsito, começou a ganhar escopo a ideia de estudar a dinâmica das colisões veiculares, com o objetivo de entender sobre as forças e as deformações às quais os veículos eram submetidos. A Engenharia de Segurança Veicular teve seu início efetivo após o período de guerras do século XX, com seus primeiros esforços voltados para a indústria aeronáutica. Logo em seguida, o conhecimento adquirido nesta área de estudo foi migrado para centros de pesquisas automotivos, localizados principalmente na Europa e nos EUA (BERTOCCHI, 2005).

A General Motors, em 1934, conduziu os primeiros testes de capotamentos e impactos contra barreiras. Alguns anos após, a mesma companhia inaugurou o primeiro laboratório de Segurança Veicular do mundo. Ainda na década de 1940, o austríaco Béla Barényi desenvolveu o princípio da zona de deformação, utilizado pioneiramente pela Mercedes-Benz, em 1959. Nesta mesma época, a marca Volvo lançou um manual de vendas, o qual destacava a importância da segurança para a empresa, sendo prioridade na construção de seus veículos (BERTOCCHI, 2005).

A área experimental da Engenharia de Segurança Veicular está em constante evolução desde sua implantação, pois é uma atividade de grande importância para o desenvolvimento de novas tecnologias automotivas. Ainda que hoje se utilize muitos simuladores virtuais, são os testes e ensaios de laboratório que confirmam as teorias e subsidiam o desenvolvimento de novos produtos (BERTOCCHI, 2005).

Os testes de impacto em veículos, também conhecidos como *crash tests*, são realizados a partir de normas elaboradas por algumas entidades mundo afora. Além das entidades governamentais, existem algumas instituições independentes que se propõem a estudar a dinâmica das colisões por meio de testes. Segundo Alves (2009), as mais atuantes no cenário mundial são: *Insurance Institute for Highway Safety (IIHS)* e *New Car Assessment Program (NCAP)*.

A Global NCAP é uma organização guarda-chuva<sup>6</sup>, que possui outras 9 instituições filiadas por todo o mundo. A primeira delas surgiu nos EUA, em 1978, e hoje é administrada

---

<sup>6</sup> Na administração, organizações guarda-chuva são as que utilizam a mesma marca para vários produtos em diferentes mercados (MELHADO, 2007).

pelo governo americano. A *Latin NCAP* foi inaugurada em 2010 e hoje é responsável por testar os carros vendidos no continente latino-americano e no Caribe (GLOBAL NCAP, 2015a).

Figura 9 – Organizações filiadas à Global NCAP



Fonte: do autor, com informações de Global NCAP (2015)<sup>7</sup>

O objetivo principal das NCAPs é promover pesquisas independentes e protocolos de testes que irão avaliar a segurança e as características ambientais dos veículos automotores, divulgando seus resultados ao público. Com isso, busca estimular os fabricantes a melhorarem o desempenho de seus veículos, além de incentivar os governos a aplicarem as regulamentações exigidas pelas Nações Unidas para os testes de impacto com automóveis de passageiros (GLOBAL NCAP, 2015a; LATIN NCAP; 2015a).

De acordo com autores como Birch (2005) e Paul et al. (2000), ambos citados por Alves (2009, p. 43), os *crash tests*, de maneira geral, devem considerar três aspectos:

- Absorção de energia de forma estável e controlada, sem invasão excessiva do espaço reservado aos passageiros;
- Manutenção da permanência dos passageiros no interior do veículo, impedindo o lançamento dos mesmos para meio externo; e
- Projeto de áreas internas do veículo para prover suavidade aos impactos secundários dos passageiros devido à colisão.

Os testes são realizados em novos veículos, que recebem uma avaliação baseada no desempenho, onde cinco estrelas representam uma pontuação alta. No caso da americana IIHS, a pontuação máxima é representada pelo selo *Top Safety Pick*. Os escores de desempenho são mensurados a partir da leitura das cargas e das desacelerações que ocorrem nos manequins que ocupam o veículo – os *dummies*. Os protocolos dos testes são os recomendados pelas Nações Unidas. No entanto, o diferencial das NCAPs é a possibilidade de avaliar além do mínimo exigido (GLOBAL NCAP, 2015b).

<sup>7</sup> GLOBAL NCAP. Partnerships. Disponível em: <<http://www.globalncap.org/partnerships/>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

Desde que a *Latin NCAP* iniciou suas atividades, seus resultados revelaram que os níveis de segurança dos automóveis mais vendidos na América Latina estavam defasados em cerca de vinte anos, quando comparados aos mercados europeu e norte-americano. Contudo, em 2014, cinco modelos conquistaram a pontuação máxima, mesmo não sendo exigidos legalmente tais níveis de segurança. Os fabricantes, desde então, têm se comprometido com a proposta, utilizando sua pontuação em anúncios e melhorando a especificação de seus produtos para que obtenham escores elevados nas avaliações (GLOBAL NCAP, 2015b).

#### **4.1 Teste de Impacto Frontal – *Moderate Overlap***

O teste pioneiro na América Latina foi o de impacto frontal com barreira descentrada. Esta barreira possui largura equivalente à 40% da largura do automóvel, desconsiderando os espelhos retrovisores. Este tipo de *crash test* é conhecido também como *moderate overlap*, e ocorre com o veículo à velocidade de 64 km/h. Este tipo de impacto simula um dos tipos mais frequentes de colisões que provocam lesões graves ou mortes nas estradas. A barreira é deformável para representar a natureza deformável dos carros. No caso do teste a 64 km/h, esta velocidade representa uma colisão frontal entre automóveis trafegando a 55 km/h cada. A *Latin NCAP* (2015b) afirma que as pesquisas sobre acidentes indicam que os testes a essa velocidade cobrem uma quantidade significativa dos acidentes reais com vítimas graves.

O contato entre os ocupantes e as partes da cabine do veículo representa a principal causa de lesões graves e óbitos quando se utiliza cinto de segurança. Desta forma, “ao evitar a intrusão, reduz-se a probabilidade de o passageiro impactar contra o interior do veículo, ficando espaço para o eficaz desempenho do sistema de retenção” (LATIN NCAP, 2015b).

A Figura 10 ilustra o esquema básico de um teste de impacto do tipo *moderate overlap*. Nota-se, neste caso, que a barreira é um ponto fixo, deformável, que simula o impacto de 40% da área frontal com outro veículo de massa e velocidade semelhante.

Figura 10 – Esquema representativo do teste de impacto frontal *moderate overlap*



Fonte: *Latin NCAP* (2015b)

Na sequência de imagens abaixo, temos a apresentação de quatro testes de impacto reais, nos quais foram utilizados veículos de circulação no mercado brasileiro.

Figura 11 – *Crash tests* realizados com veículos de circulação nacional



Fonte: do autor, com imagens de *Latin NCAP*<sup>8</sup>

Na Figura 11, pode-se perceber nos veículos à esquerda a invasão do habitáculo no momento pós-impacto. A diferença é notável, quando comparados a veículos que satisfazem requisitos de segurança, à direita. Nestes, não há comprometimento da cabine de habitação do automóvel. Cumpre frisar que as condições de testes são exatamente as mesmas para todos os veículos testados.

<sup>8</sup> LATIN NCAP. Resultados. Disponível em: <<http://www.latinncap.com/po/resultados>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

## 4.2 Teste de Impacto Frontal – Barreira Rígida

Além dos impactos em barreira deformável descentrada, um padrão muito comum é o realizado com barreira rígida, geralmente de concreto, com sobreposição de 100% da largura do automóvel. Apesar de ser um teste tradicional, ele é menos indicado para os veículos predominantes no mercado nacional brasileiro – de médio e pequeno porte. A barreira rígida é ideal para avaliar automóveis em que o chassi rígido é separado da estrutura da carroceria, situação comum em veículos do tipo caminhonete, predominantes no mercado norte americano. Nestes casos, a maior preocupação é a desaceleração do veículo em caso de impacto (CUNHA, 2011).

## 4.3 Teste de Impacto Lateral

Há também o *crash test* lateral, utilizado para determinar as condições de segurança dos veículos em casos de colisões laterais. Estima-se que um quarto dos acidentes com vítimas graves seja decorrente de colisões desta natureza. Desta forma, promover uma proteção efetiva aos ocupantes do veículo durante este tipo de acidente é um desafio às fábricas de automóveis, já que as laterais possuem pouca área de absorção de energia (INSURANCE INSTITUTE FOR HIGHWAY SAFETY, 2015).

O padrão do *crash test* lateral preconizado pela IIHS utiliza uma barreira móvel de aproximadamente 1,5 tonelada, que se move em direção à lateral do motorista à velocidade de 50 km/h. No interior do veículo, dois *dummies*, um representando uma mulher de estatura pequena e outro uma criança de 12 anos, são posicionados nos bancos da lateral a ser atingida (INSURANCE INSTITUTE FOR HIGHWAY SAFETY, 2015).



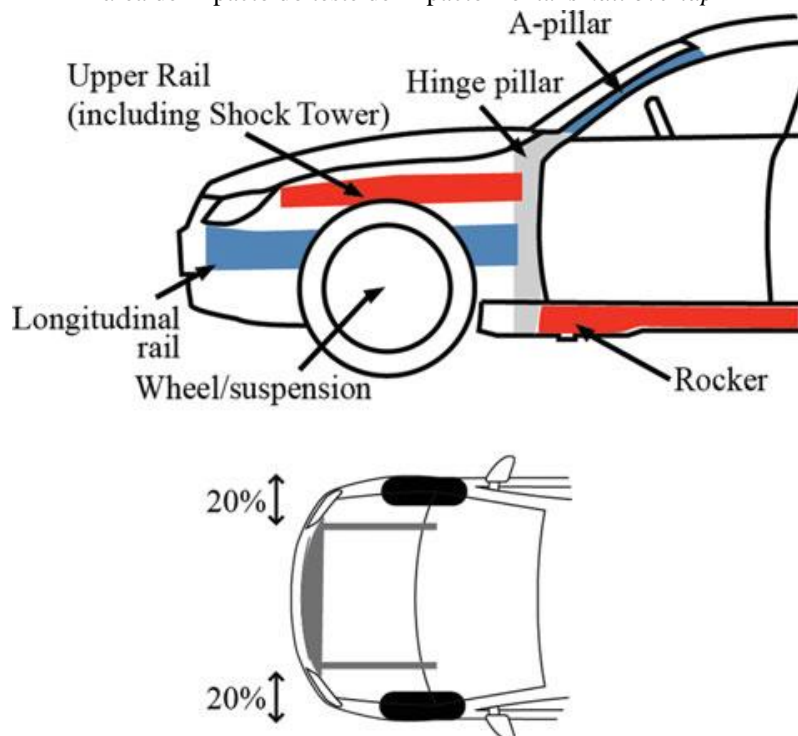
Fonte: Insurance Institute for Highway Safety (2015)

Segundo o *Insurance Institute for Highway Safety* (2015), quando o teste de impacto lateral começou a ser aplicado, em 2003, apenas 1 em cada 5 veículos recebia boa avaliação. Atualmente, com a maioria dos veículos americanos saindo de fábrica com dispositivos *airbags* laterais e sendo fabricados com materiais de melhor qualidade, a maior parte recebe boa avaliação. Segundo o instituto, este resultado está diretamente associado com o programa de testes realizado por órgãos independentes, uma vez que estimula os consumidores a buscarem produtos mais seguros.

#### 4.4 Teste de Impacto Frontal – *Small Overlap*

Mais recentemente, em 2012, um novo padrão de colisão começou a ser testado pelo IIHS: frontal *small overlap*. Alguns estudos (LINDQUIST et al., 2004; RUDD et al., 2009; BRUMBELOW; ZUBY, 2009; HALLMANN et al., 2011 apud SHERWOOD et al., 2013) identificaram que um grande percentual das colisões frontais com vítimas graves ou fatais era em decorrência de um tipo peculiar de choque, no qual o contato ocorria com apenas uma pequena área frontal do veículo. O diferencial deste tipo de acidente é que o impacto atinge áreas do veículo que estão desprotegidas das zonas deformáveis, geralmente em porções não superiores a 20% da largura do automóvel e localizadas nas bordas (ver Figura 13).

Figura 13 – Representação dos elementos estruturais do veículo e localização da área de impacto do teste de impacto frontal *small overlap*



Fonte: Scherwood et al. (2013)



A anatomia padrão de um veículo moderno prevê a existência de duas longarinas longitudinais, localizadas na altura próxima do parachoques. Esta estrutura é utilizada para suportar o motor do automóvel, mas também atua como um elemento de absorção de impacto. Na Figura 13 é possível identificar a localização desta estrutura: na imagem superior, em cor azul, nominada de *Longitudinal rail*; na imagem inferior são as duas linhas cinzas paralelas (SCHERWOOD et al., 2013).

O *small overlap crash test* segue os mesmos princípios do *moderate overlap*, inclusive a velocidade de impacto, que é de 64 km/h. Como obstáculo a ser atingido, uma barreira rígida de aproximadamente 1,5 metros é posicionada de modo que atinja 25% da área frontal do veículo, especificamente do lado do condutor. O impacto atinge o parachoques e paralamas, em seguida a roda dianteira, suspensão e a parede de proteção. Comumente a roda empurra a parte inferior do painel contra as pernas do motorista, causando graves lesões e dificultando a extração (INSURANCE INSTITUTE FOR HIGHWAY SAFETY, 2015).

Figura 14 – Vista superior com comparativo entre os padrões de *crash tests* frontais (*moderate overlap* e *small overlap*)



Fonte: *Insurance Institute for Highway Safety* (2015)

Na Figura 14 é possível observar as principais diferenças entre os dois padrões de colisões frontais que mais ocorrem estatisticamente. À esquerda, o *moderate overlap*, o veículo atinge com 40% de sua área frontal uma barreira deformável. Este impacto é absorvido parcialmente pelas zonas colapsáveis projetadas para este fim. Já o veículo à direita da imagem mostra o momento do impacto com 25% de sua extensão frontal atingindo uma barreira rígida durante o *small overlap crash test*.

## 5 EXIGÊNCIAS E ASPECTOS LEGAIS

Para que um novo veículo possa ser fabricado, alguns testes devem ser realizados, de modo a assegurar que os veículos atinjam o padrão mínimo de segurança estabelecido pelas normas de tráfego internacionais. Em países da União Europeia, por exemplo, somente após o veículo ser submetido e aprovado em testes de segurança é que sua venda ao consumidor é autorizada. Nos EUA e Canadá, no entanto, o fabricante do veículo é quem certifica que seu produto segue os padrões mínimos estabelecidos pelos órgãos competentes. Neste caso, periodicamente, e por amostragem, alguns modelos são escolhidos para serem analisados por laboratórios independentes e ratificar, ou não, os certificados de conformidade (GLOBAL NCAP, 2015a).

Até o ano de 2007, no Brasil, todas as exigências eram feitas pela Resolução nº 463 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), de 1973. O documento determinava o nível máximo de lesões que as colisões frontais poderiam causar aos ocupantes, além dos critérios de avaliação para certificar os requisitos exigidos. A respeito desta avaliação, Cunha (2011, p. 65) destaca:

Para o teste de impacto frontal, a 48 km/h, com 100% de sobreposição, o centro do volante do veículo não pode se mover mais que 127 mm na direção horizontal, no sentido do motorista. Para o critério de vazamento de combustível, não pode haver vazamento de combustível para o veículo abastecido com 90% da capacidade do seu sistema, a uma razão de 28 g/min, sendo também este volume máximo de vazamento de 28 g de fluído.

A Resolução nº 463 permitia que *dummies* fossem utilizados para verificar as condições dos ocupantes e possíveis lesões após os impactos. No entanto, esta hipótese era facultada ao fabricante do veículo (CUNHA, 2011).

Em 2007, com a publicação da Resolução nº 221, o CONTRAN passou a exigir dos fabricantes de automóveis a realização de testes de impacto. “Considerando a necessidade de se criar critérios biomecânicos de proteção aos ocupantes dos veículos para o caso de impacto veicular e visando a necessidade de se melhorar e atualizar os requisitos de critério de integridade do sistema de combustível” (CUNHA, 2011, p. 69), esta norma trouxe os seguintes requisitos:

- Proteção ao ocupante, com avaliação de critérios biomecânicos, em ensaio de impacto frontal: Norma ABNT NBR 15300-1, em conjunto com a Norma ABNT NBR 15300-2 ou com a Norma ABNT NBR 15300-3, **a critério do fabricante**;
- Comportamento da estrutura do habitáculo em ensaio de impacto traseiro: Norma ABNT NBR 15.240;
- Integridade do sistema de combustível em ensaio de impacto traseiro: Norma ABNT NBR 15.241 (CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2007, grifo nosso).

A NBR 15300-1 estabelece os requisitos mínimos de desempenho, mensurado a partir dos índices de lesões sofridas pelos manequins durante os testes de impacto. A norma NBR 15300-2 define o protocolo dos testes de impacto frontal com barreira de 100% da largura do veículo à velocidade de 48 km/h. Por fim, o padrão estabelecido pela NBR 15300-3 é de uma colisão frontal contra uma barreira deformável de 40% da largura do veículo, à 56 km/h. Os testes propostos pelas normas supra são semelhantes a alguns padrões também utilizados pela Comunidade Europeia e pelos EUA, ressalvadas pequenas divergências (CUNHA; TRAVASSOS JÚNIOR, 2012)

Sobre este assunto, Cunha (2011) conclui que não há garantias de que o modelo de testes que melhor verifica os critérios de ferimento nos ocupantes seja escolhido baseado nos modelos de veículos mais vendidos no Brasil. Isto porque a escolha do teste é facultada ao fabricante. De acordo com o autor, os veículos predominantes no mercado nacional são de pequeno e médio porte. Sendo assim, o teste estabelecido pela NBR 15300-3 é o mais adequado para a avaliação da segurança oferecida.

Além disso, apesar de exigir a realização de testes de impacto, o Brasil ainda não possui um laboratório próprio. Atualmente, para cumprir o disposto na Resolução nº 221, o DENATRAN apenas homologa as certificações realizadas por entidades privadas, como a *Latin NCAP* (CUNHA, 2011). Desde 2011 tramita na Câmara dos Deputados uma proposta de lei que obriga a execução dos testes de impacto para qualquer veículo vendido no Brasil. De acordo com a proposta, os testes serão realizados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), que possui um laboratório em construção (BRASIL, 2011).

Em 2009 a Lei nº 11.910 instituiu a obrigatoriedade do uso de equipamento de retenção suplementar, que foi regulada posteriormente com a Resolução nº 311 do CONTRAN. Estas normas tornaram obrigatório o uso de *airbags* frontais em todos os veículos de passageiros com até oito lugares, além de veículos de transporte de carga com peso bruto total inferior a 3,5 toneladas e caminhonetes. A aplicação da norma obedeceu um cronograma, disposto na Tabela 2, abaixo, e desde de janeiro de 2014 todos os novos veículos passam a contar com mais este dispositivo de segurança (BRASIL, 2009; CONTRAN, 2009a; CUNHA, 2011).

Tabela 2 – Cronograma de implantação dos airbags

I – Novos projetos de automóveis e veículos deles derivados, nacionais ou importados.

<b>DATA DE IMPLANTAÇÃO</b>	<b>PERCENTUAL DA PRODUÇÃO</b>
01 de janeiro de 2011	10%
01 de janeiro de 2012	30%
01 de janeiro de 2013	100%

II – Automóveis e veículos deles derivados em produção, nacionais ou importados.

<b>DATA DE IMPLANTAÇÃO</b>	<b>PERCENTUAL DA PRODUÇÃO</b>
01 de janeiro de 2010	8%
01 de janeiro de 2011	15%
01 de janeiro de 2012	30%
01 de janeiro de 2013	60%
01 de janeiro de 2014	100%

Fonte: Conselho Nacional de Trânsito (2009a)

Ainda em 2009, com a Resolução nº 312, o CONTRAN passou a exigir a instalação do sistema de freios ABS. Da mesma forma como os *airbags*, um cronograma foi fixado e a partir de 2014 todos os veículos começaram a sair das fábricas com o sistema antitravamento das rodas (CONTRAN, 2009b).

## **6 SEGURANÇA VEICULAR APLICADA AO RESGATE**

Após realizar o estudo da anatomia dos veículos e seus dispositivos de segurança, por meio da leitura dos capítulos anteriores, faz-se necessário aplicar estes conhecimentos à atividade de resgate veicular. Faremos, neste capítulo, uma breve discussão a respeito das principais implicações das tecnologias de segurança nas operações de resgate veicular.

Uma vez definido que os sistemas de segurança ativa presentes nos veículos atuam na fase de prevenção aos acidentes de trânsito, eles não serão abordados neste capítulo, pois não implicam alterações ou comportamentos diferenciados por parte das equipes de resgate veicular.

Sobre os sistemas de segurança passiva, será abordado neste capítulo alguns cuidados especiais referentes aos seguintes itens: estrutura dos veículos, cintos de segurança e *airbags*.

### **6.1 Considerações sobre a Estrutura Veicular em Operações de Resgate Veicular**

Assim como identificado no Capítulo 3, a tecnologia de construção dos veículos passou por mudanças significativas nos últimos tempos. Os avanços fizeram com que os automóveis pudessem ser construídos com materiais mais leves, mais robustos e ainda mais resistentes. Tais alterações afetam diretamente as Operações de Resgate Veicular.

Segundo Dunbar ([2014]), os aços mais robustos são geralmente encontrados em áreas dos veículos em que se aplicam técnicas de desencarceramento, utilizando ferramentas hidráulicas. Para o autor, em alguns casos a técnica deve ser adaptada, de modo a compensar o aumento da resistência do material. Entre as alterações encontradas, destaca-se a coluna B, que agora é sensivelmente mais larga.

Em um artigo recente, Ian Dunbar (2013) avaliou a capacidade de corte das ferramentas hidráulicas modernas frente às recentes mudanças estruturais dos automóveis. A estrutura de um veículo Volkswagen Golf Mk7, cujas colunas de sustentação possuem na composição aços com mais de 1000 MPa de resistência, foi utilizada para a verificação. A ferramenta avaliada foi uma tesoura hidráulica da marca Holmatro, modelo CU 4055. Entre a bomba hidráulica e a ferramenta foi instalado um manômetro, a fim de identificar a pressão de trabalho da ferramenta durante o teste. O resultado identificou que a tesoura cortou as colunas do veículo utilizando apenas 35% de sua capacidade nominal total.

Este resultado sugere que as ferramentas atuais estão acompanhando a evolução dos materiais utilizados na construção dos veículos. O mesmo artigo conclui afirmando que, apesar de termos mais carros utilizando aços ultra resistentes em sua construção, as ferramentas atuais suprem a demanda, não sendo este o problema encontrado pelos bombeiros nas operações de resgate (DUNBAR, 2013).

Além da ferramenta da Holmatro<sup>9</sup>, as marcas Lukas<sup>10</sup>, Hurst<sup>11</sup>, ResQtec<sup>12</sup>, Lancier<sup>13</sup> e Weber<sup>14</sup> oferecem equipamentos com capacidades alinhadas às necessidades atuais. Na Tabela 3 são apresentados os modelos atuais e mais robustos de cada um dos fabricantes. Todas as marcas pesquisadas possuem tesouras com capacidade para realizar cortes em veículos dotados de aços ultra resistentes. Além disso, as ferramentas apresentadas possuem uma reserva de capacidade de trabalho que varia de 65 a 77% da capacidade nominal.

Tabela 3 – Resumo das especificações técnicas das ferramentas hidráulicas de corte de diferentes marcas

Fabricante	Holmatro	Lukas	Hurst	ResQtec	Lancier	Weber
Modelo	CU5050	S700	S700CutterHSS	CutterG8cNEO1	CU-235/163	RSX200-107
Pressão máxima	72 MPa	-	-	35 MPa	72 MPa	-
Abertura máxima de corte	182 mm	185 mm	185 mm	203 mm	235 mm	200 mm
Força máxima de corte	1412 kN	-	-	1541 kN	1594 kN	1050 kN
Peso	15,9 kg	21,3 kg	21,3 kg	20,9 kg	21 kg	20,9 kg

Fonte: do autor, com informações coletadas a partir das especificações dos fabricantes

No entanto, a variedade de ferramentas existentes no mercado é grande. Nem todas são capazes de realizar estes trabalhos com facilidade, devendo o resgatista se atentar sobre a ferramenta que dispõe no momento da operação e reconhecer suas possibilidades e limitações.

## 6.2 Considerações sobre Cintos de Segurança em Operações de Resgate Veicular

Viu-se anteriormente que os veículos atuais possuem dispositivos pré-tensionadores instalados nos cintos de segurança. Tais dispositivos, quando acionados, reduzem a folga existente entre o cinto e o passageiro, iniciando o processo de retenção o mais breve

<sup>9</sup> HOLMATRO. Tesoura CU 5050. Disponível em: <<http://www.holmatro.com/pt/resgate-de-veiculos/producten/23418-tesoura-cu-5050.html>>. Acesso em: 13 set. 2015.

<sup>10</sup> LUKAS HYDRAULIC. S 700. Disponível em: <<http://rescue.lukas.com/Rescue+products/Cutters/S+700.html>>. Acesso em: 13 set. 2015.

<sup>11</sup> HURST. S 700 CutterHSS. Disponível em: <<http://www.jawsoflife.com/en/product/10000-psi-s700-cutter>>. Acesso em: 13 set. 2015.

<sup>12</sup> RESQTEC. G8c Cutter. Disponível em: <<http://resqtec.com/rescue/extrication-2/g-series-cutters/g8c-cutter/>>. Acesso em: 13 set. 2015.

<sup>13</sup> LANCIER RESCUE SYSTEMS. Catalogue 2015. Disponível em: <<http://www.awg-fittings.com/fileadmin/catalogue/Lancier.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2015.

<sup>14</sup> WEBER-HYDRAULIC. RSX 200-107 PLUS. Disponível em: <<http://www.weber-rescue.com/en/produkte/hydraulische-rettungsgeraete/schneidgeraete/schneidgeraet-rsx-200-107plus.php>>. Acesso em: 13 set. 2015.

possível (KAHANE, 2015). No entanto, Menêses (2015) destaca que os pré-tensionadores representam um risco potencial durante as ações de desencarceramento, exigindo sua identificação e neutralização precoce.

Os pré-tensionadores não possuem marcas de identificação que possam facilitar sua localização pelas equipes de resgate. No entanto, Moore (2003) cita algumas formas de identificar sua presença em veículos acidentados, que podem ser vistas a seguir.

Quando instalados na coluna B do veículo, os pré-tensionadores podem ser identificados ao retirar a proteção interna da coluna, conforme exemplo da Figura 15. Ligado ao retrator do cinto de segurança há um plugue amarelo, conectado à fiação de mesma cor. Esta cor é indicativa de que a unidade conectada é parte integrante do sistema de *airbags*, e que será ativada caso a ECU verifique a necessidade (MOORE, 2015).

Figura 15 – Retrator de cinto de segurança com pré-tensionador exposto



Fonte: Moore (2015)

Quando a equipe de resgate identifica no veículo a existência de *airbags* frontais deflagrados, devem supor que os pré-tensionadores existentes também foram acionados. A confirmação se dá dependendo da localização do dispositivo. Para pré-tensionadores localizados nos fechos dos cintos, basta observar a posição do fecho, que ficará abaixo da parte superior do assento. Já os dispositivos localizados no interior da coluna B, ao serem acionados, provocam um abalo na proteção interna, permitindo a visualização externa. Por fim, uma última evidência do acionamento do sistema é quando o retrator está bloqueado, impedindo a liberação do tecido do cinto de segurança (MOORE, 2003).

Se os *airbags* frontais não deflagrarem durante a colisão, os resgatistas devem supor que os pré-tensionadores também não foram ativados. Desta forma, algumas medidas de precaução devem ser tomadas. Segundo Dunbar ([2014]) e Moore (2015), a equipe de resgate deve se atentar aos seguintes cuidados:

- I. Após confirmada a presença de pré-tensionadores não deflagrados, toda a equipe deve ser comunicada;
- II. A bateria do veículo deve ser desligada. É importante aguardar o tempo de descarregamento do capacitor (ver recomendação III, contida no item 6.3);
- III. Os ocupantes devem ser liberados dos cintos de segurança. Caso o cinto esteja preso ao fecho, o mesmo deve ser cortado;
- IV. Deve-se evitar o corte da coluna B nos pontos de localização dos pré-tensionadores;
- V. Deve-se evitar utilizar a serra sabre para cortar a coluna B, pois a vibração pode provocar o acionamento involuntário do sistema.

### **6.3 Considerações sobre *Airbags* em Operações de Resgate Veicular**

Com a Resolução do CONTRAN nº 311, de 2009, todos os veículos vendidos no Brasil a partir de 2014 passaram a apresentar dois *airbags* frontais e freios ABS como itens de fábrica. No entanto, alguns destes veículos podem apresentar mais de dez módulos de *airbags*.

Durante uma colisão, é possível que muitos destes *airbags* não sejam acionados. As bolsas frontais não são acionadas em muitas colisões laterais, bem como os *airbags* laterais não necessariamente serão acionados quando houver um impacto dianteiro. Da mesma forma, ao receber um impacto traseiro, é possível que nenhum dos *airbags* seja acionado. Além disso, é necessário atentar-se para a possibilidade da existência de *airbags* com duplo estágio de ativação, que podem mascarar os riscos existentes ao se apresentarem previamente deflagrados (MOORE, 2003; MOORE, 2004).

Os sistemas não deflagrados representam um perigo em potencial para a equipe de resgate, que deve administrá-lo por meio de uma abordagem sistemática, observando alguns cuidados essenciais. Moore (2003), Dunbar ([2014]) e Meneses (2015) descrevem uma série de ações que devem ser observadas pela equipe de resposta para minimizar o risco de uma deflagração acidental durante as operações de resgate:

- I. Identificar a presença de *airbags* não deflagrados no veículo. Este primeiro diagnóstico serve para verificar a presença de bolsas não acionadas. Para tal, é possível identificá-las por meio das marcas que indicam a presença de *airbags*,



geralmente acompanhadas da sigla SRS. Ao encontrar dispositivos intactos, deve-se considerá-los como carregados e prontos para serem deflagrados. Ao deparar-se com veículos que possuem *airbags* laterais, é certo que há módulos não deflagrados. Neste caso, tal fato deve ser comunicado à equipe de trabalho, de modo que todos estejam cientes dos riscos da operação.

- II. Manter distância segura dos *airbags* não deflagrados. Após identificar a existência de *airbags* não deflagrados no veículo, deve-se respeitar uma distância mínima de segurança. Em relação às bolsas laterais, de cortina e de joelho a distância segura é de 30 centímetros (cm). Do airbag frontal do lado do motorista recomenda-se uma distância mínima de 60 cm. Já para o airbag frontal do lado do passageiro deve-se manter a distância de 90 cm. Este distanciamento de segurança deve ser mantido para todos os presentes na cena da ocorrência, bem como para equipamentos e inclusive para a vítima. Deste modo, caso haja o acionamento não programado de alguma bolsa, ninguém será atingido e ferido.
- III. Realizar o desligamento do sistema elétrico do veículo. Na maioria dos veículos a bateria está localizada no compartimento do motor. No entanto, é cada vez mais comum os automóveis possuírem uma bateria alternativa em local diferente, geralmente no porta-malas. Ambas devem ser desligadas, desconectando-se primeiramente o polo negativo e, em seguida, o positivo. É recomendado efetuar um corte duplo nos cabos da bateria, evitando que os fios se encostem e religuem acidentalmente o sistema elétrico.
- IV. Aguardar o tempo de descarga do capacitor. Após o desligamento das baterias, a chance de acionamento dos *airbags* é diminuída. No entanto, é necessário atentar-se que ainda há energia acumulada nos capacitores da ECU. O tempo máximo de descarregamento dos capacitores em veículos modernos é 90 segundos. Este tempo deve ser mensurado a partir do desligamento do sistema elétrico do veículo.
- V. Gerenciar o risco de *airbag* não deflagrado. Tão logo sejam realizadas as etapas anteriores, a equipe de intervenção deve proteger o *airbag* exposto e não deflagrado. Esta proteção pode ser executada com amarrações ou utilizando-se de equipamento específico para este fim.
- VI. Expôr a parte interna das áreas de corte. Antes de efetuar qualquer corte no veículo, é essencial que toda a parte interna seja exposta. Deste modo, os resgatistas poderão identificar a localização exata de quaisquer componentes dos *airbags*. Os cilindros que contém os gases para a expansão das bolsas nunca devem ser cortados, pois seu

conteúdo está sob alta pressão. Em casos de sistemas com segundo estágio, ou até mesmo em casos de *airbags* já deflagrados, o cilindro pode conter uma pressão residual capaz de provocar acidentes.

Moore (2003) complementa o assunto ao enumerar quatro perigos em potencial que as equipes de resgate devem evitar quando realizam operações de resgate veicular em veículos com *airbags* não deflagrados. São eles:

- I. Promover a ignição acidental do circuito elétrico, causando a deflagração do sistema;
- II. Aquecer indevidamente, gerar faísca ou eletricidade estática próximo ao propelente de acionamento químico dos *airbags*;
- III. Perfurar ou cortar o cilindro de alta pressão do sistema do *airbag*;
- IV. Manter a si mesmo, a vítima ou equipamentos a uma distância inferior à distância de segurança recomendada (30-60-90 cm).

A respeito dos sistemas já deflagrados, Dunbar ([2014]) salienta que o principal cuidado a ser tomado é relacionado com a temperatura do módulo de acionamento. Ainda que a bolsa não es quente, quando o acionamento é feito por reação química, a temperatura pode permanecer por volta dos 260 graus Celsius (°C) nos primeiros 60 segundos e, após 10 minutos ainda atingir os 150°C (MOORE, 2003). Além disso, Moore (2004) destaca que os *airbags* de duplo estágio não devem ser cortados, pois corre-se o risco de serem ativados neste momento, causando a propulsão da ferramenta de corte. O melhor a fazer é considerar como se ainda não tivessem sido deflagrados e tomar todos os cuidados enumerados acima.

## 7 CONCLUSÃO

A partir da pesquisa realizada para o desenvolvimento deste trabalho, percebeu-se que os acidentes de trânsito continuam sendo uma das principais causas de morte e de lesões graves na população brasileira, principalmente entre os mais jovens. Como forma de promover a melhoria desta situação, alguns sistemas de segurança passaram a ser exigidos nos automóveis, aumentando sensivelmente a segurança dos ocupantes. A implantação de tais sistemas afetou diretamente o serviço de Resgate Veicular oferecido pelo CBMSC, já que os riscos na cena da ocorrência são aumentados.

O estudo realizado tinha como objetivo conhecer a respeito das tecnologias de Segurança Veicular, relacionando-as com as operações de Resgate Veicular. Como forma de atingir este objetivo principal, foram propostos cinco objetivos específicos: descrever, a partir de levantamento bibliográfico, o funcionamento dos principais sistemas de Segurança Veicular; descrever os principais testes de impacto realizados em veículos; identificar as normas e os aspectos legais de Segurança Veicular no Brasil; identificar os principais procedimentos a serem adotados pelos resgatistas para evitar acidentes envolvendo sistemas de Segurança Veicular; e levantar informações para subsidiar a atualização do material didático do Curso de Resgate Veicular do CBMSC.

Com o intuito de cumprir o primeiro objetivo específico, pesquisou-se a respeito dos sistemas de segurança veicular com base em diversos autores. Os sistemas de segurança foram classificados em ativos e passivos, sendo que os primeiros atuam na prevenção dos acidentes e os segundos atuam na redução dos danos sofridos pelas vítimas. Além disso, foram descritas: a estrutura veicular, os cintos de segurança e o sistema de *airbags*. Para melhorar as condições de segurança dos veículos, a estrutura dos veículos evoluiu bastante, bem como os sistemas de retenção – cinto de segurança e *airbags*.

Para alcançar o segundo objetivo específico, focado em descrever os principais testes de impacto em veículos, foram selecionados os principais *crash tests* já realizados, bem como descritos seus princípios de avaliação. Identificou-se que os principais testes realizados atualmente são: teste de impacto frontal com barreira rígida, teste de impacto frontal com *medium overlap*, teste de impacto frontal com *small overlap*, e teste de impacto lateral.

As exigências e os aspectos legais correlatos ao tema foram discutidos, a fim de alcançar o terceiro objetivo específico. Desta forma, pode-se verificar que as principais exigências correlacionadas ao tema do presente estudo são: a instalação de freios ABS e dois

*airbags* frontais para veículos de passeio vendidos após o ano de 2014; e a realização de testes de impacto nos padrões estabelecidos por NBRs.

O quarto objetivo específico pretendeu discutir alguns aspectos relativos aos sistemas de segurança veicular nas operações de resgate veicular. Cumpriu-se esta etapa ao pesquisar a literatura disponível sobre o tema, listando uma série de orientações a serem observadas durante o atendimento de ocorrências de resgate veicular. Foram identificadas que os principais fabricantes de ferramentas hidráulicas possuem ferramentas que fornecem as condições mínimas necessárias para efetuar, com segurança, os cortes na estrutura dos veículos modernos. Além disso, foram listados cinco cuidados sobre o manuseio dos cintos de segurança, e seis orientações quanto a abordagem em veículos dotados de sistemas de *airbags*.

Por fim, com o último objetivo específico, que se propôs a colher informações para fomentar uma possível atualização, foi possível reunir uma grande quantidade de informações a respeito do tema segurança veicular, bem como relacioná-la com a prática da atividade de resgate veicular no CBMSC. O conteúdo escrito baseou-se nas principais obras publicadas recentemente em âmbito nacional, sem deixar de fora as obras internacionais de autores consagrados na área do resgate veicular.

Deste modo, conclui-se que os objetivos foram plenamente alcançados, seguindo a metodologia inicialmente proposta. Sugere-se que novos trabalhos sejam realizados com a mesma temática, abordando a possibilidade da implantação de um sistema informatizado contendo informações detalhadas sobre os itens de segurança disponíveis em cada veículo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Gilvania Terto. **Avaliação de absorção de energia de impacto**: uma abordagem baseada em testes com estruturas similares. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <[http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0621120\\_09\\_Indice.html](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0621120_09_Indice.html)>. Acesso em: 19 ago. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO. **Estatísticas nacionais de acidentes de trânsito**. Disponível em <[http://www.vias-seguras.com/os\\_acidentes/estatisticas/estatisticas\\_nacionais](http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais)>. Acesso em: 27 jul. 2015.

BERTOCCHI, Marcelo. **Segurança Veicular**. Piracicaba: Skill, 2005. Disponível em: <<http://issuu.com/marcelobertocchi/docs/bertocchi>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

BRASIL. Lei n. 11.910, de 18 de março de 2009. Altera o art. 105 da Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, para estabelecer a obrigatoriedade de uso do equipamento suplementar de retenção - air bag. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 mar. 2009.

\_\_\_\_\_. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei n. 2.976, de 14 de dezembro de 2011. Determina a realização do teste de impacto (crash test) em modelos de veículos automotores fabricados ou montados no País, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=531877>>. Acesso em: 13 set. 2015.

COELHO, Daniel Massari de Souza. **Efeito da Temperatura de Austenitização no Processo de Têmpera e Partição**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0612047\\_08\\_Indice.html](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0612047_08_Indice.html)>. Acesso em 15 set. 2015.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Resolução nº 221, de 11 de janeiro de 2007. Estabelece requisitos de proteção aos ocupantes integridade do sistema de combustível decorrente de impacto nos veículos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 jan. 2007. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em 19 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 311, de 3 de abril de 2009. Dispõe sobre a obrigatoriedade do uso do equipamento suplementar de segurança passiva - Air Bag, na parte frontal dos veículos novos saídos de fábrica, nacionais e importados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 7 abr. 2009a. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em 19 ago. 2015a.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 312, de 3 de abril de 2009. Dispõe sobre a obrigatoriedade do uso do sistema antitravamento das rodas – ABS nos veículos novos saídos de fábrica, nacionais e importados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 7 abr. 2009b. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em 19 ago. 2015.

CUNHA, Victor Alvarez da. **As Novas Normas Técnicas Brasileiras para Teste de Impacto Frontal Veicular para Proteção dos Ocupantes: Definição do Melhor Teste para o Mercado de Veículos Vendidos no Brasil e a Análise Financeira para Atualização do Laboratório de Testes.** 252 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial). Faculdade de Tecnologia SENAI – CIMATEC, Salvador, 2011.

CUNHA, Victor Alvarez da; TRAVASSOS JÚNIOR, Xisto Lucas. Brazil's New Vehicle Front Impact Safety Standards – ABNT NBR 15300-1 & ABNT NBR 15300-2 or ABNT NBR 15300-3: Is The Manufacturerer Choice the Safest for the Passenger? **International Journal of Automotive Technology**, Korea, v. 13, n. 4, p. 623–628, 2012.

DUNBAR, Ian. Feeling the Pressure? **Fire Magazine**, Hove, p. 50, sept. 2013. Disponível em: <<http://www.holmatro.com/pt/resgate-de-veiculos/paginas/138-publicacoes-em-revistas.html>>. Acesso em: 13 set. 2015.

\_\_\_\_\_. **Técnicas de Desencarceramento de Veículos.** Glen Burnie: Holmatro, [2014].

GARDINALLI, Geraldo José. **Comparação do Desempenho de Frenagem Simulada x Experimental de um Veículo de Passeio com Freios Hidráulicos e ABS.** 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2005.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLOBAL NCAP. About. Disponível em <<http://www.globalncap.org/about/>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

HOLMATRO. Ferramentas de Resgate. Disponível em: <<http://www.holmatro.com/php/download.php?file=3861438&h=51Ux1r9xSg8Xg>>. Acesso em: 13 set. 2015.

IKEDA, Toshiaki. **Segurança Veicular: Dispositivos de Segurança Passiva – Descrição e Recomendações.** 72 f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Automotiva). Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2012.

INSURANCE INSTITUTE FOR HIGHWAY SAFETY. About Our Tests. Disponível em: <<http://www.iihs.org/iihs/ratings/ratings-info/frontal-crash-tests>>. Acesso em: 21 ago. 2015a.

\_\_\_\_\_. The Role of New Car Assessment Programmes. **Democratising Car Safety: Road Map for Safer Cars 2020.** London: Global NCAP, p. 21-25, 2015b. Disponível em: <<http://www.globalncap.org/resources/>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

KAHANE, C. J. **Lives saved by vehicle safety technologies and associated Federal Motor Vehicle Safety Standards, 1960 to 2012 – Passenger cars and LTVs – With reviews of 26 FMVSS and the effectiveness of their associated safety technologies in reducing fatalities, injuries, and crashes.** Washington: National Highway Traffic Safety Administration, jan. 2015. Disponível em: <[www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/812069.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/812069.pdf)>. Acesso em 29 ago. 2015.

LATIN NCAP. Quem Somos. Disponível em: <<http://www.latinncap.com/po/quem-somos>>. Acesso em: 20 ago. 2015a.

\_\_\_\_\_. Nossos Testes. Disponível em: <<http://www.latinncap.com/po/explicacoes-dos-testes>>. Acesso em: 20 ago. 2015b.

LIMA, Marcos Leandro de. **Apresentação do Sistema FCW como Alternativa para Diminuir Acidentes de Trânsito do Tipo Colisão Traseira**. 55 f. Monografia (Curso de Tecnologia Autotrônica). Faculdade de Tecnologia Santo André, Santo André, 2011.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MELHADO, A. M. C. **Relação entre Estratégia de Marca e Valor Intangível de uma Corporação: Uma Análise a Partir da Realidade do Mercado Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Administração). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

MENÊSES, João Adauto Oliveira. **Técnicas de resgate veicular: veículos leves e pesados**. Aracaju: Infographic's, 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. DATASUS. Informações de Saúde: Estatísticas Vitais. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205>>. Acesso em: 28 jul. 2015a.

\_\_\_\_\_. Informações de Saúde: Epidemiológicas e Morbidade. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203>>. Acesso em: 28 jul. 2015b.

MOORE, Ronald E. **Vehicle rescue and extrication**. 2. ed. St. Louis: MosbyJems, 2003.

\_\_\_\_\_. Dual-Stage Airbag Systems. **Firehouse**, Fort Atkinson, apr. 2004. Disponível em: <<http://www.firehouse.com/article/10531885/dual-stage-airbag-systems>>. Acesso em: 13 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Seatbelt Pretensioner Components. **Firehouse**, Fort Atkinson, may 2015. Disponível em: <<http://www.firehouse.com/article/12057801/vehicle-extrication-training-for-firefighters>>. Acesso em 13 set. 2015.

PEREIRA, Felipe de Oliveira Gomes; SOUZA, Rodrigo Ferreira de Lima Lino de. **Segurança Veicular Ativa – Sistemas de Monitoramento do Motorista**. 59 f. Monografia (Curso de Tecnologia Autotrônica). Faculdade de Tecnologia Santo André, Santo André, 2013.

RESENDE, Paulo. **Em busca de mais segurança e menos mortes em rodovias da América Latina: O Caso Brasileiro**. Uma análise dos acidentes no Brasil, com um enfoque nas condições de tráfego e características dos acidentes. New York: BID, 2011. Disponível em: <<http://publications.iadb.org/handle/11319/5351>>. Acesso em 27 jul. 2015.

SHERWOOD, Christopher P. et al. Development of a Frontal Small Overlap Crashworthiness Evaluation Test. **Traffic Injury Prevention**, Bloomfield Hills, v. 14, p. 128-135, 2013.

TAMARELLI, Carrie M. **AHSS 101: The Evolving Use of Advanced High-Strength Steels for Automotive Applications**. Southfield: Steel Market Development Institute, 2011.

WORLD AUTO STEEL. **Advanced High-Strength Steels Application Guidelines**. 5 ed. Brussels: World Steel Association, 2014. Disponível em: <<http://www.worldautosteel.org/projects/advanced-high-strength-steel-application-guidelines/>>. Acesso em: 5 ago 2015.