



MARCO AURELIO GOUVEA

**Resposta do manequim instalado em  
dispositivo de retenção de criança, Grupo I e  
Grupo II, em teste dinâmico veicular.**

116 / 2012

CAMPINAS  
2012



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

Marco Aurelio Gouvea

# **Resposta do manequim instalado em dispositivo de retenção de criança, Grupo I e Grupo II, em teste dinâmico veicular.**

Orientador: Prof. Dr. Antonio Celso Fonseca de Arruda

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Materiais e Processos de Fabricação.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A VERSÃO  
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO  
ALUNO MARCO AURELIO GOUVEA E  
ORIENTADA PELO PROF. DR. ANTONIO  
CELSONO FONSECA DE ARRUDA.

.....  
ASSINATURA DO ORIENTADO  
PROF. DR. ANTONIO CELSO F. DE ARRUDA  
UNICAMP/FEIM/DEP  
- Matrícula 036510

**CAMPINAS**

**2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

G745m Gouvea, Marco Aurelio  
Resposta do manequim instalado em dispositivo de retenção de criança, grupo I e grupo II, em teste dinâmico veicular. / Marco Aurelio Gouvea. -- Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Antonio Celso Fonseca de Arruda.  
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Automóveis - Cintos de segurança. 2. Acessórios para automóveis - Indústria. 3. Automóveis - Especificações. 4. Transporte - Crianças. 5. Automóveis - Equipamento e acessórios. I. Arruda, Antonio Celso Fonseca de, 1948-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Response of dummy installed in group I and group II child restraint system (CRS) subjected to transport dynamic tests

Palavras-chave em Inglês: Cars - Seatbelts, Accessories for cars - Industry, Cars - Specifications, Transportation - Children, Automobiles - Equipment and supplies

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Paulo Roberto Gardel Kurka, Arley de Barros Lombardi Junior

Data da defesa: 22-08-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADEMICO

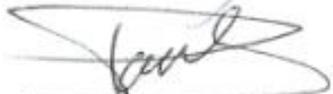
**Resposta do manequim instalado em  
dispositivo de retenção de criança, Grupo I e  
Grupo II, em teste dinâmico veicular.**

Autor: Marco Aurelio Gouvea

Orientador: Prof. Dr. Antonio Celso Fonseca de Arruda

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta tese:

  
Prof. Dr. Antonio Celso Fonseca de Arruda, Presidente  
FEM/UNICAMP

  
Prof. Dr. Paulo Roberto Gardel Kurka  
FEM/UNICAMP

  
Dr. Arley de Barros Lombardi Junior  
General Motors do Brasil/ Indaiatuba

Campinas, 22 de Agosto de 2012

## **DEDICATÓRIA**

À minha amada esposa Simone e amada filha Marina que souberam compreender os meus momentos de ausência em função deste trabalho e que sempre me apoiaram.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente a Deus por tudo que me proporcionou na vida.

Agradeço também as pessoas que auxiliaram diretamente ou indiretamente na execução deste trabalho, em especial para:

Simone minha amada esposa que tanto se dedica ao amor de nossa família e a minha amada filha pela graça divina de sua existência que me estimula a fazer o certo.

Ao meu orientador Professor Celso Arruda, pelo seu suporte nesta retomada da minha vida acadêmica.

A General Motors do Brasil em especial ao Marcelo Bertocchi que apoio e viabilizou a execução deste trabalho, como também de Brian Callaghan pelo seu apoio a conclusão do trabalho.

Ao amigo de trabalho Arley Lombardi, que com paciência me orientou e auxiliou durante o período deste curso.

A Burigotto S/A que doou os dispositivos de retenção de criança que foram utilizados para teste.

O prazer no trabalho aperfeiçoa a obra.

*Aristóteles*

## RESUMO

GOUVEA, Marco Aurelio, Resposta do manequim instalado em dispositivo de retenção de criança, Grupo I e Grupo II, em teste dinâmico veicular. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2012. 89 p. Dissertação de Mestrado Acadêmico.

No mercado é possível encontrar grande variação de dispositivos de retenção de crianças, parte destes dispositivos é desenvolvida para acomodar crianças de diferentes grupos de massa definido nos requisitos legais Brasileiros, Europeus e Americanos. Existe sobreposição entre os grupos, permitindo que a mesma criança utilize dispositivos de retenção de diferentes grupos. Este trabalho tem como propósito comparar o comportamento do manequim, que simula ocupante de três anos de idade com 15 kg, em teste dinâmico similar ao da ECE R44 com dispositivo de retenção de criança instalado conforme Grupo I, com cinto de segurança cinco pontos, e quando instalado conforme Grupo II, com cinto de segurança veicular de três pontos. Para suportar as conclusões obtidas foi utilizado dado dos testes de certificação do dispositivo de retenção de criança Grupo I e II. O dispositivo de retenção de criança utilizado neste estudo é certificado conforme INMETRO portaria 38, sendo ancoradas ao equipamento de teste pelo cinto de segurança três pontas conforme indicação do fabricante. Os testes dinâmicos foram executados com trenó que desacelera em função do tempo conforme curva padrão da ECE R44. Esta dissertação conclui que a resposta dinâmica do manequim depende do projeto de instalação do dispositivo de retenção de criança ao veículo e que considerando a menor movimentação da cabeça do manequim e menores lesões da cabeça, aceleração do peito, região pélvica e púbica, o dispositivo de retenção testado instalado conforme Grupo II apresentou melhor desempenho nos testes dinâmicos que o dispositivo instalado conforme Grupo I, portanto o transporte de criança de três anos de 15 kg é mais seguro com o dispositivo de retenção Grupo I.

Palavras-Chave: 1. Automóveis - Cintos de segurança. 2. Acessórios para automóveis - Indústria. 3. Automóveis - Especificações. 4. Transporte - Crianças. 5. Automóveis - Equipamento e acessórios.

## ABSTRACT

GOUVEA, Marco Aurelio, Response of dummy installed in Group I and Group II Child Restraint System (CRS) subjected to dynamic tests with vehicle. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2011. 89 p. Dissertação de Mestrado Acadêmico.

Many CRSs models are available in the market; several are developed to accommodate different mass group children. There is overlap among the mass groups and as consequence the same child can use a different mass group CRS.

The purpose of this paper is to compare the dummy kinematic in a dynamic test similar to ECE R 44 with the same CRS design installed according to Group I (five points harness) and installed according to Group II (vehicle's three point safety belt). To support the conclusions the data of CRS Certification test for Group I and II were used. The chosen CRS is certified for Brazilian market according to INMETRO administrative rule 38 and is anchored to the vehicle by its three point safety belt according to the CRS manufacturer's recommendation.

The dynamic tests were performed on Sled subjected to the ECE R 44 standard acceleration vs. time curve. The harness loads and vehicle safety belt loads will be gathered and dummy kinematic were recorded with high speed digital cameras. The results are tabulated and compared with focus on the relevant performance differences.

This study conclude that dynamic dummy response depend on the CRS design used to install the device to the vehicle and considering the lower ATD head excursion, the lower injuries at head, pelvis, pubic and chest acceleration the tested CRS installed according to Group II (five points harness) present better safety performance on dynamic tests than tested CRS installed according to Group I (vehicle's three point safety belt).

Key Words:

1. Automobile – Safety Belt 2. Automobile accessory - Industry. 3. Automobiles - Specification. 4. Transport - Children. 5. Automobile – Equipament and Accessory..

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. 1 – Causa dos acidentes de trânsito – esquemática .....   | 4  |
| Figura 1. 2 – Modelo de Sistema de Negocio, Prof. D. Oswaldo Luiz Augostinho. 2009.....   | 6  |
| Figura 1. 3 – Sobreposição dos grupos de massa dos dispositivos de retenção de crianças conforme Resolução.....   | 8  |
| Figura 1. 4 – Curva de evolução da massa para meninos de estatura media de 0 a 10 anos considerando os grupos de massa dos dispositivos de retenção de crianças conforme Resolução. | 9  |
| Figura 2. 1 – Fundação Seade 2010, Média diária e taxa de mortalidade por acidentes de transporte no Estado de São Paulo 1988-2008.....   | 11 |
| Figura 2. 2 – Ministério da Saúde 2007; Morte de 0 a 14 anos no Brasil em 2007 por Causas   | 12 |
| Figura 2. 3 – Segurança Veicular – esquemático .....  | 15 |
| Figura 2. 4 – Selo de Identificação da Conformidade dos Dispositivos de retenção de criança conforme Portaria INMETRO 38/2007. ....   | 21 |
| Figura 2. 5 – Estímulos à segurança veicular e ao transporte seguro de crianças no Brasil.....  | 24 |
| Figura 2. 6 – Comparações morfológicas do corpo humano de acordo com a idade (Diméglio, 2001) .....   | 25 |
| Figura 2. 7 – Dinâmica do veículo e ocupante em condição de frenagem e em colisão. (Per Lovsund -2005 [20]). ....   | 26 |
| Figura 2. 8 – Primeiro protótipo de dispositivo de retenção de criança com face para trás do Professor Bertil Aldman (Kathy – 2007) .....   | 28 |
| Figura 2. 9 – Ancoragem inferior tipo ISOFIX de dispositivo de retenção de criança. ....  | 31 |
| Figura 2. 10 – Dispositivo de retenção de criança com ancoragem inferior com cadarço. ....  | 31 |
| Figura 2. 11 – Dispositivo de retenção de criança com ancoragem superior com cadarço ....   | 32 |
| Figura 2. 12 – Exemplo de dispositivo de retenção de criança com alça e haste anti-rotação.   | 33 |
| Figura 2. 13 – Dispositivo de retenção de criança com cinto de segurança de cinco pontas. ....  | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 2. 14 – exemplo de dispositivo de retenção classe não integral.....   | 35 |
| Figura 2. 15 – Manequins Antropomórficos infantil de teste série P, TNO .....  | 36 |
| Figura 2. 16 – Manequins Antropomórficos infantis - Híbrido III (First Technology -2005)...  | 37 |
| Figura 2. 17 – Q3 Manequins Antropomórfico 3anos (Humanetics – 2009) .....   | 37 |
| Figura 2. 18 – Dimensões principais do manequim de três anos de idade (adaptada da ECE R44).....   | 39 |
| Figura 2. 19 - Acelerômetro altura do tórax.....   | 41 |
| Figura 2. 20 - Deslocamento da cabeça do manequim para dispositivo grupo I, II e III (ABNT NBR 14400:2009, figura 1).....                              | 41 |
| Figura 2. 21 – Corredor de desaceleração do carrinho em função do tempo para impacto frontal conforme ABNT NBR 14400, anexo D.....                     | 42 |
| Figura 2. 22 – Dimensão do banco padrão utilizado para testes dinâmicos conforme ABNT NBR 14400, anexo C. ....   | 43 |
| Figura 3. 1 – Ilustração do dispositivo de transporte de criança Burigotto Neo Matrix 0+,I, II extraído do manual de instrução do dispositivo. ....    | 46 |
| Figura 3. 2 – Ajuste do ângulo do encosto do dispositivo de transporte de criança testado extraído do manual de instrução do dispositivo. ....         | 47 |
| Figura 3. 3 - Acelerômetro altura do tórax .....   | 48 |
| Figura 3. 4 - Acelerômetro altura do tórax .....   | 49 |
| Figura 3. 5 – Células de carga, cadarço abdominal pontos laterais inferiores.....  | 49 |
| Figura 3. 6 – Posição das células de carga usadas para coletar a carga do cadarço do cinto de segurança durante os testes dinâmicos.....               | 50 |
| Figura 3. 7 – Medição do comprimento do cadarço do cinto de segurança usado para instalar o dispositivo de retenção conforme o Grupo de massa I. ....  | 51 |
| Figura 3. 8 – Medição do comprimento do cadarço do cinto de segurança usado para instalar o dispositivo de retenção conforme o Grupo de massa II. .... | 52 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3. 9 – Comparação entre banco traseiro do veículo utilizado no primeiro bloco de testes com assento normatizado utilizado no segundo bloco de testes.....                             | 54 |
| Figura 3. 10 – Pulso de desaceleração dos testes dinâmicos analisados. ....  | 55 |
| Figura 3. 11 – Manequim TNO P3 e Manequim Híbrido III 3YO. ....  | 56 |
| Figura 4. 1 – Condição do manequim e dispositivo de retenção após 1º Bloco de testes .....   | 57 |
| Figura 4. 2 – Comparação da excursão do dispositivo de retenção e manequim.....  | 58 |
| Figura 4. 3 – Comparação da excursão do dispositivo de transporte de criança e manequim entre testes com dispositivo instalado conforme Grupo I e II. ....                                   | 59 |
| Figura 4. 4 – Sobreposição das linhas de referência dos dispositivos de retenção no tempo de máxima excursão da cabeça do manequim no teste 1(Grupo I) e teste 3 (Grupo II).....             | 60 |
| Figura 4. 5 – Sobreposição das linhas de referência do encosto dos dispositivos de retenção no tempo de máxima excursão da cabeça do manequim no teste 1(Grupo I) e teste 3 (Grupo II) ..... | 61 |
| Figura 4. 6 – Deslocamento do dispositivo de retenção instalado conforme grupo I .....   | 61 |
| Figura 4. 7 – Deslocamento do dispositivo de retenção instalado conforme grupo II.....   | 62 |
| Figura 4. 8 – Sobreposição da cabeça do manequim no tempo de máxima excursão.....  | 63 |
| Figura 4. 9 – Análise da movimentação do dispositivo de retenção de criança e cabeça do manequim Híbrido III 3YO.....  | 64 |
| Figura 4. 10 – Cargas do caderço do cinto de segurança coletada nos testes executados com dispositivo de retenção instalado conforme grupo I. ....   | 66 |
| Figura 4. 11 – Cargas do caderço do cinto de segurança coletada nos testes executados com dispositivo de retenção instalado conforme grupo II.....   | 67 |
| Figura 4. 12 – Carga no caderço do cinto de segurança e movimentação do dispositivo .....  | 68 |
| Figura 4. 13 – Análise da penetração abdominal no dispositivo de retenção grupo I.....   | 69 |
| Figura 4. 14 – Curvas das células de carga do íliaco teste 2, dispositivo de retenção Grupo I.   | 69 |
| Figura 4. 15 – Análise da penetração abdominal no dispositivo de retenção Grupo II.....  | 70 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 4. 16 – Comparação da excursão do dispositivo de transporte de criança e manequim entre testes com dispositivo instalado conforme Grupo I e II do Segundo Bloco..... | 71 |
| Figura 4. 17 – Excursão do dispositivo de transporte de criança dos testes do primeiro e segundo bloco quando instalado conforme Grupo I e II. ....                         | 72 |
| Figura 4. 18 – Comparação da excursão do manequim, primeiro e segundo bloco de testes....   | 74 |
| Figura 4. 19 – Comparação da excursão da cabeça do manequim e a excursão do dispositivo de retenção de criança, primeiro e segundo bloco de testes.....                     | 75 |
| Figura A. 1 – Pulso de desaceleração do teste 1. ....   | 86 |
| Figura A. 2 – Pulso de desaceleração do teste 2. ....   | 86 |
| Figura A. 3 – Pulso de desaceleração do teste 3. ....   | 87 |
| Figura A. 4 – Pulso de desaceleração do teste 4. ....   | 87 |
| Figura B. 1 – Posicionamento dos manequins Hibrido III 3YO em posição pré-teste. ....   | 88 |
| Figura C. 1 – Resposta biomecânica dos manequins durante testes dinâmicos do primeiro bloco.....  | 89 |

## ***LISTA DE TABELAS***

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. 1 – Exemplo de dispositivo de retenção de criança que pode ser utilizado por mais de um grupo de massa.....  | 7  |
| Tabela 2. 1 – Ministério da Saúde 2007; Mortalidade por faixa etária x ranking de causas .....   | 12 |
| Tabela 2. 2 – Ministério da Saúde 2005- Hospitalizações por causa, em números absolutos...   | 13 |
| Tabela 2. 3 – Ministério da Saúde 2007; Mortalidade por acidentes de trânsito, por idade e tipo .....  | 13 |
| Tabela 2. 5 – Países e suas regulamentações para dispositivo de transporte de criança em vigência em Fevereiro/2010. ....  | 29 |
| Tabela 2. 6 – Massa do manequim de três anos de idade. (adaptado da ECE R44) .....   | 38 |
| Tabela 3. 1 – Manequim Híbrido III de três anos de idade.....  | 48 |
| Tabela 3. 2 – Tabela comparativa da configuração de testes do primeiro e segundo bloco de testes.....  | 53 |
| Tabela 3. 3 – Massa por região do corpo do Manequim TNO P3 e Manequim Híbrido III 3YO (manual do manequim de teste TNO P3 e Manequim de teste Híbrido III3YO).....     | 56 |
| Tabela 3. 4 – Dimensão por região do corpo do Manequim TNO P3 e Manequim Híbrido III 3YO. (manual do manequim de teste TNO P3 e Manequim de teste Híbrido III3YO)..... | 56 |
| Tabela 4.1 – Comparação entre lesões coletadas durante teste 1 e teste 3 .....   | 65 |
| Tabela B.1 – Posicionamento dos manequins Híbrido III 3YO em posição pré-teste.....  | 88 |

## ***LISTA DE NOMENCLATURAS***

|                |  |
|----------------|--|
| <b>3YO</b>     | <i>Three Year Old</i>  |
| <b>ABNT</b>    | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                 |
| <b>AIS</b>     | <i>Abbreviatéd Injury Scale</i>  |
| <b>ATD</b>     | <i>Anthropomorphic Test Dummy</i>  |
| <b>AMN</b>     | Associação Mercosul de Normalização                                      |
| <b>CONTRAN</b> | Conselho Nacional de Trânsito  |
| <b>CRS</b>     | <i>Child restraint System</i>  |
| <b>DATASUS</b> | Banco de dados do Sistema Único de Saúde                                 |
| <b>DRC</b>     | Dispositivo de Retenção de Criança (análogo a CRS em Português)          |
| <b>ECE R</b>   | <i>Economic Commission Europe Regulation</i>                             |
| <b>FMVSS</b>   | <i>Federal Motor Vehicle Safety Standard</i>                             |
| <b>INMETRO</b> | Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial    |
| <b>ISO</b>     | <i>International Organization for Standardization</i>                    |
| <b>MAIS</b>    | <i>Maximum Abbreviatéd Injury Scale</i>                                  |
| <b>NTHSA</b>   | <i>National Highway Traffic Safety Administration.</i>                   |
| <b>SEADE</b>   | Sistema Estadual de Análise de Dados                                     |
| <b>SUV</b>     | <i>Sport Utility Van</i>   |
| <b>BioRID</b>  | <i>Biofidelic Rear Impact Dummy</i>                                      |
| <b>GSO</b>     | <i>G.C.C. Standardization Organization</i>                               |
| <b>GCC</b>     | <i>Gulf Cooperation Council</i>  |
| <b>TNO</b>     | <i>(T)he (N)etherlands (O)rganization for Applied Technical research</i> |
| <b>P3</b>      | Manequim TNO série “P” – simula criança de três anos de idade            |
| <b>DNIT</b>    | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes                   |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 1         |
| 1.1. Motivação .....   | 3         |
| 1.2. Objetivos .....   | 10        |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>   | <b>11</b> |
| 2.1. Causas de fatalidade e tratamentos médicos em crianças .....  | 11        |
| 2.2. Segurança Veicular .....  | 14        |
| 2.3. Estímulos à segurança veicular e transporte seguro de crianças no Brasil....  | 17        |
| 2.4. Comparação morfológica entre corpo humano adulto e criança.....   | 25        |
| 2.5. Dinâmica do veículo e ocupante em condição de frenagem e em colisão ....  | 26        |
| 2.6. Dispositivo de retenção para criança. ....  | 27        |
| 2.7. Manequins Antropomórficos Infantil de testes .....  | 36        |
| 2.8. Configurações de Requisitos de desempenho em ensaios dinâmicos<br>conforme Norma Brasileira ABNT NBR 1440:2009..... | 39        |
| 2.9. Classificação das Lesões .....  | 43        |
| <b>3. MATERIAIS E METODOLOGIA.....</b>   | <b>45</b> |
| 3.1. Primeiro bloco de testes .....  | 45        |
| 3.2. Segundo bloco de testes .....   | 52        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>  | <b>57</b> |
| 4.1. Resultados e discussões dos testes do Primeiro bloco de testes .....  | 57        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2. Resultados e discussões dos testes do Segundo bloco de testes.....           | 70        |
| <b>5. CONCLUSÕES e SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS.....</b>                     | <b>77</b> |
| 5.1. Conclusões .....   | 77        |
| 5.2. Limitações do trabalho .....   | 79        |
| 5.3. Sugestões para trabalhos futuros.....  | 79        |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>80</b> |
| <b>ANEXO A.....</b>   | <b>85</b> |
| <b>APÊNDICE A – PULSO DOS TESTES DINÂMICOS PRIMEIRO BLOCO.....</b>                | <b>86</b> |
| <b>APÊNDICE B – POSICIONAMENTO DOS MANEQUINS, PRÉ-TESTE (primeiro bloco).....</b> | <b>88</b> |
| <b>APÊNDICE C – LESÕES DOS MANEQUINS .....</b>                                    | <b>89</b> |

# 1. INTRODUÇÃO

A vida mudou de forma impressionante nos dois últimos séculos. O automóvel marcou profundamente a maneira de viver das pessoas em todo o Mundo. A invenção do automóvel reflete uma evolução que abrangeu varias regiões do mundo, vários nomes fazem parte desta história como do engenheiro francês Nicolas Joseph Cugnot que desenvolveu o primeiro veículo autopropulsionado com motor a vapor para fins militares em 1769 e o Alemão Karl Friedrich Benz que patenteou o primeiro veículo automotor propulsionado com motor de combustão interna a gasolina que chamou de “Benz Patént-Motorwagen” em 1886 [1]. As indústrias Automobilísticas foram surgindo e se desenvolvendo como a Cadillac (EUA -1902), Ford (EUA - 1908), Audi (Alemanha - 1910), Chevrolet (EUA - 1911), Volvo (Suécia – 1927), BMW (Alemanha - 1928), Peugeot (França – 1891), Toyota (Japão - 1933), Honda (Japão - 1962), Hyundai (Coréia do Sul – 1967) e muitas outras. O número de veículos no Mundo vem crescendo muito rapidamente, em 1970 eram 200 milhões de veículos, em 1990 eram 500 milhões de veículos, em 1997 eram 600 milhões de veículos e em 2010 eram 1,015 bilhões de veículos no mundo [2]. Para muitas pessoas imaginar o mundo sem o automóvel é impossível. O contato com o automóvel em nossa sociedade começa muito cedo, nos primeiros dias de vida, ao sair da maternidade.

O Brasil recebeu seu primeiro carro motorizado em 1891, um Peugeot, trazido pela família Dumont [3], este bem de consumo durável inicia a interagir com o Mercado Brasileiro tornando-se um objeto de desejo e status para muitas pessoas influentes da época, com o passar do tempo o veículo torna uma necessidade para suprir as dificuldades de transporte de pessoas e cargas. A indústria automobilística no Brasil efetivamente iniciou-se quando a Ford decide em 1919 trazer a empresa ao Brasil. O próprio Henry Ford sentencia: "O automóvel está destinado a fazer do Brasil uma grande nação" [4]. Em 1925, a General Motors do Brasil abre sua fábrica no bairro paulistano do Ipiranga, e dois anos depois, inicia a construção da fábrica de São Caetano do Sul [4]. Com a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), o mercado estava contido devido às mazelas da guerra, então presidente da República Getúlio Vargas, em 1940, ao perceber que o

desenvolvimento econômico do Brasil sairia prejudicado, pois o Brasil é potenciais importadores de automóveis prontos, proibiu então a importação de automóveis prontos, e dificultou grandemente a importação de autopeças (4). Em 1956 a alemã Volkswagen instala sua fábrica no Brasil na cidade de São Bernardo do Campo/SP [5]. A revolução automotiva da década de 50 trouxe aos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, tecnologia de ponta, empregos, desenvolvimento industrial e uma nova relação de capital-trabalho, com o crescimento e fortalecimento dos sindicatos de classes. A Fiat se instala no Brasil em 1976 e o seu modelo de lançamento é o Fiat 147 [5], no começo os brasileiros olhavam com certa desconfiança para o carrinho com motor de 1050 cm<sup>3</sup>. Em 1991 tivemos o início do processo de abertura da Economia Brasileira, pelo então presidente da República Fernando Collor de Mello que afirmou certa vez que “Nossos carros são verdadeiras carroças”, neste período a participação do mercado era de praticamente 100% das montadoras GM, Volkswagen, Ford e FIAT que estavam estabelecidas no Brasil [6], em Outubro de 2011 o site da revista Auto Esporte [7] divulga uma lista de 47 marcas de automóveis oferecendo 279 modelos para o mercado Brasileiro. O Mercado Brasileiro é o quarto maior mercado consumidor de veículos do planeta, o número de veículos no Brasil aumentou em 119% em dez anos que era de 29,5 milhões de veículos em 2000 e chegando a 64,8 milhões em dezembro de 2010, segundo levantamento do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) [8]. Considerando o resultado do Censo IBGE 2010, que indica que a população é de 190,732 milhões, o Brasil tem uma média de um carro para cada 2,94 habitantes, confirmando que a população estem contato direto com os automóveis.

Ao utilizar o automóvel a população está exposta a riscos elevados, de acordo com a Fundação Sistema Estaduais de Análise de Dados (Seade) entre 1988 e 2008 [9], os acidentes durante o transporte mataram no Estado de São Paulo 149.911 pessoas, o equivalente à população de um município do tamanho de São Caetano do Sul, no Grande ABC. Conforme estudo publicado em outubro de 2007 por DATASUS – Ministério da Saúde [10], os dados de mortalidade e hospitalizações por acidentes de crianças e adolescentes de até 14 anos no Brasil, apresenta que o maior causador de mortes em crianças de 0 a 14 anos é acidentes de trânsito com 40% do total.

As crianças são vulneráveis intelectualmente e fisicamente, necessitam de cuidados especiais para evitar seu envolvimento e eventual lesão em acidentes de trânsito. Os dispositivos

de retenção de criança são fundamentais para suprir os déficits anatômicos característicos da fase de crescimento, é são classificados em grupos de massa, como veremos na revisão bibliográfica deste material.

Com a obrigatoriedade do uso dos dispositivos de retenção adequado para crianças em vários países, felizmente seguido pelo Brasil, existe no mercado grande variedade destes dispositivos, encontra-se com facilidade modelos de dispositivos de retenção de criança desenvolvidos para acomodar crianças de diferentes grupos de massa.

Esta dissertação compara o comportamento do manequim Híbrido III 3YO em teste dinâmico conforme ABNT NBR 14400 com dispositivo de retenção de criança Burigotto Neo Matrix Grupo 0+, I, II, quando instalado conforme Grupo I, e quando instalado conforme Grupo II; além de revisar bibliografias pertinentes ao risco à vida nos acidentes de transporte, o motivo de sua ocorrência, ações da Ciência & Tecnologia junto com a Sociedade no desenvolvimento da Segurança Veicular, regulamentações que visa proteger as crianças em seu transporte em automóveis, morfologia da criança, classificações de lesões, principais mecanismos de lesões e os principais manequins antropomórficos infantis de testes.

## **1.1. Motivação**

Os acidentes de trânsito são provocados pelo Homem, Meio, Veículo ou pela interação entre eles, como mostra figura 1.1.

O Homem (condutor do veículo ou pedestre) é uma máquina maravilhosa, porém possui limitações. É a peça de maior importância no sistema de trânsito, o homem é o subsistema mais complexo, portanto tem maior probabilidade de desorganizar o sistema como um todo. O Homem é responsável estatisticamente por 75% dos acidentes, as causas mais comuns dos acidentes gerados pelo homem são devido à imprudência dos condutores, excesso de velocidade, desrespeito à sinalização, ingestão de bebidas alcoólicas, ultrapassagens indevidas, falta de atenção, distração do condutor (rádio, passageiro, celular, objetos soltos no interior do veículo), ação evasiva inadequada frente a um fator adverso (buraco, veículo parado, etc.), técnica inadequada ao dirigir veículo (não observar o retrovisor externo e esquerdo, por exemplo),

avaliação errada de distância e velocidade de outro veículo no mesmo sentido (andar na "cola") como em sentido contrário, não obediência das normas de circulação e conduta (tanto para condutores como para pedestres), falta de conhecimento e obediência das leis de trânsito (condutores e pedestres), travessia em locais perigosos e fora da faixa ou semáforo, etc.

O Veículo é o meio através do qual é realizado o transporte de pessoas e bens como: automóvel, ônibus, caminhão, motocicleta, etc. O Veículo é responsável estatisticamente por 12% dos acidentes e suas causas são falta de manutenção adequada dos veículos, frota antiga, falhas no projeto, ausência de dispositivos que possam auxiliar a evitar o acidente, etc.

O Meio são as condições climáticas, condições das estradas, densidade do trânsito, sinalizações, sistema de informações, etc. O Meio é o conjunto de condições que podem levar o acidente como má visibilidade (chuva, neblina, cerração, noite, outros), defeitos nas vias, animais na pista e muitos outros. O Meio estatisticamente é responsável por 6% dos acidentes de trânsito.

A somatória dos fatores de menor monta gera estatisticamente 7% das causas de acidentes de trânsito. As porcentagens de responsabilidade por causa de acidentes (Homem, Veículo, Meio) são publicadas pela organização não governamental Cidade Alerta em estudo das estatísticas publicadas pela DNIT [11].

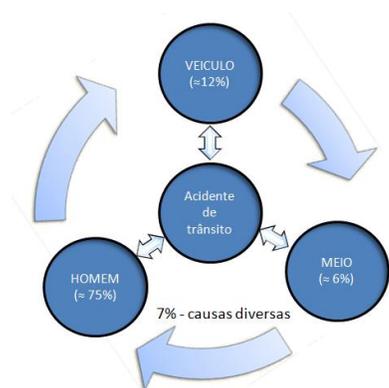


Figura 1. 1 – Causa dos acidentes de trânsito – esquemática [11]

A Ciência & Tecnologia, alicerçada por Universidades, Automobilísticas e Fabricantes de Sistemas, atua nos três fatores que provocam os acidentes através de desenvolvimento de meios que evita ou minimiza os acidentes de trânsito, seus riscos de lesões e fatalidade. Estes estudos contribuem no desenvolvimento da Segurança Passiva, como descrito mais a frente neste material.

A segurança no transporte das crianças se privilegia com os itens de Segurança Ativa evitando que os acidentes aconteçam, como também com a Segurança Passiva nos veículos como estrutura desenvolvida para controlar e absorver grande parte da energia da colisão, sistemas que previnem risco de fogo, interior do veículo com superfície amigável em condição de impacto do ocupante, entre outros; porém como principal colaboração para a segurança no transporte de criança é o dispositivo de retenção de crianças, chamado popularmente no Brasil de cadeirinha de criança e em inglês de “child restraint system” abreviada como “CRS” e sua adequada ancoragem ao veículo.

A Sociedade, através dos Governos, Órgãos não Governamentais (exemplos: Criança Segura, Direitos da Criança, Safety kids e outros), entidades privadas de normatização (exemplos: ABNT, ISO, AMN, etc.) e outros, muitas vezes suportada pelos desenvolvimentos da Ciência & Tecnologia, age também nos três fatores que provocam os acidentes. Como exemplos de ação da Sociedade podem citar resoluções que obrigam e regulamenta o uso do cinto de segurança, dispositivo de retenção de criança, fabricação de veículos com Airbags e ABS, exigência de cursos de habilitação para dirigir o veículo, construção e manutenção de via pública, propagandas e cursos de conscientização aos pedestres e motoristas, entre vários outros.

A combinação das ações da Sociedade e da Ciência & Tecnologia provocam estímulos descontínuos gerando mudanças rápidas no ambiente mercadológico que é regido pela lei da oferta e procura. O mercado pressionado pela competitividade externa utiliza de padrões quantitativos para desenvolver produtos que atendam a necessidade e desejo de consumo do cliente. A figura 1.2 apresenta o modelo de sistema de negocio desenvolvido pelo Prof. D. Oswaldo Luiz Augostinho em 2009 [12].

Vários estímulos descontínuos foram observados no Brasil um dos mais relevantes para a segurança da criança foi gerado pela Resolução Brasileira nº 277 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) de 28 de Maio de 2008 que dispõe sobre o transporte de menores de 10 anos e a obrigatoriedade do use de dispositivo de retenção para o transporte de crianças em veículos em todo território Nacional a partir de 28 de Maio de 2010, postergada para 1º de Setembro de 2010 devido à escassez dos dispositivos de retenção de criança no comercio.

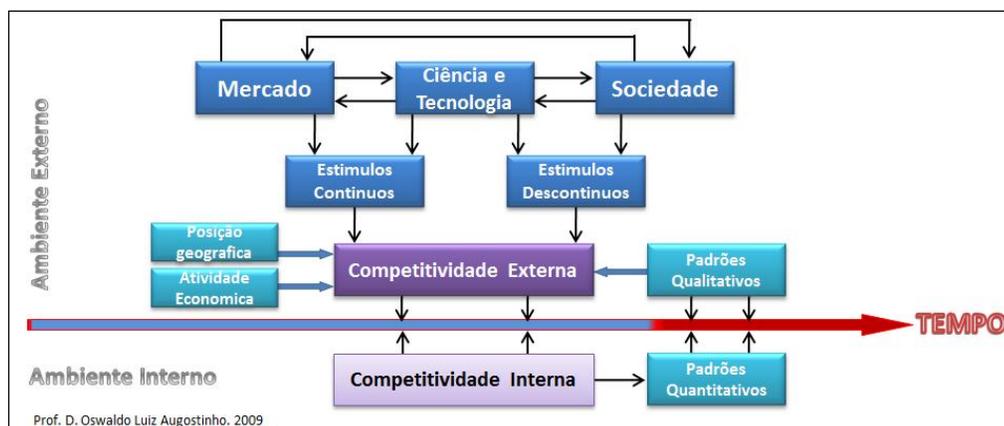


Figura 1. 2 – Modelo de Sistema de Negócio, Prof. D. Oswaldo Luiz Augustinho, 2009

Para prover a proteção adequada da criança ao longo do crescimento, a Resolução Brasileira nº 277, utiliza a norma Brasileira ABNT NBR 14400:2009 [13], por sua vez baseada na Resolução Européia ECE R44 de 2008 [14], define as características do projeto dos dispositivos que são usados para amenizar os déficits anatômicos característicos da fase de crescimento, cada tipo de dispositivo contém componentes de segurança específicos para a necessidade da criança em determinadas faixas de estatura e peso classificando estes dispositivos por em grupos de massa, como listados abaixo:

- Grupo 0, crianças até 10 kg, dispositivo tipo bebê conforto ou conversível com face da criança voltada para traseira do veículo.
- Grupo 0+, crianças até 13 kg, dispositivo tipo bebê conforto ou conversível com face da criança voltada para traseira do veículo.
- Grupo I, criança de 9 kg a 18 kg, dispositivo tipo dispositivo de retenção de criança com cinto de cinco pontas e face da criança voltada para frente do veículo.
- Grupo II, criança de 15 kg a 25 kg, dispositivo tipo Assento de elevação, cinto de segurança três pontos do veículo.
- Grupo III, criança de 22 kg a 36 kg, dispositivo tipo Assento de elevação, cinto de segurança três pontos do veículo.
- Acima de 36 kg e menor de 10 anos, não requer dispositivo especial de transporte, mas exige transporte no banco traseiro com uso do cinto de segurança do veículo.

A obrigatoriedade do uso do dispositivo de retenção de criança gerou uma rápida mudança no perfil do consumidor deste produto, gerando mudança no patamar de necessidade e conhecimento do consumidor e surgindo novos negócios.

Pressionados pela competitividade externa e com vista no aumento do consumo de dispositivo de retenção de criança, os fabricantes nacionais de dispositivo de retenção de criança empenham-se em desenvolver novos produtos baseados em padrões qualitativos como produtos mais bonitos, confortáveis, dispositivos mais fáceis de ser instaladas no veículo, que possam ser utilizados por maior tempo, etc.

Novos produtos são desenvolvidos e disponibilizados ao mercado com frequência, podem-se observar vários dispositivos de retenção de criança possíveis de serem ajustados de forma a cumprir as Resoluções Governamentais de mais de um grupo de massa e seus requisitos de instalação ao veículo, veja exemplos na tabela 1.1, portanto atendendo o desejo dos clientes de usar o dispositivo de retenção de criança por maior tempo evitando a compra de um novo dispositivo de retenção com o crescimento da criança.

Tabela 1. 1 – Exemplo de dispositivo de retenção de criança que pode ser utilizado por mais de um grupo de massa

|                                |                |   |
|--------------------------------|----------------|---|
| Graco - Junior Mini            | Grupo 0+, 1    |  |
| Opal - Maxi Cosi               | Grupo 0+, 1    |  |
| Britax - First Class Plus      | Grupo 0+, 1    |  |
| Burigotto - Neo Matrix         | Grupo 0+, 1, 2 |  |
| Cosco – Azul / CLB             | Grupo 1, 2     |  |
| Kiddy Guardian Pro Grupo 1/2/3 | Grupo 1, 2, 3  |  |
| Recaro Young Sport Microfibre  | Grupo 1, 2, 3  |  |
| My Child Kidbox                | Grupo 1, 2, 3  |  |

Com o uso de dispositivos de retenção de criança para mais de um grupo de massa, existem períodos durante o crescimento da criança que é permitido pela Regulamentação o uso do dispositivo ajustado e instalado ao veículo com duas possíveis condições, como mostra figura 1.3.

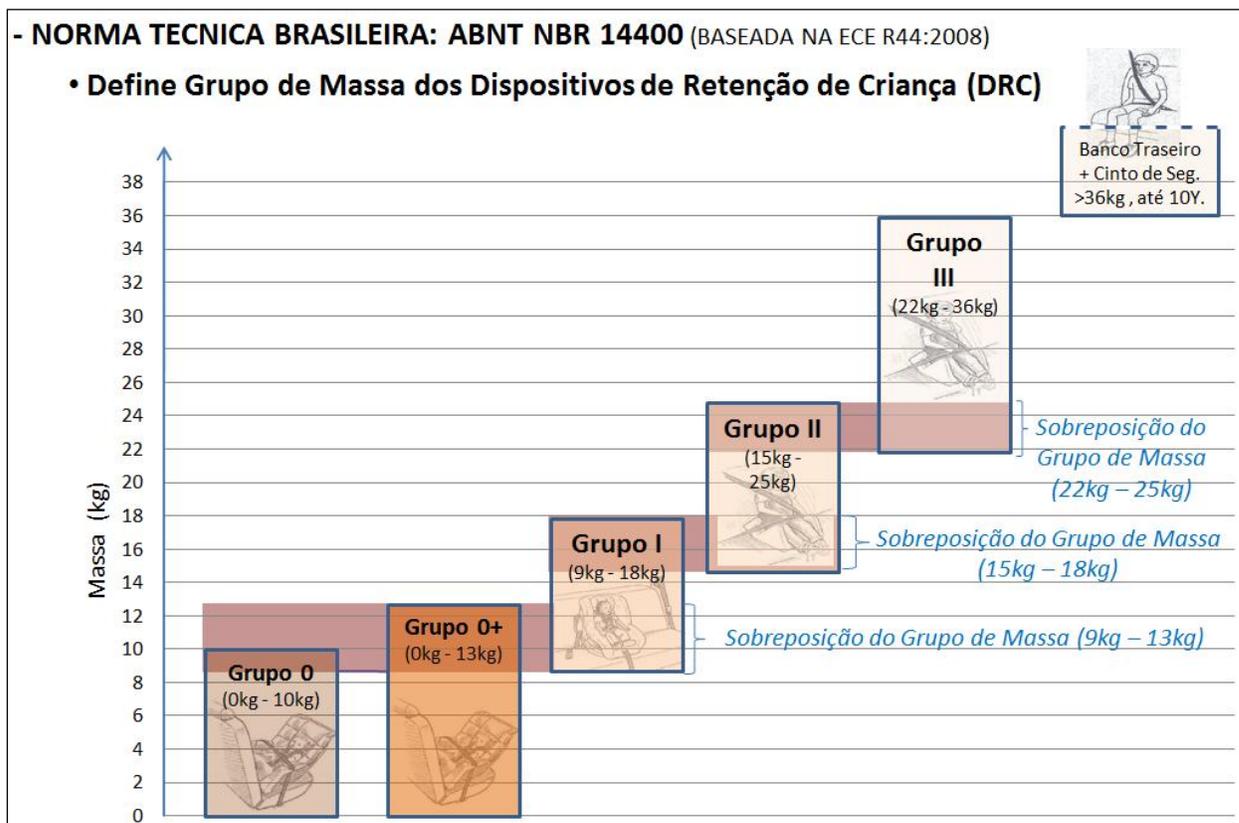


Figura 1. 3 – Sobreposição dos grupos de massa dos dispositivos de retenção de crianças conforme Resolução.

Parte importante deste trabalho foi identificar qual o tamanho dos períodos que é possível utilizar dispositivos de retenção de criança de dois grupos de massa, para isto foi sobreposto os grupos de massa à curva padrão de evolução “massa por idade” disponibilizada por “World Health Organization” [15] para meninos de 0 a 10 anos de estatura média (referente a 50% da população distribuição sob a curva de “Gaus”), figura 1.4, pode observar:

- Um menino de estatura média pode utilizar o dispositivo de retenção Grupo 0+ ou Grupo I enquanto estiver com massa entre 9 kg e 13 kg, este período corresponde a 18 meses.

- Um menino de estatura média pode utilizar o dispositivo de retenção Grupo I ou Grupo II enquanto estiver com massa entre 15 kg e 18 kg, este período corresponde entre 40 meses a 58 meses de vida, portanto durante 18 meses.
- Um menino de estatura média pode utilizar o dispositivo de retenção Grupo II ou Grupo III enquanto estiver com massa entre 15 kg e 18 kg, este período corresponde entre 94 meses a 79 meses de vida, portanto por período de 15 meses de sobreposição.

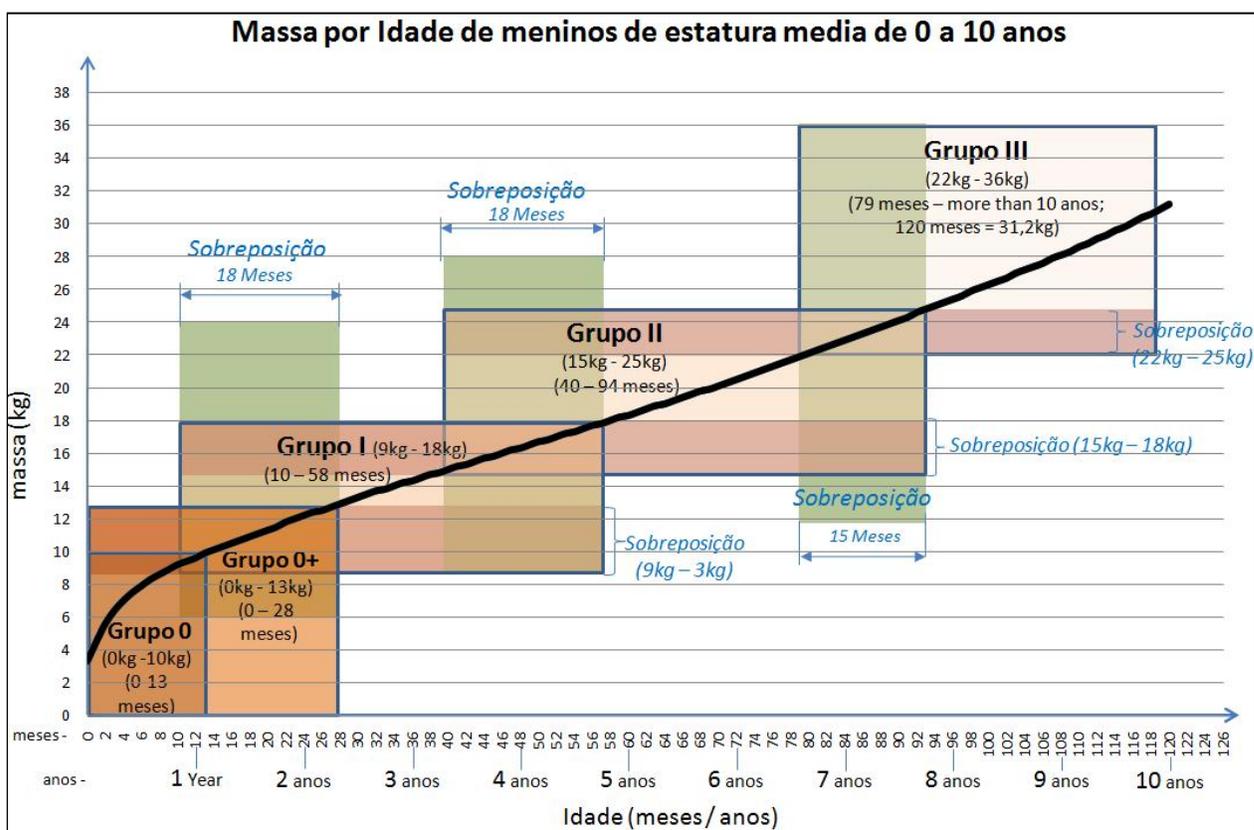


Figura 1. 4 – Curva de evolução da massa para meninos de estatura média de 0 a 10 anos considerando os grupos de massa dos dispositivos de retenção de crianças conforme Resolução.

A motivação desta dissertação é de tratar de um assunto relevante a Sociedade devido a seu alto risco de mortalidade além de obter informações relativas à segurança veicular que possa auxiliar na definição da forma de instalar o dispositivo de retenção de criança com menor risco de lesão à criança em condição de acidente de transporte durante o período em que a massa da criança permite o uso do dispositivo de duas maneiras diferentes de ajuste e instalação.

## **1.2. Objetivos**

No mercado é possível encontrar grande variação de dispositivos de retenção de crianças, grande parte destes dispositivos é desenvolvida para acomodar crianças de diferentes grupos de massa.

Este trabalho tem como objetivo comparar o comportamento do manequim que simula ocupante de três anos de idade modelo “Híbrido III 3YO” em teste dinâmico conforme Norma Brasileira ABNT NBR 14400, similar a ECE R44 com dispositivo de retenção de criança do mesmo modelo que permite sua instalação conforme Grupo I e conforme Grupo II ambos ancorados ao veículo pelo cinto de segurança veicular de três pontos. Para suportar as conclusões obtidas neste trabalho foram utilizados dados dos testes de certificação do dispositivo de retenção de criança para Grupo I e II. O dispositivo utilizado neste estudo que é o Burigotto Neo Matrix que pode ser utilizado para os Grupos 0+, I e II, este dispositivo é certificado conforme INMETRO portaria 38 e pode ser encontrando no mercado Brasileiro.

A ancoragem do dispositivo ao equipamento de teste será pelo cinto de segurança três pontas conforme indicação do fabricante em seu manual.

O teste dinâmico simula o impacto frontal contra barreira rígida e indeformável com velocidade entre 50 km/h a 52 km/h; foram executados com trenó que desacelera em função do tempo conforme curva padrão da ECE R44.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Causas de fatalidade e tratamentos médicos em crianças

Os resultados do estudo divulgado no boletim *SP Demográfico*, ano 10 nº 2, Março 2010, elaborado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Seade) (9), mostram que os acidentes de transporte são a principal causa de morte não natural da população residente no Estado de São Paulo nos anos de 2007 e 2008, sendo que em média, 20 pessoas morreram por dia em acidentes durante o transporte, veja figura 2.1. Os homicídios ocuparam esse posto durante mais de 20 anos. Após a promulgação do novo Código de Trânsito Brasileiro, em 1998, houve importante redução desse coeficiente. Porém, a partir de 2001, quando os acidentes tiravam a vida de 19 pessoas por dia no Estado de São Paulo, essa tendência interrompeu-se e os índices permaneceram praticamente constantes até 2006, em torno de 17,0 óbitos por 100 mil habitantes. Em 2007, a taxa de mortalidade voltou a se elevar e atingiu 18,3 óbitos por 100 mil. Em junho de 2008, foi implantada chamada Lei Seca, mas ainda não refletiu de forma expressiva nesta estatística. De acordo com a Seade, nos últimos 20 anos, os acidentes durante o transporte mataram no Estado de São Paulo 149.911 pessoas, o equivalente à população de um município do tamanho de São Caetano do Sul, no Grande ABC (IBGE, Contagem Populacional de 2007 - 149.263 habitantes).

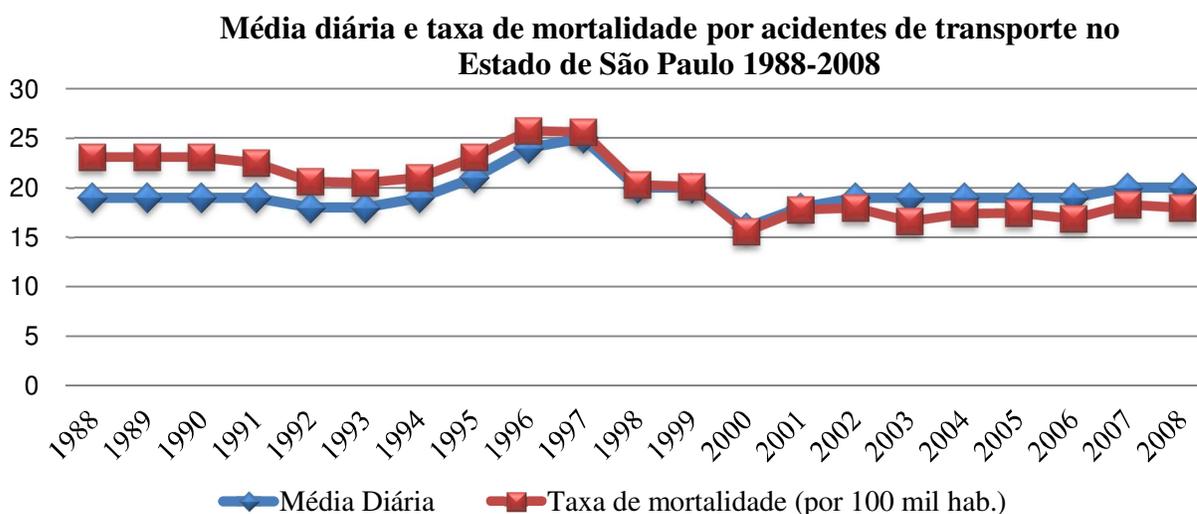


Figura 2. 1 – Fundação Seade 2010, Média diária e taxa de mortalidade por acidentes de transporte no Estado de São Paulo 1988-2008

Conforme estudo publicado em outubro de 2007 por DATASUS – Ministério da Saúde [10], os dados de mortalidade e hospitalizações por acidentes de crianças e adolescentes de até 14 anos no Brasil, apresenta que o maior causador de mortes em crianças entre esta idade é acidentes de trânsito com 40% do total, figura 1.2.

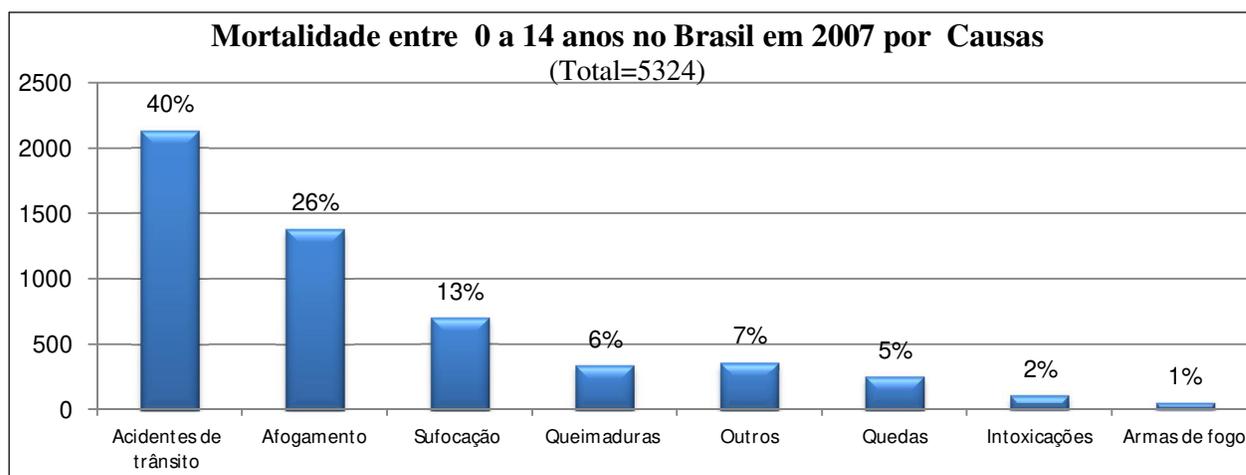


Figura 2. 2 – Ministério da Saúde 2007; Morte de 0 a 14 anos no Brasil em 2007 por Causas

Estimativas mostram que a cada morte, outras quatro crianças ficam com sequelas permanentes que irá gerar, provavelmente, consequências emocionais, sociais e financeiras à família e à sociedade, em crianças de 5 a 14 anos a morte por acidente de trânsito chega a 50%, veja tabela 2.1.

Tabela 2. 1 – Ministério da Saúde 2007; Mortalidade por faixa etária x ranking de causas

| Mortalidade no Brasil por faixa etária x ranking de causas |                                   |                                   |                          |                        |                       |       |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-------|
| Idade (anos)   | 1º Posto                          | 2º Posto                          | 3º Posto                 | 4º Posto               | 5º Posto              | Total |
| < 1  | Sufocação<br>514 (69%)            | Acidente de trânsito<br>102 (14%) | Queimaduras<br>38 (5%)   | Quedas<br>35 (5%)      | Afogamento<br>24 (3%) | 747   |
| 1 a 4  | Afogamento<br>469 (31%)           | Acidente de trânsito<br>468 (31%) | Queimaduras<br>157 (10%) | Sufocação<br>119 (8%)  | Quedas<br>92 (6%)     | 1510  |
| 5 a 9  | Acidente de trânsito<br>716 (50%) | Afogamento<br>390 (27%)           | Queimaduras<br>68 (5%)   | Quedas<br>60 (4%)      | Sufocação<br>36 (3%)  | 1414  |
| 10 a 14  | Acidente de trânsito<br>848 (52%) | Afogamento<br>499 (30%)           | Quedas<br>74 (4%)        | Queimaduras<br>67 (4%) | Sufocação<br>32 (2%)  | 1.653 |

Estudo similar em 2005 apresenta que acidentes de trânsito são responsáveis por 13% do total das hospitalizações de crianças entre 0 a 14 anos, o maior motivo de hospitalizações são as quedas com 54% do total, veja tabela 2.2. Hospitalizações por acidentes de transporte correspondem a 13%, porém devido a ser de condições traumáticas mais severas existe mais casos de fatalidades, como visto anteriormente.

Tabela 2. 2 – Ministério da Saúde 2005- Hospitalizações por causa, em números absolutos.

| <b>Hospitalizações por causa, em números absolutos, 2005</b> |                |
|--|----------------|
| Queda  | 75.504 (54%)   |
| Outros   | 22.353 (16%)   |
| Acidente de Trânsito   | 17.781 (13%)   |
| Queimadura   | 16.515 (12%)   |
| Intoxicação  | 5.299 (4%)     |
| Sufocação  | 585 (0,4%)     |
| Arma de fogo   | 567 (0,4%)     |
| <b>TOTAL</b>   | <b>138.604</b> |

Os acidentes de trânsito podem ser dividido por categorias, onde atropelamento é a maior causa de mortalidade e hospitalizações de crianças entre 0 a 14 anos no Brasil (tabelas 2.3 e 2.4) conforme levantado em 2007 por DATASUS – Ministério da Saúde, Brasil; a segunda maior causa de mortalidade por acidentes de trânsito e quando a criança esta na condição de passageira do veículo.

Tabela 2. 3 – Ministério da Saúde 2007; Mortalidade por acidentes de trânsito, por idade e tipo

| <b>Mortalidade por acidentes de trânsito, por idade e tipo, 2007</b> |                          |                                  |                    |                      |              |
|--|--------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|--------------|
| <b>Idade / Tipo</b>  | <b>1º- Atropelamento</b> | <b>2º- Passageiro de Veículo</b> | <b>3º - Outros</b> | <b>4º - Ciclista</b> | <b>Total</b> |
| < 1  | 20                       | 50                               | 29                 | 3                    | 102          |
| 1 a 4  | 233                      | 139                              | 93                 | 3                    | 468          |
| 5 a 9  | 364                      | 186                              | 115                | 51                   | 716          |
| 10 a 14  | 317                      | 294                              | 161                | 76                   | 848          |
| <b>TOTAL</b>   | 934 (44%)                | 669 (31%)                        | 398 (19%)          | 133 (6%)             | 2134         |

Através destes números de mortalidade e hospitalização de crianças, conclui-se que as crianças, com suas capacidades físicas e intelectuais em desenvolvimento, são vulneráveis e estão expostas a vários riscos, entre eles um dos maiores são os acidentes de trânsito, portanto o estudo deste assunto é relevante para a Sociedade.

Conforme “Traffic Safety Facts” de 1996 publicado pelo departamento “National Center for Statistics and Analysis” da NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) [16], em 1996 tiveram nos EUA o número de 9151 acidentes de trânsito, dentre os quais um total de 653 crianças com idade abaixo de cinco anos tiveram óbito, sendo que 52% destes óbitos eram de crianças sem cinto de segurança; este mesmo estudo apresentou que o uso de dispositivo de retenção de criança reduz o risco de mortes em 69% para bebês e em 47% para crianças em seus primeiros dias de vida; portanto maneira confirmada de redução de risco de mortalidade é o uso adequado do dispositivo de retenção para proteção da criança em colisões veiculares.

Estimativas recentes indicam que crianças usando somente o cinto de segurança do veículo, desenvolvido para adulto, tem 53% menos chances de sofrer lesões graves ou fatais em acidentes de trânsito e destas 60% menos chance de sofrer lesões graves ou fatais caso estejam usando o dispositivo de retenção de criança adequado e corretamente instalado ao veículo em relação à criança sem qualquer tipo de proteção.

## **2.2. Segurança Veicular**

Conforme descrito por vários autores [17] [18] [19], a Segurança Veicular divide-se em dois pilares a Segurança Veicular Ativa e a Segurança Veicular Passiva que se subdividem como mostra figura 2.3.

A Segurança Veicular Ativa atua na prevenção de acidentes de forma a modificar o processo dinâmico do trinômio Homem – Meio – Veículo.

O trabalho da Segurança Veicular Ativa com o Homem esta nas ações de conscientizações, treinamento, reciclagem do treinamento, condicionamento físico/postura, fiscalização, etc.

A Segurança Veicular Ativa trabalha com Meio em ações de regulamentação de leis de conduta (novo código de trânsito, lei seca, etc.), sinalização, sistemas de informação, vias adequadas, manutenção e atualização das vias, etc.

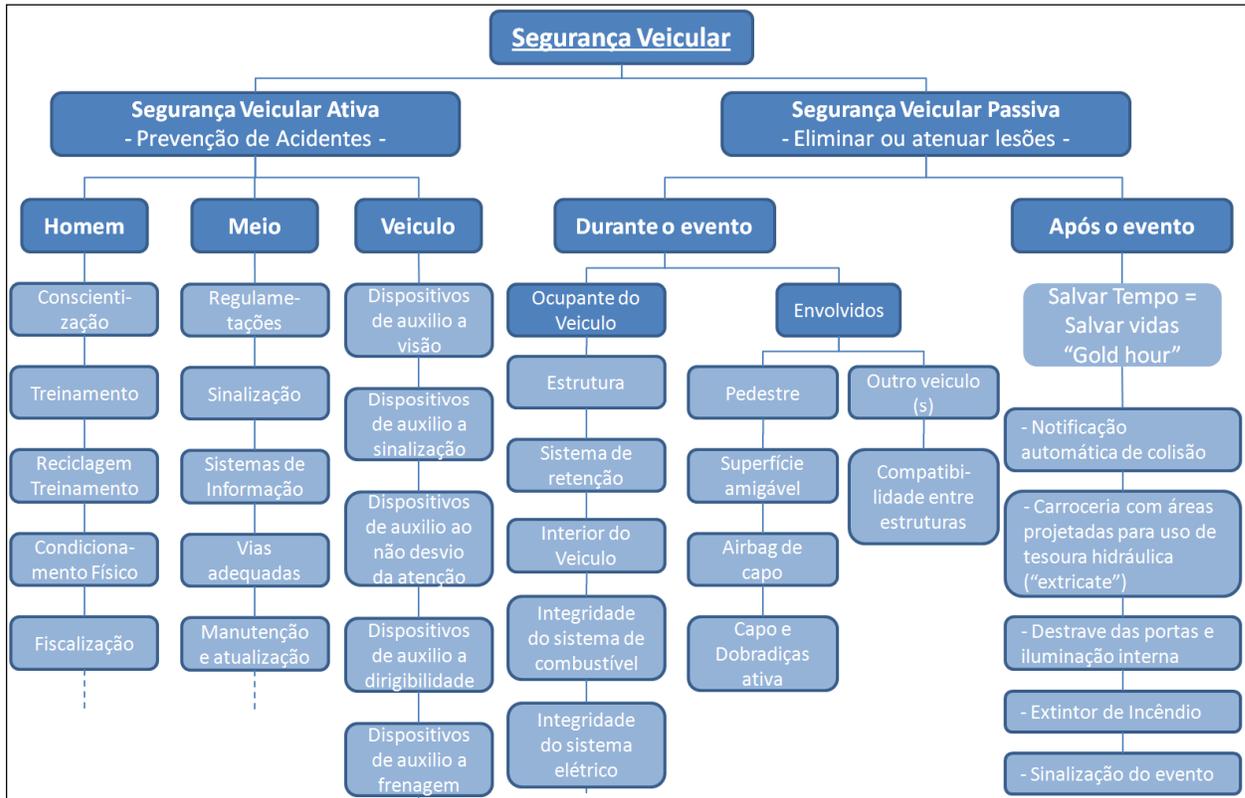


Figura 2. 3 – Segurança Veicular – esquemático

O Homem é o mais complexo do sistema e difíceis de mudar comportamento, o Meio é outro sistema com inúmeras variáveis e que pode trabalhar somente em parte de sua influência e o Veículo é a parte de Segurança Veicular Ativa onde a Ciência & Tecnologia tem maior atuação.

A Segurança Veicular Ativa trabalha com o Veículo no desenvolvimento de dispositivos que auxiliam a prevenir a ocorrência da colisão, como exemplos têm:

- Dispositivos de auxílio a visão: Limpador de pára-brisa, Espelhos retrovisores, Faróis, Visão noturna, sensores de proximidade, sensores de passagem em ponto cego, etc.
- Dispositivos de auxílio a sinalização: Buzina sinalizadores de mudança de faixa, pisca alerta, refletores, etc.

- Dispositivos de auxílio ao não desvio da atenção: Conforto do banco, climatização, superfícies refletivas, sensores de mudança de faixa, alerta de sono, etc.
- Dispositivos de auxílio a dirigibilidade: Calibração da suspensão, controle de tração, ESS (Electronic stability System), etc.
- Dispositivos de auxílio a frenagem: Calibração do sistema de freio, ABS, EBD, discos duplos, Discos cerâmicos, etc.

A Segurança Veicular Passiva tem sua ação quando a colisão é inevitável e trabalha para evitar ou atenuar lesões. Este bloco é novamente dividido entre durante o evento e após o evento.

Durante o evento a Segurança Veicular Passiva divide-se em duas partes, uma parte é para atenuar as lesões do ocupante do veículo no desenvolvimento de:

- Estrutura: Célula de segurança, “Effective Crush”, aceleração, materiais, dinâmica do motor, caminhos de carga, barras de proteção na porta, etc.
- Sistema de retenção: Cintos de Segurança (Pre-tensionador simples/duplo, Limitador de carga, digressivo), Airbags para colisão frontal (Cabeça, Cabeça e Peito, joelho), Airbags para colisão lateral (tórax, pelve, cabeça), Airbags para capotamento (cortina), Calibração do sistema de disparo dos airbags, Volante, coluna de direção, Banco (antissubmarino), Apoio de cabeça, apoio de cabeça ativo (anti efeito chicote), Painel inferior (auxílio na cinemática do ocupante), Dispositivo de retenção de criança, etc.
- Interior do Veículo: Superfícies amigáveis ao impacto (limites mínimos de energia absorvida, arestas cortantes), Retenção de componentes (ancoragem de componente que possam colidir com os ocupantes, retenção de carga), Ancoragem de sistemas (bancos, cintos de segurança, IsoFix, TopTether, Dispositivo de retenção de Criança), etc.
- Integridade do sistema de combustível: Tanques de combustível, “single layer”, “multi-layer”, Rotas das linhas e posicionamento dos reservatórios, Célula de proteção aos reservatórios de combustível, etc.
- Integridade do sistema elétrico: Ancoragem e proteção da bateria, Rota de chicotes, Sensibilidade de sensores de impacto, etc.

A segunda parte deste bloco da Segurança Veicular Passiva trabalha para atenuar as lesões dos demais envolvidos durante o evento, podendo ser o pedestre ou ocupante de outro

veículo. Para o pedestre as ações são no desenvolvimento de superfície amigável ou dispositivo suplementar como airbag de capo, capô e dobradiça ativa, etc. Na segurança em eventos de carro contra carro o trabalho e na compatibilidade entre as estruturas de forma a harmonizar altura máxima de chassis e pára-choques de pick-ups, pára-choques de caminhão, etc.

Após o evento a Segurança Veicular Passiva tem função fundamental no auxílio ao socorro da vítima trabalhando no desenvolvimento de forma a agilizar a notificação do acidente, carroceria com áreas projetadas para uso de tesoura hidráulica (“extricaté”), destrave das portas e iluminação interna, etc. Como também na sinalização do evento de forma a evitar ocorrências posteriores (triângulo de segurança) e em evitar a propagação do incêndio (extintor de incêndio)

### **2.3. Estímulos à segurança veicular e transporte seguro de crianças no Brasil**

O estímulo inicial a Segurança Veicular no Brasil vinda por meio do Governo foi em 1929 com a promulgação da convenção internacional de circulação de automóveis firmada em Paris a 24 de Abril de 1926 que entre outras estabelece e implanta as primeiras placas de sinalização de trânsito. O primeiro Código Nacional de Trânsito estabelecido em 1941 pelo Decreto 2.994/41 cria o Conselho Nacional de Trânsito chamado de CONTRAN, dando suporte ao desenvolvimento de Regulamentações específicas de trânsito. Em 21 de Setembro de 1966 o Código Nacional de Trânsito e atualizado através do decreto 5.108/66 e estabelece a Criação do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN – pela Lei 3.651/67.

O primeiro estímulo a Segurança no Transporte de Criança no Brasil gerado pelo Governo foi a Resolução CONTRAN 611/83 – TRANSPORTE DE MENOR EM VEÍCULOS AUTOMOTORES, estabelecida em 24 de Fevereiro de 1983. Esta resolução somente recomenda o transporte de criança menor de sete anos de idade no banco traseiro conforme Artigo 1º e estende esta recomendação até doze anos de idade quando o cinto de segurança instalado no banco dianteiro for do modelo diagonal. Outras ações de fiscalização e educação foram estabelecidas, veja abaixo os Artigos Resolução CONTRAN 611/83.

*Art. 1º - Recomendar ao condutor de automóvel e misto o transporte de menor de 7 (sete) anos de idade, somente nos bancos traseiros.*

*Parágrafo Único - Idêntica recomendação estende-se às crianças na faixa etária de sete (7) até*

*doze (12) anos de idade, quando o cinto de segurança instalado no banco dianteiro for do modelo diagonal.*

*Art. 2º - A autoridade de trânsito deverá recomendar permanente fiscalização prevenindo o condutor sobre o risco de vida que corre essa criança quando transportada nos bancos dianteiros.*

*Art. 3º - O órgão de trânsito com jurisdição sobre a via deverá colocar placas educativas, com mensagens alertando para este perigo.*

*Art. 4º - Os DETRAN's deverão realizar campanhas educativas, visando orientar o público quanto à forma correta de se transportar menor em automóvel.*

*Art. 5º - Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.*

A Resolução CONTRAN 720/88 – ESTABELECE CRITÉRIOS PARA O USO DO CINTO DE SEGURANÇA, em seu artigo primeiro torna obrigatório, nas rodovias, o uso do cinto de segurança para os ocupantes dos veículos automotores, as notas referentes ao transporte de criança são citadas nos parágrafos 3º e 4º descrito abaixo:

*Parágrafo 3º - As crianças na faixa etária de 7 a 12 anos, deverão viajar somente nos bancos traseiros, quando o cinto de segurança instalado no banco dianteiro for do modelo diagonal.*

*Parágrafo 4º - As crianças menores de 7 anos de idade, não estão sujeitas ao cumprimento de determinação constante deste Artigo, devendo o condutor ou responsável pelos menores providenciar que as mesmas sejam transportadas com segurança, de acordo com a Resolução nº 611/83 – CONTRAN.*

Em 23 de Setembro de 1997 o Código Nacional de Trânsito é atualizado através do Decreto-Lei 9.503/97 que revoga o Código Nacional de Trânsito anterior. Este é dividido em 20 capítulos e 324 artigos, apresenta diversas obrigações e direitos tanto das autoridades responsáveis pelo trânsito quanto ao pedestre e motorista. E estabelecido a obrigatoriedade do uso do cinto de segurança e o transporte de criança com idade inferior a dez anos de idade no banco traseiro conforme mostra Artigos 64 e 65 do Capítulo III e também a penalidade pelo não

cumprimento como estabelecido nos artigos 167 e 168 do Capítulo XV, conforme mostrado abaixo:

### *CAPÍTULO III - DAS NORMAS GERAIS DE CIRCULAÇÃO E CONDUTA*

*Art. 64. As crianças com idade inferior a dez anos devem ser transportadas nos bancos traseiros, salvo exceções regulamentadas pelo CONTRAN.*

*Art. 65. É obrigatório o uso do cinto de segurança para condutores e passageiros em todas as vias do território nacional, salvo em situações regulamentadas pelo CONTRAN.*

### *CAPÍTULO XV DAS INFRAÇÕES*

*Art. 167. Deixar o condutor ou passageiro de usar o cinto de segurança, conforme previsto no art. 65: Infração – grave; Penalidade – multa; Medida administrativa - retenção do veículo até colocação do cinto pelo infrator.*

*Art. 168. Transportar crianças em veículo automotor sem observância das normas de segurança especiais estabelecidas neste Código: Infração – gravíssima; Penalidade - multa; Medida administrativa - retenção do veículo até sanar irregularidade sanada*

Em 06 de Fevereiro de 1998 a Resolução CONTRAN 15/98 é publicada para suportar conformidade ao Código Nacional de Trânsito de 1997 e estabelece as condições mínimas de segurança para o transporte de passageiros, menores de dez anos através de cinco artigos conforme mostra abaixo:

*Art. 1º. Para transitar em veículos automotores, os menores de dez anos deverão ser transportados nos bancos traseiros e usar, individualmente, cinto de segurança ou sistema de retenção equivalente.*

*Parágrafo 1º e 2º - Condições que permitem o transporte de passageiro com idade inferior a dez anos no banco dianteiro.*

*Art. 2º. As excepcionalidades constantes nesta Resolução não se aplicam ao transporte remunerado de menores de dez anos em automóveis.*

*Art. 3º. Fica proibida a utilização de dispositivos no cinto de segurança que travem, afrouxem ou modifiquem, de qualquer forma, o seu funcionamento normal.*

*Art. 4º. O não cumprimento do disposto nesta Resolução implicará nas sanções previstas nos arts. 167 ou 168, do Código de Trânsito Brasileiro, de acordo com a infração cometida.*

*Art. 5º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as Resoluções 611/83 e 720/88.*

Em Novembro de 1999 é publicada a Norma Brasileira ABNT NBR 14400 – Dispositivo de Retenção para criança – Requisitos de Segurança. Em Maio de 2009 esta norma tem sua segunda edição com revisões técnicas, tomando a ECE R44:2008 como referência. A ABNT NBR 14400 tem as principais características:

- Classifica os Dispositivos de Retenção de Criança em cinco Grupos de Massa (0, 0+, I, II, III), em quatro categorias (Universal, Restrita, Semi-Universal, veículo-específico) e defini seus componentes.

- Define as características de projeto dos Dispositivos de Retenção (face do ocupante voltada para trás ou frente do veículo, Dispositivo elevatório, ancoragens, rotas de cadaço, etc.)

- Padroniza os tecidos de revestimento (anti-alérgicos, laváveis, resistentes ao fogo, etc.), a base do assento (sem pontas contundentes mesmo após deformação, resistente a impactos, bordas arredondadas e parafusos/rebites embutidos).

- Define requisitos de desempenho para testes de resistência, corrosão, capacidade de absorção de energia, capacidade de travamento dos cintos de segurança, fechos e dispositivos de ajuste, resistência à poeira, flamabilidade dos materiais, ensaios dinâmicos que medem a eficiência do equipamento em simulações de impactos, capotamento e demais situações de acidentes.

Em 29 de Janeiro de 2007 o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) estabelecem a Portaria INMETRO 38/2007. Em seu Artigo 1º aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade para Dispositivos de Retenção para Crianças através da avaliação e requisitos de desempenho definidos na ABNT NBR 14400 e estabelece uso do Selo de Identificação da Conformidade, conforme figura 2.4. No Artigo 2º institui no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade (SBAC) a certificação compulsória para os dispositivos de retenção para crianças. No Artigo 3º estabelece o prazo de dez meses, a partir da data de publicação desta Portaria, para adequar seus produtos aos requisitos, porém este

prazo foi postergado para Abril de 2009 porque os fornecedores não se adequaram a tempo devido à falta de laboratório no Brasil equipado para realizar os testes. No Artigo 4º estabelece que os dispositivos de retenção de criança, com fabricação ou importação anterior à publicação desta Portaria poderão ser comercializados no mercado nacional até 31 de outubro de 2007. No Artigo 5º determina que a fiscalização do uso do Selo de Identificação da Conformidade será feita pelos IPEM's (Instituto de Pesos e Medidas) estaduais, os quais são autarquias vinculadas à Secretaria de Justiça com delegação do INMETRO, os IPEM's são responsáveis por fiscalizar e retirar do comércio os produtos que não possuem o selo de conformidade do produto ou que por algum motivo não se enquadrem nos requisitos legais.



Figura 2. 4 – Selo de Identificação da Conformidade dos Dispositivos de retenção de criança conforme Portaria INMETRO 38/2007.

Em 28 de Maio de 2008 a Resolução CONTRAN 277/08 aperfeiçoa a regulamentação dos artigos 64 e 65 do Código de Trânsito Brasileiro estabelecendo as condições mínimas de transporte de passageiros com idade inferior a dez anos em veículos. Esta resolução é a responsável pela obrigatoriedade do uso do dispositivo de retenção de criança como também estabeleceu as datas de vigor de seus requisitos conforme descrito no Artigo 7º; porém não se aplicam aos veículos de transporte coletivo, de aluguel, taxis, veículos escolares e demais veículos com peso bruto superior a 3,5 toneladas A Resolução CONTRAN 277/08 e composta por 10 artigos, que são sumarizados abaixo.

- Art.1º. Transporte no banco traseiro para menores de dez anos usando individualmente cinto de segurança ou sistema de retenção equivalente.

- Art. 2º. Na hipótese de a quantidade de crianças com idade inferior a dez anos exceder a capacidade de lotação do banco traseiro, será admitido o transporte daquela de maior estatura no banco dianteiro, utilizando o cinto de segurança do veículo ou dispositivo de retenção adequado ao seu peso e altura. Parágrafo único. Excepcionalmente, nos veículos dotados exclusivamente de banco dianteiro, o transporte de crianças com até dez anos de idade poderá ser realizado neste banco, utilizando-se sempre o dispositivo de retenção adequado ao peso e altura da criança.

- Art. 3º. Regulamentações adicionais ao Art. 2º para veículos equipados com dispositivo suplementar de retenção (airbag).

- Art. 4º. Condições e/ou restrições específicas para o uso do dispositivo de retenção para crianças com até sete anos e meio de idade conforme requisitado pelo fabricante do veículo, sendo que tais prescrições deverão constar do manual do proprietário.

- Art. 5º. Informações nos manuais dos veículos automotores - cuidados no transporte de crianças, necessidade de dispositivos de retenção e importância de uso dos dispositivos

- Art. 6º. Punições - sanções do artigo 168, do Código de Trânsito Brasileiro.

- Art. 7º. Vigor desta Resolução.

Parágrafo I – a partir da data da publicação desta Resolução as autoridades de trânsito e seus agentes deverão adotar medidas de caráter educativo para esclarecimento dos usuários dos veículos quanto à necessidade do atendimento das prescrições relativas ao transporte de crianças;

Parágrafo II - a partir de 360 (trezentos e sessenta) dias após a publicação desta Resolução, os órgãos e entidades componentes do Sistema Nacional de Trânsito deverão iniciar campanhas educativas para esclarecimento dos condutores dos veículos no tocante aos requisitos obrigatórios relativos ao transporte de crianças;

Parágrafo III - Em 730 dias (28/Maio/2010), após a publicação desta Resolução, os órgãos e entidades componentes do Sistema Nacional de Trânsito fiscalizarão o uso obrigatório do sistema de retenção para o transporte de crianças ou equivalente. Este prazo foi postergada para 1º de Setembro de 2010 devido à escassez dos dispositivos de retenção de criança no comércio.

- Art. 8º. Retorno com informações da efetividade das medidas e sugestões (pelos órgãos executivos de trânsito dos Estados e do Distrito Federal).

- Art. 9º. O não cumprimento do disposto da Resolução sujeitará os infratores às penalidades prevista no art. 168 do CTB.

- Art.10º. Fica revogada a Resolução n.º 15, de 06 de janeiro de 1998, do CONTRAN

Em 06 de Setembro de 2010 a Deliberação 100 da Resolução CONTRAN 277/08 altera o Artigo 2º que segue com sua nova redação.

*Art. 2º - O transporte de criança com idade inferior a dez anos poderá ser realizado no banco dianteiro do veículo, com o uso do dispositivo de retenção adequado ao seu peso e altura, nas seguintes situações:*

*I - quando o veículo for dotado exclusivamente deste banco;*

*II - quando a quantidade de crianças com esta idade exceder a lotação do banco traseiro;*

*III - quando o veículo for dotado originalmente (fabricado) de cintos de segurança subabdominais (dois pontos) nos bancos traseiros.*

*Parágrafo único. Excepcionalmente, as crianças com idade superior a quatro anos e inferior a sete anos e meio poderão ser transportadas utilizando cinto de segurança de dois pontos sem o dispositivo denominado 'assento de elevação', nos bancos traseiros, quando o veículo for dotado originalmente destes cintos. '*

Como estímulo a segurança no transporte de criança no Brasil que não é derivada do Governo cita-se como exemplo a organização não governamental “CRIANÇA SEGURA”, sem fins lucrativos, que tem como missão promover a prevenção de acidentes com crianças e adolescentes de até 14 anos e que faz parte de uma rede internacional, conhecida como “SAFE KIDS Worldwide”, que integra 19 países espalhados pelos cinco continentes. Atua no Brasil desde Janeiro de 2001 e possui representação nas cidades de São Paulo e São José dos Campos. Principais linhas de atuação:

- Mobilização para prevenção: Desenvolvimento de programas educativos, capacitação de colaboradores, ações de mobilização, sistematização de informações relacionadas à prevenção e realização de alertas públicos.

- Comunicação: Disseminação de informações relacionadas ao tema, aprofundando o assunto junto à opinião pública por meio de campanhas de massa e assessoria de imprensa.

- Políticas Públicas: Monitoramento e articulação na formação de políticas públicas que tenham como foco a prevenção de acidentes visando à saúde e a garantia dos direitos da criança e do adolescente.

Outro estímulo a Segurança no Transporte de Criança no Brasil que não é derivada do Governo é a LATIN NCAP que avalia a proteção de criança em impacto frontal a 64 km/h colidindo 40% da frente do veículo contra uma barreira deformável (mesma utilizada na ECE R94). Neste teste é instalado manequim TNO P3 e TNO P1 ½ em dispositivo de retenção de criança recomendado pelo fabricante do veículo montado no banco traseiro atrás do banco do Motorista e Passageiro respectivamente. O protocolo de avaliação desenvolvido pela LATIN NCAP considera:

- Disponibilidade dos dispositivos
- Desempenho Dinâmico: ejeção total ou parcial do manequim, contato da cabeça do manequim ao veículo e ao dispositivo, excursão da cabeça do manequim, lesão de cabeça, peito e pescoço (somente P3)
- Avaliações do Dispositivo de retenção de criança: marcas e instruções de instalação marcadas no dispositivo de retenção de criança, interface entre dispositivo e veículo.
- Avaliação do veículo: Cuidados para o uso do dispositivo no banco dianteiro, provisão de cinto de segurança três pontos, atêndimento de gabarito de instalação.

A figura 2.5 apresenta de maneira cronológica os estímulos à segurança veicular e ao transporte seguro de crianças no Brasil.

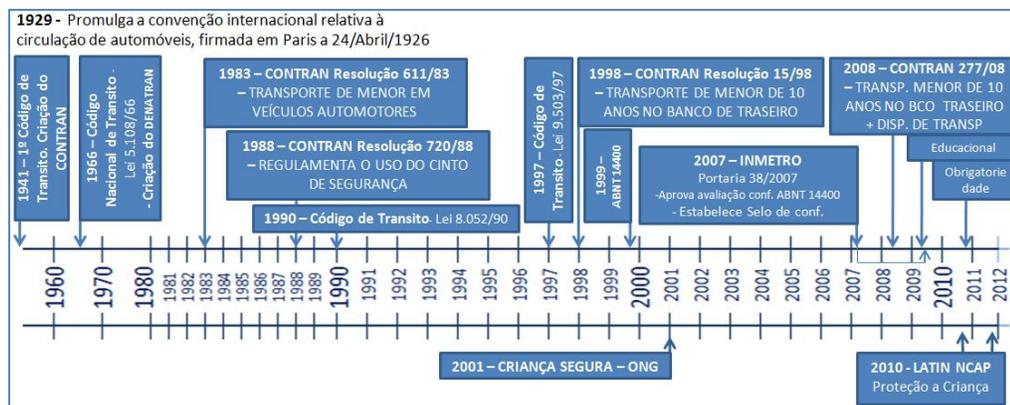


Figura 2. 5 – Estímulos à segurança veicular e ao transporte seguro de crianças no Brasil

## 2.4. Comparação morfológica entre corpo humano adulto e criança.

A maior diferença na morfologia do corpo entre adultos e crianças esta na proporção da massa da cabeça (figura 2.6). Ao nascer à cabeça corresponde em media a 30% da massa total da criança, esta proporção diminui para 6% da massa total do corpo de um adulto correspondente a 50% da população. A altura da cabeça de uma criança recém-nascida é em media 1/4 de sua altura total enquanto a cabeça de um adulto é 1/7 de sua altura total. A estrutura óssea das crianças é mais flexível por ter maior número de células de cartilagem que vão perdendo sua flexibilidade ao passar dos anos e em regiões do corpo tornam-se ossos rígidos, como exemplo o crânio da criança é mais macio que o crânio do adulto, pois está em formação, isto permite deformar-se facilmente tornando menos susceptível a fraturas, mas não é livre de outros mecanismos de lesão. O tamanho relativamente grande da cabeça da criança, suportada por uma frágil e pequena estrutura óssea e músculos em desenvolvimento que é o pescoço torna-se suscetível a lesões em condições de colisão veicular.

Por conseqüência da maior massa na cabeça, a criança possui seu centro de gravidade mais alto que o adulto modificando sua interação com o sistema de retenção, portanto a criança é mais provável de curvar-se sobre o cinto subabdominal e de rolar sobre o cinto diagonal, aumentando o risco de contato da cabeça com o interior do veículo.

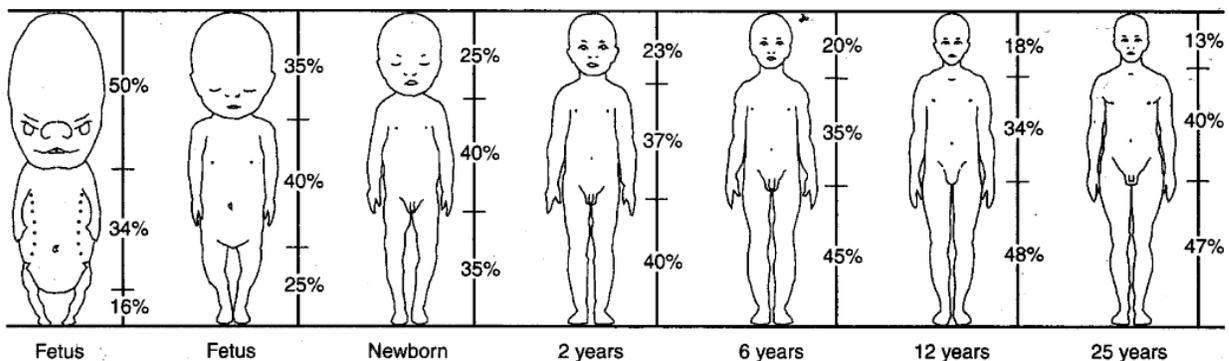


Figura 2. 6 – Comparações morfológicas do corpo humano de acordo com a idade (Diméglio, 2001)

As costelas das crianças são mais flexíveis que dos adultos, trazendo dois efeitos: a menor probabilidade de fratura das costelas; maior probabilidade de lesões em órgãos internos à caixa torácica [22]. A estrutura óssea da pelve da criança está em formação, sendo que a crista do

ilíaco encontra-se em formação dificultando sua retenção pelo cinto de segurança subabdominal aumentando o risco do efeito submarino.

## 2.5. Dinâmica do veículo e ocupante em condição de frenagem e em colisão

O risco para os ocupantes de um veículo em um acidente está diretamente associado como e o quão rápido eles perdem a sua velocidade presente no momento da colisão.

Esta afirmação é confirmada ao comparar a dinâmica do ocupante de um veículo em condição de frenagem com a dinâmica do evento da colisão veicular, como mostra figura 2.7 [18]. Em uma simples frenagem de um veículo, verifica-se que ele dissipa sua energia cinética ( $E_c = (m \cdot V^2) / 2$ ), entre outros modos, através do desgaste das pastilhas de freio e do pneu e então chega ao repouso. No caso de uma colisão veicular, a grande parte da energia será dissipada através da deformação da estrutura do veículo.

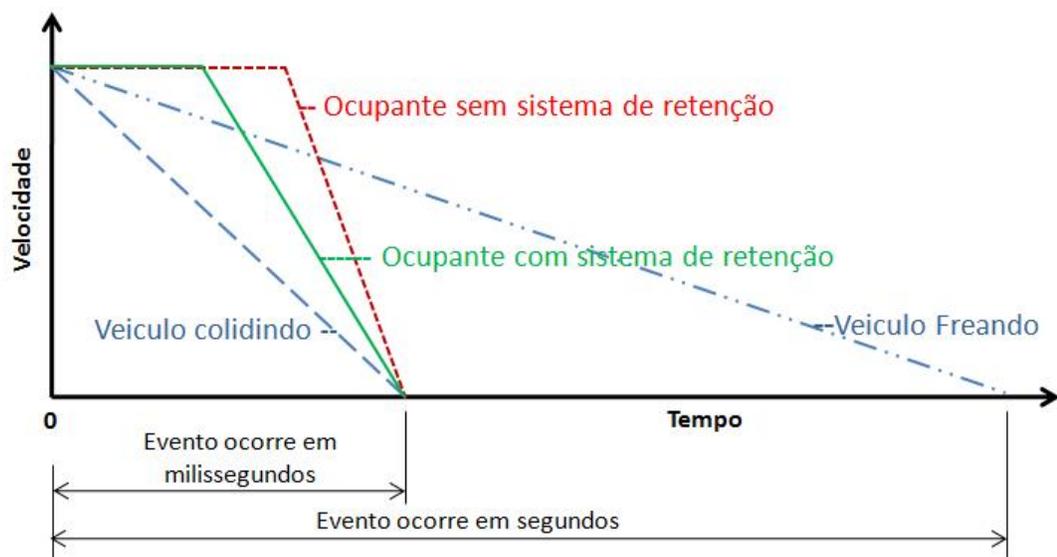


Figura 2. 7 – Dinâmica do veículo e ocupante em condição de frenagem e em colisão. (Per Lovsund -2005 [20]).

Tanto em uma frenagem como em uma colisão, quando o veículo chega ao repouso, o corpo dos ocupantes continua em movimento e também deve chegar ao repouso. Em uma frenagem o corpo dos ocupantes será submetido a uma série de forças de baixa intensidade e a sua desaceleração não apresentará grandes diferenças em relação à do veículo, pois o tempo é

longo; este evento pode ser medido em segundos. Em uma colisão, o veículo chegará ao repouso rapidamente; evento medido em milissegundos. O ocupante continuará na velocidade em que estava e encontrará os componentes internos do veículo. Isso ocasionará a atuação de uma grande força sobre os ocupantes que é a causadora das lesões em casos de acidentes. Daí a necessidade dos sistemas de retenção. Estes devem atuar de forma a prolongar o tempo de desaceleração dos ocupantes de forma a gerenciar as forças que agem sobre o corpo, desta forma a eficiência do sistema de retenção depende do tempo que inicia a atuar no evento.

## **2.6. Dispositivo de retenção para criança.**

Sabendo que as crianças são vulneráveis, pois estão expostas a altos riscos de lesões ou fatalidades em colisões veiculares. Os sistemas de retenção do veículo são projetados para proteção do adulto, estes sistemas não são eficientes para criança, pois existem grandes diferenças morfológicas entre a criança e o adulto, portanto existe a necessidade de dispositivo de retenção específico para a criança, que tenha o objetivo de ancorar os dispositivos de retenção de crianças a carroceria e prolongar o tempo de desaceleração da criança de forma a gerenciar as forças que agem sobre seus corpos no evento da colisão como também de limitar o deslocamento do corpo da criança.

A proteção no transporte de criança tem sido um dos importantes tópicos de discussão na conferência anual “Stapp Car Crash” e em toda a comunidade envolvida na Segurança Veicular. A figura 2.8 apresenta um dos primeiros protótipos de dispositivo de retenção com face voltada à traseira do veículo para criança de um ano ou mais desenvolvida pelo Professor Bertil Aldman da Universidade Chalmers, este trabalho foi base para as regulamentações de transporte de crianças de 1-4 anos na Suécia nos anos 60.

A grande maioria da população não tinha informação sobre a importância de um dispositivo que garantisse a proteção da criança em colisões veiculares até os anos 70, quando teve início nos EUA uma massiva campanha de educação e conscientização sobre os riscos das crianças não usarem um sistema de proteção adequada a sua formação corporal [20]. Contando com membros da comunidade médica, grupos de classe, fabricante de dispositivos de retenção de crianças,

companhias de seguro, entre outros, convenceram vários níveis governamentais e assim alguns estados americanos a introduziram leis exigindo o uso de dispositivo de retenção para transporte de crianças em veículos automotores. Em 1984, aproximadamente metade da população de crianças de 0 a 4 anos de idade já estava utilizando algum tipo de dispositivo de retenção de criança, cujo uso vem crescendo até os dias de hoje.



Figura 2. 8 – Primeiro protótipo de dispositivo de retenção de criança com face para trás do Professor Bertil Aldman (Kathy – 2007)

Existe uma grande variedade de dispositivos de retenção de criança comercializados mundialmente, a definição do tipo de dispositivo de retenção de criança a ser utilizada (classificação pela massa ou idade da criança), forma de ancoragem ao veículo e permissão de uso em diversos assentos (uso do dispositivo de retenção de criança no banco da frente) varia conforme a regulamentação legal entre os países. A tabela 2.5 lista várias regulamentações de desenvolvimento e certificação dos dispositivos de transporte de crianças na grande maioria baseadas na norma Americana FMVSS213 e na norma européia ECE R44, algumas delas são simplificações destas normas.

Tabela 2. 4 – Países e suas regulamentações para dispositivo de transporte de criança em vigência em Fevereiro/2010.

| Pais                        | Dispositivo de transporte de criança em veículo | Ancoragem do dispositivo de ancoragem ao veículo | Comentários   |
|-----------------------------|---|--|---|
| Comissão Económica Europeia | ECE R 44.04 (Corr. 2 to Rev. 2)                 | ECE R 14.07 / ECE R 16.06 (Corr. 1)              |   |
| União Europeia              | 77/541/EEC (2005/40/EC)                         |  |   |
| Japão                       | Article 63, § 1                                 | Article 22-5                                     | Equivalente FMVSS 213 / Solicita atendimento da ECE R44   |
| Brasil                      | Inmetro Edict 38/07; CONTRAN Resolution 277/08  |  | Regulamenta requisitos do ABNT NBR 14400/2008 / Regulamenta o uso do dispositivo de transporte e suas provisões |
| Austrália                   | 15.KFG (ECE R44)                                | ADR 34/01  | Solicita atendimento da ECE R44 / Localização da ancoragem superior (requisito único), Aceito FMVSS 225.        |
| Finlândia                   | Decree 65 (ECE R44.02)                          |  | Certificação conforme ECE R44.02 ou requisito Sueco   |
| França                      | Arr.27.12.91 (ECE R44)                          |  | Certificação conforme ECE R44 ou requisito Frances  |
| Países do Golfo             | GSO 1709 / 1710                                 |  | Baseado no ECE R44; método de testes são especificados no GSO 1710.   |
|                             | GSO 42  |  | Requisito Geral para obrigatoriedade do uso do dispositivo  |
| Índia                       | AIS-072 (Child Seats only)                      | IS 15139:2002                                    | Baseado no ECE R44  |
| Itália                      | 251196a   |  | Regulamenta certificação conforme 70/156/EEC.   |
| Noroega                     | ECE R44.03                                      |  | Solicita atendimento da ECE R44   |
| África do Sul               | R 862 of 20 June 2003                           |  | Aceita ECE R44.03.  |
| Suíça                       | SVG Art.3a-3 (ECE R44)                          |  | Solicita atendimento da ECE R44 ou equivalente  |
| Taiwan                      | Phase 1 & 2                                     |  | Solicita atendimento da ECE R44   |
| Korea                       | Article 27-2 & 103-2                            |  | Obrigatorio para novos veiculos 14/Jan/10 e todos veiculos 14/Out/12  |
| Canadá                      | CMVSS 213.4                                     | CMVSS 210.2                                      |   |
| EUA                         | FMVSS 213                                       | FMVSS 208  |   |
| Equador                     | RTE INEN 034/2008                               |  | Aceita ECE R44  |
| Noroega                     | Chap43  |  | Regulamenta certificação conforme 70/156/EEC.   |

A norma ECE R44 quando comparado com a regulamentação Americana FMVSS213 apresenta diferenças representativas. Estas diferenças não serão apresentadas neste estudo, pois tem seu foco nos ensaios dinâmicos conforme ABNT NBR 14400, que possui procedimento similar à regulamentação Européia ECE R 44.

A norma Brasileira ABNT NBR 14400:2009 classifica os dispositivos de retenção de crianças em três categorias, nos parágrafos 3.1.1, 3.1.2 e 3.1.3. No parágrafo 3.1.1 são classificados os dispositivos de retenção de criança em cinco grupos de massa, sendo:

- Grupo 0, crianças até 10 kg.
- Grupo 0+, crianças até 13 kg.
- Grupo I, criança de 9 kg a 18 kg.
- Grupo II, criança de 15 kg a 25 kg.
- Grupo III, criança de 22 kg a 36 kg.

- Acima de 36 kg e menor de 10 anos, não requer dispositivo especial de transporte, mas exige transporte no banco traseiro com uso do cinto de segurança do veículo.

No parágrafo 3.1.2 da norma Brasileira ABNT NBR 14400:2009 divide os dispositivos de retenção de criança pela forma de sua ancoragem ao veículo, sendo:

- Categoria “Universal”: ancoragem somente por meio das ancoragens dos cintos de segurança de adulto existentes no veículo, possível de ser utilizada na maioria das posições dos assentos (dos veículos).

- Categoria “Restrita”: ancoragem somente por meio das ancoragens dos cintos de segurança de adulto existentes no veículo, possível de ser utilizada em determinadas posições de assento de certos veículos, conforme indicado pelo fabricante do dispositivo de retenção para crianças ou pelo fabricante do veículo.

- Categoria “semi-universal”: ancoragem por meio das ancoragens inferiores dos cintos de segurança existentes no veículo em adição a ancoragens suplementares que devem estar de acordo com a aprovação do serviço técnico encarregado pelos ensaios e que devem ser fornecidas pelo fabricante do dispositivo de retenção de criança.

- Categoria “veículo específico”: ancoragem por meio das ancoragens previstas pela montadora dos veículo ou pelo fabricante do dispositivo de retenção para criança ou como dispositivo embutido de retenção para criança.

Com objetivo de otimizar a ancoragem do dispositivo de retenção de criança ao veículo, foi desenvolvido outros métodos que atualmente são regulamentados em outros países como a ancoragem inferior do dispositivo de retenção através de gancho chamado de ISOFIX, este sistema requer que o veículo possua duas alças de engatê em forma de gancho, com dimensões padrão ISO, estruturalmente unidas à carroceria do veículo e preparada para receber e orientar o encaixe de garras rígidas retráteis existentes nas extremidades dos braços retráteis da base do dispositivo de retenção de criança, conforme mostra figura 2.9, este padrão de ancoragem é regulamentada pela ECE R44.

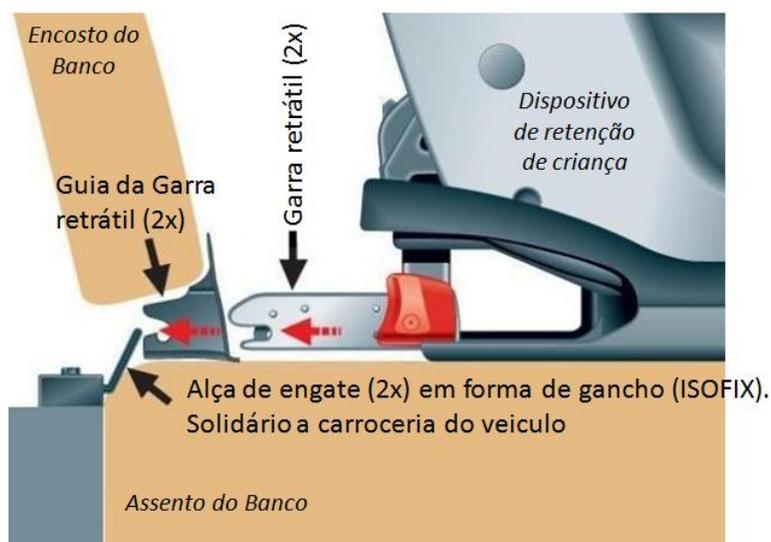


Figura 2. 9 – Ancoragem inferior tipo ISOFIX de dispositivo de retenção de criança.  
 (figura adaptada do site “Car-safety for kids” - <http://kidsincars.blogspot.com.br/2008/05/what-is-isofixlatch-system-and-which.html> - consulta em Outubro 2011)

Outro sistema de ancoragem do dispositivo de retenção utilizado principalmente nos Estados Unidos são alças e garras tipo gancho para ancoragem do sistema de retenção de criança com cadaço, como mostra figura 2.10; este sistema substitui as garras rígidas e retráteis estabelecidas na ECE R44.

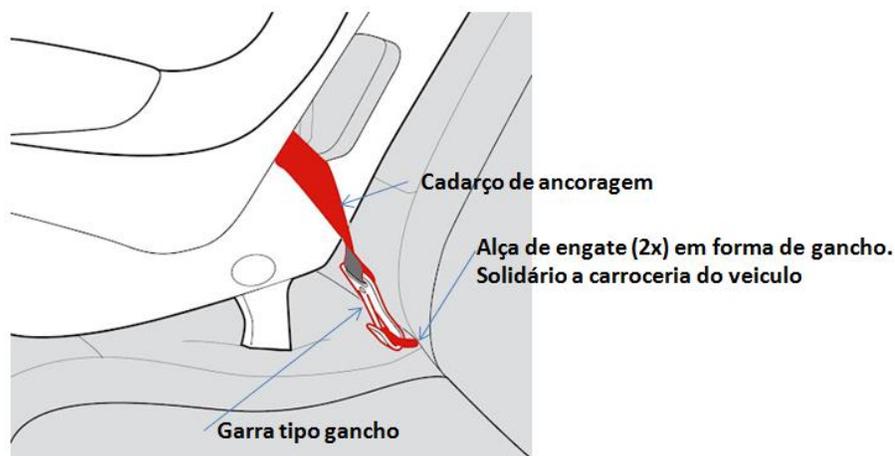


Figura 2. 10 – Dispositivo de retenção de criança com ancoragem inferior com cadaço.  
 (figura adaptada do site “the car seat lady” - <http://thecarseatlady.blogspot.com.br/2010/06/latch-101-basics.html> - consulta em Outubro 2011)

Para evitar a rotação do dispositivo de retenção durante a dinâmica do evento de colisão, foram desenvolvidos sistemas de ancoragem adicional na parte superior do dispositivo através de cadarço com garra tipo gancho que ancora a carroceria em uma haste rígida que pode estar posicionada em vários locais do veículo, porém sempre atrás do dispositivo de retenção de criança como mostra figura 2.11.

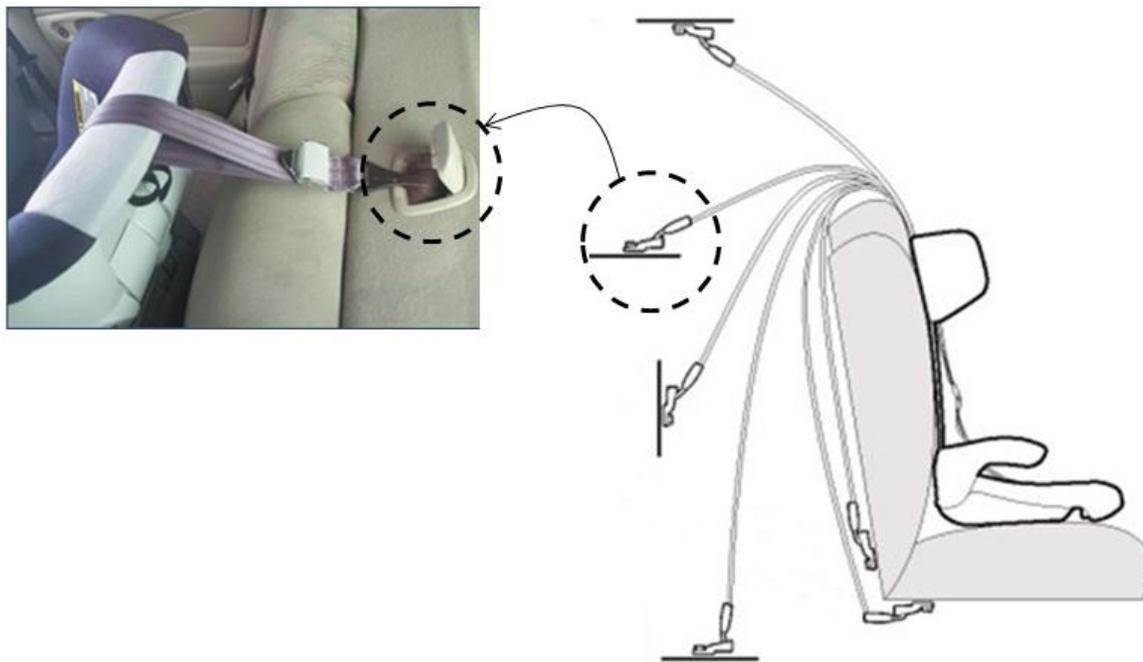


Figura 2. 11 – Dispositivo de retenção de criança com ancoragem superior com cadarço (figura adaptada do site “the car seat lady” - <http://thecarseatlady.blogspot.com.br/2010/06/latch-101-basics.html> - consulta em Outubro 2011)

Os veículos e dispositivos de retenção dos EUA e Canadá utilizam o sistema de ancoragem chamado "latch", tanto para a fixação superior como a inferior. A sigla "latch" vem do inglês "Lower Anchors and Tether for Children". Este sistema possui o mesmo conceito apresentado acima.

Também é possível encontrar no mercado dispositivo de retenção de criança que combina a ancoragem a carroceria com alças e hastes telescópicas minimizando o risco de rotação, como mostra a figura 2.12.



Figura 2. 12 – Exemplo de dispositivo de retenção de criança com alça e haste anti-rotação.  
(Romer Safefix Plus Isofix Car Seat Lisa)

No parágrafo 3.1.2 da norma Brasileira ABNT NBR 14400:2009 divide em duas classes que descrevem a maneira de reter a criança ao sistema de retenção:

- Classe integral: compreende uma combinação de tiras ou componentes flexíveis com um fecho, dispositivo de ajuste, parte de fixação e, em alguns casos, uma cadeirinha complementar e/ou proteção anti-choque capaz de ser ancorada através de sua(s) próprias(s) tira(s).
- Classe não integral: compreende um dispositivo de retenção parcial que, quando utilizado em combinação com um cinto de segurança de adulto, que passa em volta da criança ou segura o dispositivo em que a criança é colocada, forma um sistema de retenção para criança.

Conforme a ABNT NBR 14400, os dispositivos de retenção de criança classe integral são aplicados a dispositivos de retenção de criança do grupo de massa 0, 0+ e I com o uso do cinto de segurança de cinco pontas.

O desenvolvimento e uso do cinto de segurança de cinco pontas surgiram no segmento aeronáutico com propósito de ter sistema eficiente de retenção que permita distribuição das cargas nas regiões ósseas em condição de colisão. Esta tecnologia migrou para varias aplicações, entre elas o dispositivo de retenção de criança.

Os dispositivos de transporte de criança grupo 0, 0+ e I, utiliza no cinto de segurança de cinco pontas uma única fivela para unir os dois pontos superiores sobre os ombros (clavícula), um ponto de cada lado da pélvis e um ponto composto por um cadarço que sobe do centro do assento entre as pernas do ocupante passando sobre a região púbica, como mostra a figura 2.13.

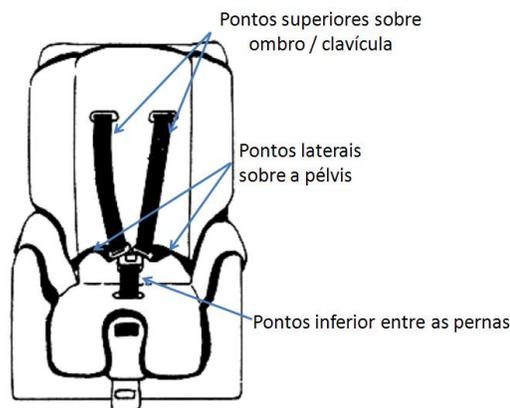


Figura 2. 13 – Dispositivo de retenção de criança com cinto de segurança de cinco pontas.

(figura adaptada do site “Car seat, harness type” -

[http://www.carseat.org/Technical/tech\\_update.htm](http://www.carseat.org/Technical/tech_update.htm) - consulta em Outubro 2011).

Este sistema com cinto de segurança de cinco pontas distribui as cargas nas regiões de estrutura ósseas de maior resistência (clavícula e pélvis) por uma maior área que os cintos de segurança diagonal.

O ponto de ancoragem inferior entre pernas juntamente com o assento em formato de concha, tem a função principal de manter os pontos laterais posicionados e seu ajuste firme sobre a estrutura óssea da região pélvica de forma a evitar que este escorregue para os tecidos macios do abdômen com o efeito submarino. O risco do efeito submarino é bastante elevado para as crianças de até cinco anos, pois as cristas dos ossos ilíacos não estão totalmente formadas [21]. Desta forma que o ponto de ancoragem inferior é meramente um dispositivo para garantir a eficiência do cinto dos quadris (pélvis).

Os dispositivos de retenção de criança classe não integral são comumente aplicados dispositivos de retenção de criança do grupo de massa II e III com o uso do cinto de segurança três pontas do veículo.

O cinto de segurança três pontos em veículos foi patenteado pelo Engenheiro Nils Bohlin nos Estados Unidos em 10 de Julho de 1962. O cinto de segurança três pontos é reconhecido como o sistema de maior eficiência na segurança veicular. O instituto norte-americano “National Highway Traffic Safety Administration” calcula que o cinto de segurança três pontos previne anualmente, somente nos Estados Unidos, cerca de 100 mil mortes [16].

Conforme estudo de Korner 2002 apresentado por Lovsund et 2005 [20] os cintos de segurança dos veículos foram feitos para adultos e não apresenta o mesmo nível de segurança para criança se utilizado sozinho.

O cinto de segurança três pontos do veículo é utilizado para reter a criança em colisão nos dispositivos de retenção Grupo II e III, estes dispositivos atuam como assento de elevação, com função de posicionar a criança de maneira que a rota do cinto de segurança esteja sobre as regiões estruturadas de seu esqueleto, ou seja, o cinto de segurança diagonal sobre a clavícula e o cinto abdominal sobre a região pélvica passando sobre o íliaco, como mostra a figura 2.14.



Figura 2. 14 – exemplo de dispositivo de retenção classe não integral (figura adaptada do site “Car seat, harness type” - [http://www.carseat.org/Technical/tech\\_update.htm](http://www.carseat.org/Technical/tech_update.htm) - consulta em Outubro 2011).

## 2.7. Manequins Antropomórficos Infantil de testes

Com o desenvolvimento da segurança veículos surgem os estudos da biomecânica do impacto gerando a necessidade dos manequins antropomórficos de testes em inglês “Anthropomorphic Test Dummy (ATD)” ou Crash Test Dummy ou simplesmente Dummy.

Os primeiros manequins de teste com padrões ergonômicos de crianças, chamados de série P, foram desenvolvido para aplicar carga realística aos dispositivos de transporte de crianças e tinham instrumentação limitada, como a primeira geração de manequins infantil Europeus, desenvolvido pela TNO que representava crianças de dez anos, seis anos, três anos, nove meses e recém-nascido, conforme figura 2.15.

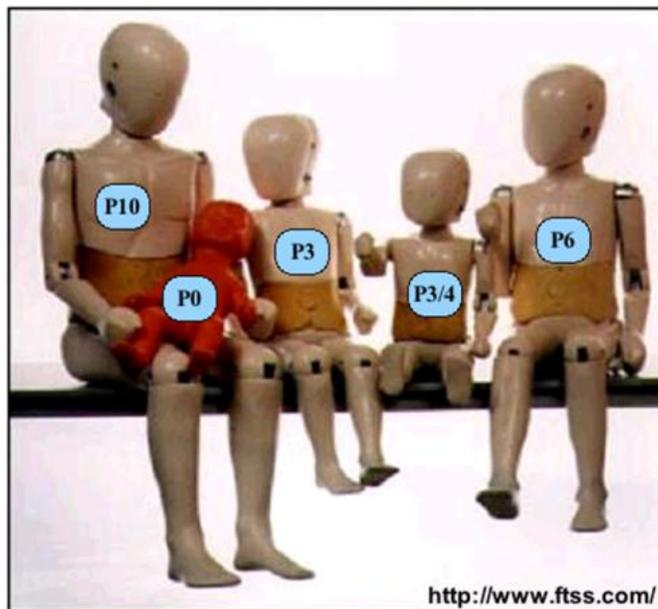


Figura 2. 15 – Manequins Antropomórficos infantil de teste série P, TNO  
(First Technology -2005)

Os manequins infantis evoluíram melhorando a biofidelidade e incorporaram mais instrumentação. Exemplo desta evolução são os manequins infantis Híbrido III, figura 2.16, padronizados nos EUA conforme NHTSA 49 CFR, Part 572, Subpart P e regulamentado para testes conforme a FMVSS-208 e FMVSS-213 e também na norma Européia ECE R 44 que possuem instrumentação similar a terceira geração dos manequins adultos híbridos para impacto frontal.



Figura 2. 16 – Manequins Antropomórficos infantis - Híbrido III (First Technology -2005)

Outro exemplo de evolução é o manequim infantil Europeu, o “Q3” manequim de três anos de idade, conforme figura 2.17. Este manequim infantil não é utilizado “ainda” em nenhum requisito legal, porém a EuroNCAP informou que a utilização dos manequins série “Q” terão início em 2013. Possui desenho avançado com propriedades de biofidelidade em impacto frontal e lateral, novos materiais e distribuição de massa mais representativa. Este comparado com o Híbrido III possui nova estrutura das costelas, mais correlacionado com o humano, novo desenho dos ombros e abdômen para análise de visco elasticidade e penetração abdominal.



Figura 2. 17 – Q3 Manequins Antropomórfico 3anos (Humanetics – 2009)

A norma brasileira ABNT NBR14400 e ECE R44 especifica para os testes dinâmicos de certificação dos dispositivos de retenção de criança de cada grupo as execução dos testes com duas configurações de manequim, são elas:

- Grupo de Massa 0: Manequim de 3.4 kg (simula bebe recém nascido) e Manequim de 9 kg (simula criança de 9 mês)
- Grupo de Massa 0+: Manequim de 3.4 kg (simula bebe recém-nascido) e Manequim de 11 kg (simula criança de 18 meses)
- Grupo de Massa I: Manequim de 9 kg (simula criança de nove meses) e Manequim de 15 kg (simula criança de três anos)
- Grupo de Massa II: Manequim de 15 kg (simula criança de três anos) e Manequim de 22 kg (simula criança de seis anos)
- Grupo de Massa III: Manequim de 22 kg (simula criança de seis anos) e Manequim de 32 kg (simula criança de 10 anos)

Nestas normas o modelo de manequim a ser utilizado nos testes dinâmicos não é especificado, porém regulamentam as condições de massa para cada parte do corpo e dimensões, a tabela 2.6 e figura 2.18 apresentam estas características para o manequim de três anos.

Tabela 2. 5 – Massa do manequim de três anos de idade. (adaptado da ECE R44)

| <b>Componente</b>            | <b>Massa (kg)</b>   |
|------------------------------|---------------------|
| Cabeça e Pescoço             | 2,7 ± 0,10          |
| Torso                        | 5,80 ± 0,15         |
| Parte superior do braço (2x) | 1,10 ± 0,05         |
| Parte inferior do braço (2x) | 0,70 ± 0,05         |
| Parte superior da perna (2x) | 3,00 ± 0,10         |
| Parte inferior da perna (2x) | 1,70 ± 0,10         |
| <b>TOTAL</b>                 | <b>15,00 ± 0,30</b> |

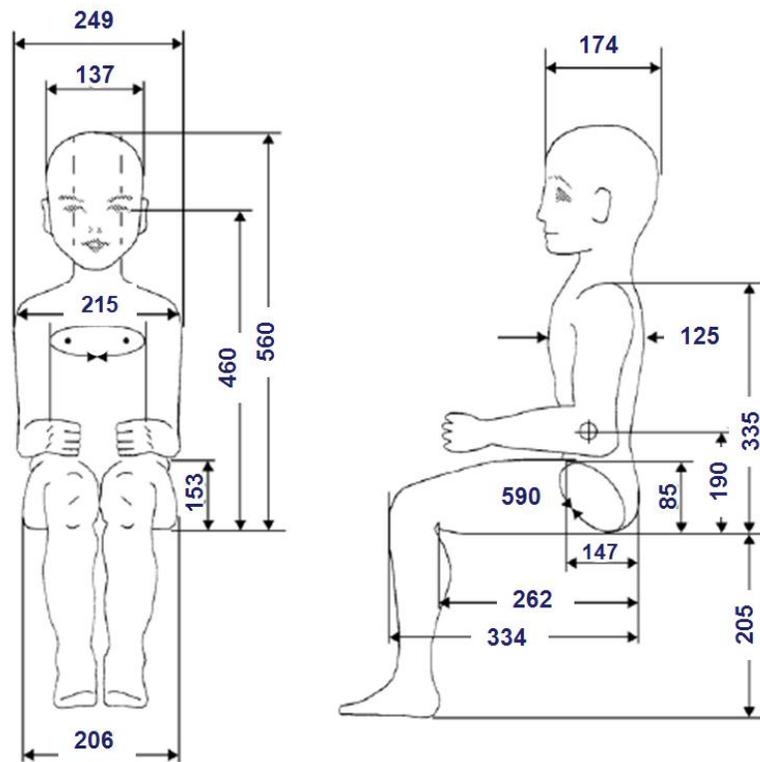


Figura 2. 18 – Dimensões principais do manequim de três anos de idade (adaptada da ECE R44)

## 2.8. Configurações de Requisitos de desempenho em ensaios dinâmicos conforme Norma Brasileira ABNT NBR 1440:2009.

A Norma Brasileira ABNT NBR 14400-2009 possui nove capítulos sendo capítulo 1º Escopo, 2º Referências normativas, 3º Termos e definições, 4º Requisitos gerais, 5º Requisitos específicos, 6º Amostragem, 7º Métodos de ensaio, 8º Relatório de ensaio e 9º Marcação e instrução. O capítulo 5º define os requisitos especiais aplicáveis ao dispositivo de retenção de criança no seu conjunto com os requisitos de resistência a corrosão (parágrafo 5.1.1), absorção de impacto (parágrafo 5.1.2), capotamento (parágrafo 5.1.3) e ensaio dinâmico (parágrafo 5.1.4); também neste capítulo são definidos os requisitos específicos aplicáveis aos componentes individuais do dispositivo de retenção de criança que são fecho (parágrafo 5.2.1), dispositivo de ajuste (parágrafo 5.2.2), retrator (parágrafo 5.2.3), tiras (parágrafo 5.2.4) e dispositivo de travamento (parágrafo 5.2.5).

Este estudo foca nos requisitos de testes dinâmicos para os dispositivos de retenção de criança de grupo de massa I e II em ensaios dinâmicos que serão descritos nos parágrafos que seguem.

No capítulo 5º desta norma regulamenta o requisito definido no parágrafo 5.1.4.1.4 “*Durante os ensaios dinâmicos, nenhuma parte do dispositivo de retenção de criança com a função de manter a criança em posição deve romper, e o fecho, o sistema de travas ou o sistema de deslocamento não devem se desengatar.*” A verificação do atêndimento este requisito é através da análise de filmes de alta velocidade, como também análise visual do sistema testado logo após o teste.

O parágrafo 5.1.4.2 “*Aceleração na altura do tórax*” define que a aceleração resultante na altura do tórax não deve superar 55g, exceto durante intervalos cuja somatória não supere 3ms (parágrafo 5.1.4.2.1), a verificação deste requisito e feito através da análise dos sinais de aceleração tri-axial do manequim Hibrido III 3YO montados na base interna do tórax. A análise de aceleração máxima suportada por três milissegundos e feita para os eixos X, Y e Z.

Também para analisar o desempenho do tórax, existe o requisito do valor do componente vertical da aceleração do abdome para a cabeça não deve superar 30g, exceto durante intervalos cujo somatório não supere 3ms (parágrafo 5.1.4.2.2), a análise do atêndimento deste requisito é feito através do sinal de aceleração vertical (z) do manequim Hibrido III 3YO montados na base interna do tórax.

O parágrafo 5.1.4.3, regulamenta o requisito de penetração abdominal que define que conforme especificado no Regulamento ECE R 44.04, subseção 7.1.4.3.1, não deve haver sinais visíveis de penetração sobre a massa moldável na região abdominal, causados por qualquer parte do dispositivo de retenção para crianças; este é o chamado efeito submarino. Análise do atêndimento deste requisito e feito logo após o teste, onde se observa a posição final dos cadarços do cinto de segurança que não deve ter movido em direção ao peito do manequim de maneira a perder seu apoio sobre o suporte do ílaco e escorregar entre massa abdominal e a base do ílaco, como mostrado na figura 2.19. Análise das curvas de carga do cadarço do cinto de segurança e de força  $f_x$  e  $f_z$  do ílaco auxilia na interpretação da penetração abdominal.

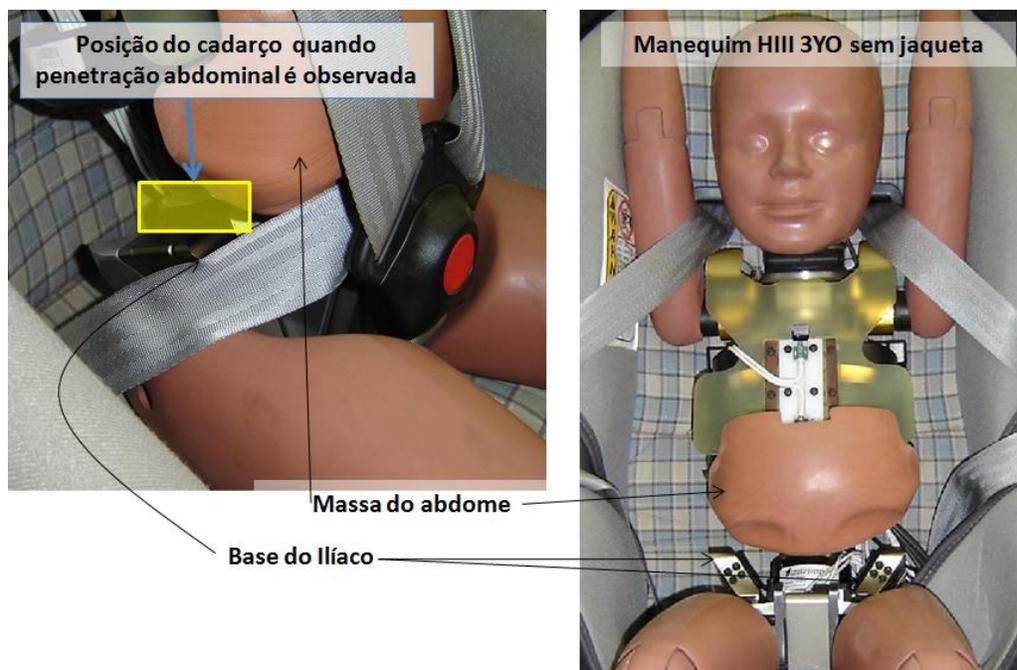


Figura 2. 19 - Acelerômetro altura do tórax

O parágrafo 5.1.4.4 regulamenta os requisitos de deslocamento do manequim; os requisitos específicos para dispositivo voltados para frente dos grupos I, II e III são descritos no parágrafo 5.1.4.4.1 definindo que a cabeça do manequim não deve ultrapassar os planos BA e DA, mostrados na figura 2.20. A verificação do atendimento deste requisito é feito através da análise do filme de alta velocidade.

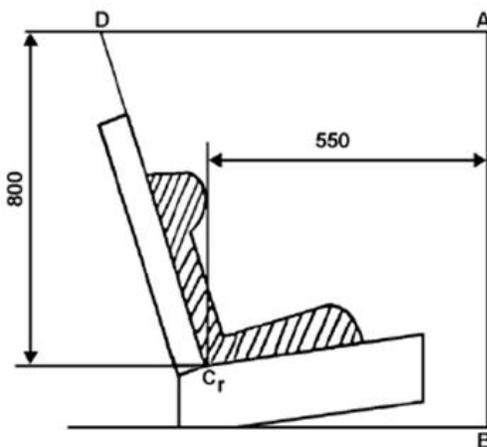


Figura 2. 20 - Deslocamento da cabeça do manequim para dispositivo grupo I, II e III (ABNT NBR 14400:2009, figura 1)

Os requisitos de desempenho em testes dinâmicos apresentados se aplicam aos testes executados em dispositivo de retenção de criança categoria “universal”, “restrita” e “semi-universal” executados em carrinho de ensaio com banco e cinto de segurança padrão, como também para dispositivo de retenção para criança da categoria “veículo especial” executado em carroceria, banco e cinto de segurança do veículo específico.

As metodologias para execução dos ensaios são descritos no parágrafo 7º da Norma Brasileira ABNT NBR 14400-2009. A apresentação dos ensaios dinâmicos é regulamentada no parágrafo 7.1.3. Neste estudo executam os ensaios com o dispositivo de retenção onde a face da criança é voltada para frente do veículo, conforme parágrafo 7.1.3.1.1. Este parágrafo descreve o carrinho de ensaio e o banco de ensaio padrão, medições a serem executadas durante o teste e a desaceleração do carrinho de ensaio que submete todo o sistema a este pulso.

O corredor da desaceleração do carrinho em função do tempo para impacto frontal de definida no anexo D da ABNT 14400.09, figura 2.21. O corredor simula o padrão de impacto frontal contra barreira rígida e indeformável com velocidade entre 50 km/h a 52 km/h.

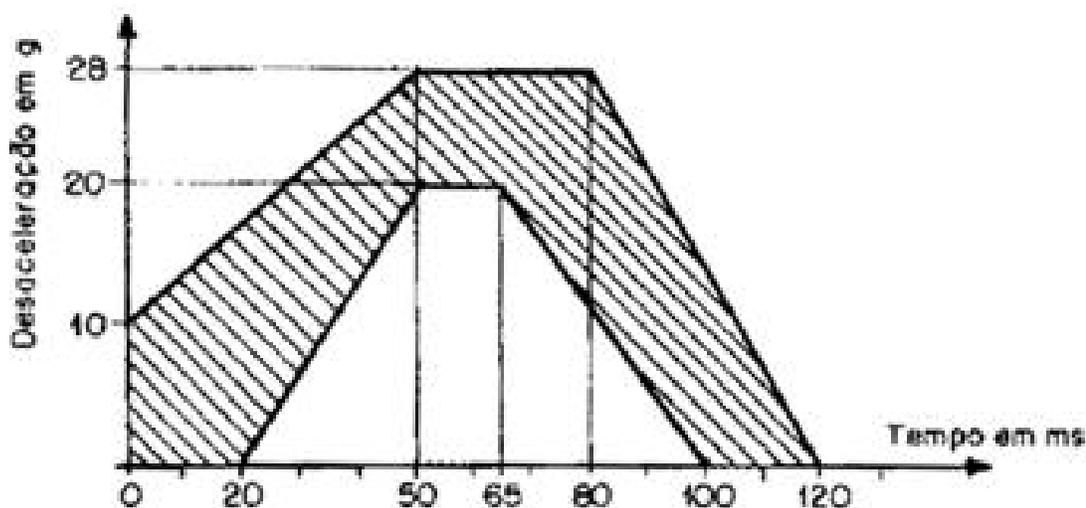


Figura 2. 21 – Corredor de desaceleração do carrinho em função do tempo para impacto frontal conforme ABNT NBR 14400, anexo D

O banco e cinto de segurança padrão definido para execução de testes dinâmicos em dispositivo de retenção de criança categoria “universal”, “restrita” e “semi-universal” são detalhadamente descritos quanto sua forma construtiva, dimensões (figura 2.22), densidade da

espuma do banco, material de revestimento do banco e cinto de segurança na Norma Brasileira NBR 14400, anexo C.

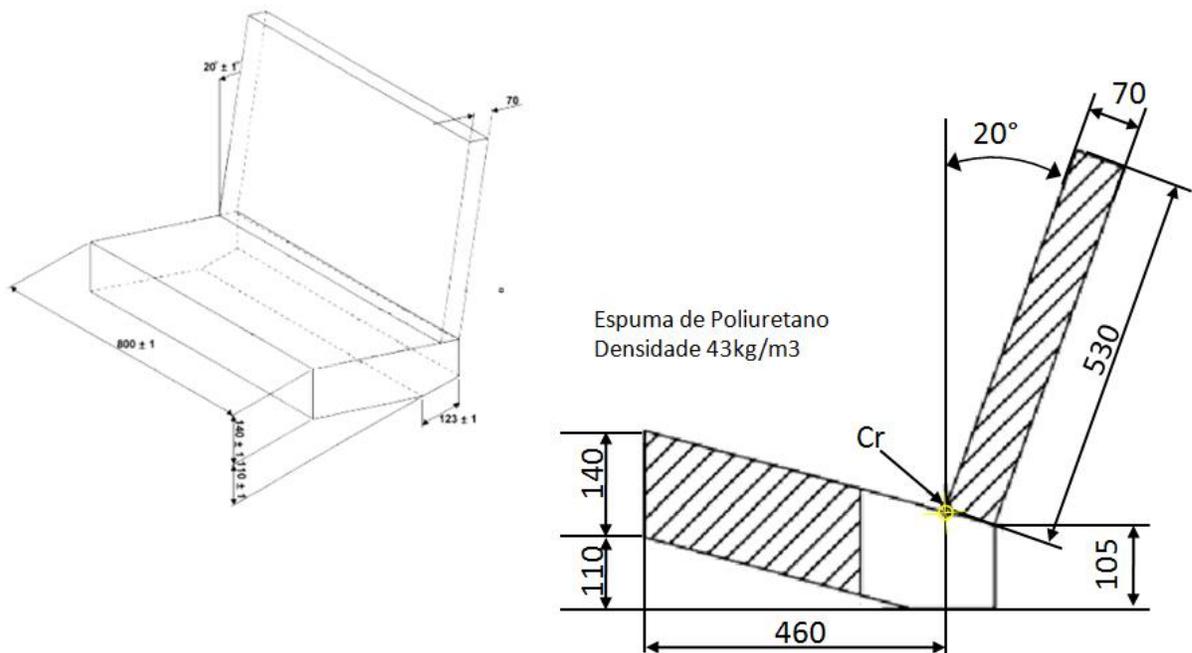


Figura 2. 22 – Dimensão do banco padrão utilizado para testes dinâmicos conforme ABNT NBR 14400, anexo C.

## 2.9. Classificação das Lesões

Existem várias formas de classificar as lesões, a mais utilizada atualmente nos centros de desenvolvimento automobilístico foi estabelecido em 1968 por um Comitê criado para tratar a classificação dos traumas em acidentes automobilísticos com suporte dos investigadores de acidentes automobilísticos, “American Medical Association”, “The Automotive Association” e SAE. Este comitê definiu a escala abreviada de lesão chamada em inglês de “abbreviated injury scale”, ou AIS [23]. O AIS é conhecido no Brasil como índice de gravidade anatômico. Em 1969, o AIS sofreu algumas pequenas atualizações, com a última revisão feita em 2005.

Conforme “Abbreviated Injury Scale (AIS) 2005 Manual” Publicado pela “Association for the Advancement of Automotive Medicine” em 2005 [24] esta escala é simples o suficiente para ser usadas por Médicos e não médicos que combinam e detalham informações de vários outros

métodos de classificação de severidade de lesões, como o Cornell Scale, General Motors Scale, e outros. Os valores do AIS representam o compromisso entre a energia absorvida para provocar a lesão e o risco de vida. A AIS é uma escala do tipo “risco a vida” (threat to life), i.e., quanto maior o seu valor maior é a ameaça à vida e varia de 0 a 6, onde 0 é a ausência de lesão, 1 são as lesões de menor sériedade, 2 lesões moderadas, 3 lesões sérias, 4 lesões severas, 5 lesões críticas e 6 são as lesões fatais.

A AIS não classifica as conseqüências da lesão. Para esse tipo de aferição existem as “Escala de deficiência, incapacidade e perda social”.

A AIS é uma escala anatômica uma vez que classifica a lesão em termos da sua localização anatômica, o tipo de lesão propriamente dito e a sua severidade. Toda a informação referente à avaliação da lesão com a AIS está contida num manual organizado em nove secções referentes a diferentes regiões do corpo humano (cabeça, face, pescoço, tórax, abdômen e região pélvica, espinha dorsal, membros superiores, membros inferiores e exterior). Em cada secção é fornecida uma descrição das lesões que podem ocorrer numa dada região do corpo humano e o nível de AIS associado a cada lesão. O anexo A mostra os índices AIS segundo regiões anatômicas (Fraga et al., 2010).

A AIS não dá informação sobre o efeito de múltiplas lesões. Para se referir a esse respeito utilizam-se outras escalas de lesão tais como a MAIS (Maximum Abbreviated Injury Scale) e a ISS (Injury Severity Score) [25].

A MAIS é uma escala que guarda a classificação AIS mais elevada de todas as lesões que o corpo humano sofreu no acidente.

A ISS [25] é um critério para avaliação de múltiplas lesões que distingue seis regiões do corpo (cabeça e pescoço, face, tórax, abdômen e região pélvica, extremidades e lesões externas – incluem cortes, abrasões, contusões e queimaduras). Para cada região é calculado qual o valor de AIS mais elevado. A ISS é a soma do quadrado dos três valores mais elevados. O valor máximo para o ISS é de 75 ( $5^2+5^2+5^2$ ). Uma AIS de seis corresponde automaticamente a uma ISS de 75.

### **3. MATÉRIAS E METODOLOGIA**

Os dados analisados neste estudo se dividem em dois blocos. O primeiro bloco é composto por testes executados com manequim “Híbrido III 3YO” em carroceria de um veículo de produção, conforme descrito na parte 3.1. O segundo bloco é composto por testes de certificação do dispositivo de retenção de criança utilizado no primeiro bloco; estes testes foram executados com manequins TNO série P3 correspondente à criança de três anos de idade em carrinho padrão conforme ABNT NBR 14400, anexo C, conforme descrito no tópico 3.2. Os dados dos testes do segundo bloco foram disponibilizados pelo fabricante do dispositivo de retenção e foram utilizados para suportar as análises e conclusões obtidas nos testes do primeiro bloco.

#### **3.1. Primeiro bloco de testes**

Foram executados quatro testes com dispositivo de retenção que permitem a montagem para Grupo de massa I e II; dois testes foram executados com o dispositivo de retenção instalado conforme Grupo I, chamados de teste 1 e 2 e dois testes foram executados com o dispositivo de retenção instalado conforme Grupo II, chamados de teste 2 e 3.

Para obter dados de comparação sobre a resposta dinâmica do manequim “Híbrido III 3YO” os testes foram executados com mesmo arranjo descrito a seguir, exceto pela maneira que o dispositivo de retenção foi instalado.

A condição dinâmica do teste simula uma colisão frontal conforme requisitos definidos na Norma Brasileira ABNT NBR 1440:2009 que é uma adaptação da norma europeia ECE R44.04:2008.

Os testes foram executados no Laboratório de Segurança Veicular da “General Motors do Brasil” com o equipamento de simulação de impacto “Seattle Safety Servo-Accelerator Sled System”. O sistema foi testado dentro dos limites máximos e mínimos de aceleração em função do tempo estabelecido pela ABNT 14400.09 anexo D. Os pulsos de desaceleração aplicado nos testes são apresentados na curva de aceleração em função do tempo e velocidade para cada teste executado mostrado no apêndice A, estes pulsos estão dentro do corredor estabelecido tendendo a estar mais próximo do limite superior.

Uma carroceria de veículo nacional foi usada na execução dos testes dinâmicos, os pontos de ancoragem dos cintos de segurança traseiro e do banco traseiro foram reforçados de forma a evitar deformação e permitindo seu re-uso nos testes. O banco traseiro e os cintos de segurança três pontos utilizado nos testes são peças de produção normal montadas para a carroceria utilizada. Testes executados sem o carrinho e banco padrão são classificados como ensaios dinâmicos para dispositivo de retenção de criança de “veículo especial”, conforme Norma Brasileira ABNT NBR 1440:2009 parágrafo 3.1.2.d.

O modelo do dispositivo de retenção de criança utilizado nos quatro testes é o Burigotto Neo Matrix CRS Grupo 0+, I, II, figura 3.1; este dispositivo é classificado na categoria “universal” por utilizar o cinto de segurança cinco pontos do veículo em sua ancoragem, possui ancoragem “classe integral” quando instalado para Grupo de massa 0+ e I por utilizar o cinto de segurança cinco pontos integrado ao dispositivo para reter a criança e possui ancoragem “classe não integral” quando instalado para Grupo de massa II por utilizar o cinto de segurança cinco pontos do veículo para reter a criança.



Figura 3. 1 – Ilustração do dispositivo de transporte de criança Burigotto Neo Matrix 0+,I, II extraído do manual de instrução do dispositivo.

O modelo do dispositivo de retenção usado possui três posições de ajuste do ângulo da concha assento e encosto, figura 3.2, todos os testes foram executados com a concha encosto e assento na posição central.



Figura 3. 2 – Ajuste do ângulo do encosto do dispositivo de transporte de criança testado extraído do manual de instrução do dispositivo.

Em todos os testes o dispositivo de retenção de criança foi instalado no banco traseiro lado direito da carroceria do dispositivo de teste por cinto de segurança três pontos do veículo. A instalação foi feita conforme manual de instrução do dispositivo de retenção de criança e seguiu o processo de pré tensionar o cadarço do cinto de segurança três pontas do veículo conforme descrito no anexo P da ABNT 14400.9, mesma descrição é encontrada no anexo número 21 da ECE R 44. Portanto para os testes executados com o dispositivo de retenção de criança instalado conforme Grupo I, o cadarço do cinto de segurança do veículo na região subabdominal (entre a ancoragem inferior do cinto de segurança e dispositivo de retenção) e cadarço diagonal (entre o direcionador do cinto de segurança e a trava do cadarço do cinto três pontas do dispositivo de retenção) foram pré-tensionadas com carga de 50N, estes valores foram coletadas por célula de carga. Para os testes executados com os dispositivos de retenção de criança instalados conforme Grupo de massa II, o cinto de segurança três pontos do veículo foi instalado sem folgas conforme o manual de instrução do dispositivo de transporte de criança. Antes da execução de cada teste o cadarço do cinto de segurança foi totalmente extraído do carretel do retrator do cinto e liberado para ser rebobinado com a tensão do retrator, esta operação é executada entre o retrator e o direcionador do cinto de segurança da coluna C, a tensão lida na célula de carga esta entre 3N e 5N. O cinto de segurança não é travado antes do teste dinâmico, o sistema do cinto de segurança se trava durante o teste dinâmico pelo seu próprio mecanismo de trava do retrator.

Foram utilizados quatro jogos de cintos de segurança e dispositivo de retenção de criança, ou seja, todos os testes foram executados com peças sem uso anterior.

O manequim Híbrido III 3YO utilizado nos testes estavam com cabeça, pescoço, ombro, tórax, Espinha lombar e Pélvis instrumentados conforme SAE J211-1, conforme mostra tabela 3.1.

Tabela 3. 1 – Manequim Híbrido III de três anos de idade.

| Local          | Canais  |
|----------------|---|
| Cabeça         | Aceleração Ax, Ay e Az para calculo do HIC<br>Aceleração Az para calculo da aceleração angular  |
| Pescoço        | Célula de Carga Superior (C1) Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz<br>Célula de Carga Inferior (C7/T1) Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz   |
| Ombro          | Célula de Carga (1 para cada lado) Fx,Fz  |
| Tórax          | Deslocamento Dx<br>Aceleração da estrutura no T1 - Ax, Ay, Az<br>Aceleração da estrutura no T4 - Ax, Ay, Az<br>Aceleração da estrutura no T12 - Ax, Ay, Az<br>Aceleração alinhado a costelas 3 – Ax para calculo de critério de viscosidade |
| Esterno        | Aceleração na costela 1 e 3 - Ax para calculo de critério de viscosidade  |
| Espinha Lombar | Célula de carga - Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz   |
| Pélvis         | Aceleração – Ax,Ay,Az<br>Célula de Carga Púbica – Fx, Fz<br>Célula de Carga do acetábulo – Fy (para cada lado)<br>Célula de Carga do Ilíaco - Fx superior e Fx inferior (para cada lado)  |

A figura 3.3 identifica a localização do Acelerômetro da estrutura do Tórax no T4 - Ax, Ay, Az - para análise da “Aceleração na altura do tórax” conforme parágrafo 5.1.4.2 da ABNT NBR 14400-2009. Esta instrumentação é utilizada para coleta da aceleração resultante na altura do tórax (eixos X, Y e Z), parágrafo 5.1.4.2.1 da ABNT NBR 14400:2009 e componente vertical da aceleração (eixo z) do abdome para a cabeça, parágrafo 5.1.4.2.2 da mesma ABNT.

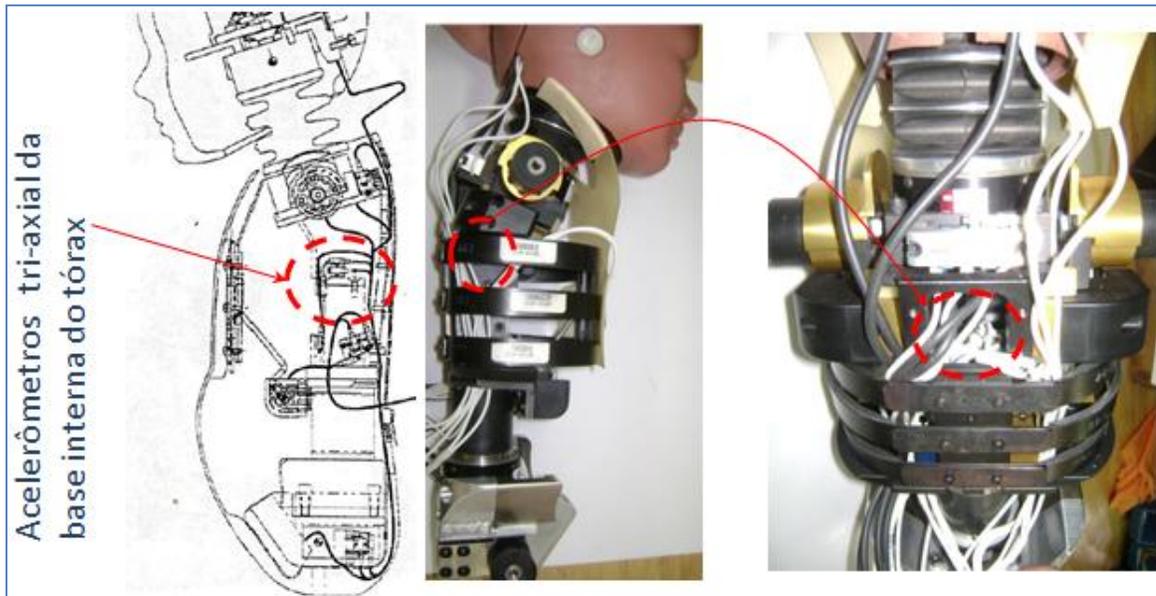


Figura 3. 3 - Acelerômetro altura do tórax

A figura 3.4 identifica a localização das Células de Carga do Ilíaco - Fx superior e Fx inferior (para cada lado), esta instrumentação auxílio a análise de penetração abdominal (efeito submarino), conforme parágrafo 5.1.4.2 da ABNT NBR 14400-2009.

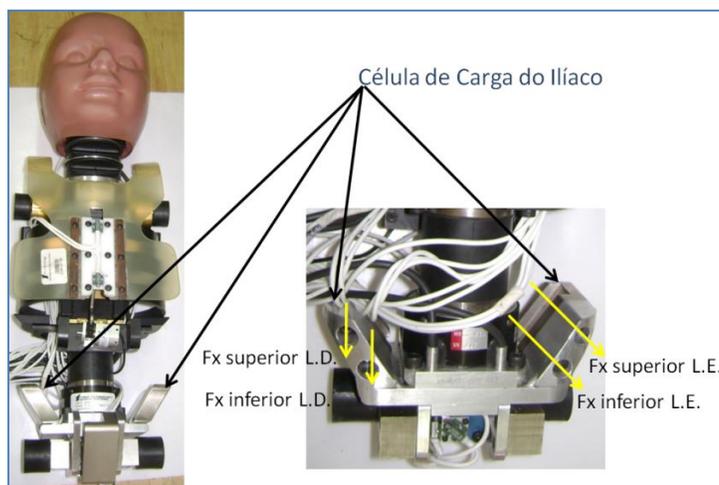


Figura 3. 4 - Acelerômetro altura do tórax

As cargas do caderço abdominal do cinto de segurança cinco pontos do dispositivo de retenção Grupo I foram coletadas durante os testes com duas células de carga instaladas lateralmente, conforme figura 3.5, esta instrumentação também auxilia a análise de penetração abdominal (efeito submarino), conforme parágrafo 5.1.4.2 da ABNT NBR 14400-2009



Figura 3. 5 – Células de carga, caderço abdominal pontos laterais inferiores

O caderço do cinto de segurança três pontas do veículo tiveram suas cargas monitoradas durante os testes dinâmicos. Uma célula de carga foi instalada lateralmente na parte

subabdominal do cinto e outra célula instalada na parte superior diagonal, entre o dispositivo de retenção de criança e o direcionador do cinto de segurança, estas condições de montagem são apresentadas na figura 3. 6.



Figura 3. 6 – Posição das células de carga usadas para coletar a carga do cinto de segurança durante os testes dinâmicos.

Para minimizar variações entre testes, o manequim foi instalado ao dispositivo de retenção cuidadosamente, garantindo sua centralização ao dispositivo de retenção e sua repetibilidade na instalação, as medições foram registradas conforme mostrado no apêndice B.

O comprimento do cinto de segurança utilizado para ancorar o dispositivo de retenção de criança a carroceria foi medido, estas medidas foram feitas com trena.

Como o objetivo de auxiliar a análise da movimentação dinâmica do dispositivo de retenção de criança e do manequim de teste, foi coletado o comprimento de cinto de segurança necessário para ancorar o dispositivo de retenção ao veículo. O dispositivo de retenção de criança instalado conforme o Grupo de massa I, requer comprimento do cinto de segurança medido a partir do direcionador do cinto de segurança (ponto 1 mostrado na figura 3.7) ao ponto de ancoragem inferior do cinto de segurança ao assoalho do veículo (ponto 5 mostrado na figura 3.7) de 1360mm, outra medição importante a ser observada e o comprimento do cinto de segurança (ponto 1) medido entre o direcionador do cinto de segurança e a trava do cinto de segurança do dispositivo de retenção de criança (ponto 2 mostrado na figura 3.7 ) com

comprimento de 310mm, o cadoarço entre o ponto 2 e o ponto 5 e mantido travado pela trava do cadoarço do dispositivo de retenção, a figura 3.7 registra os comprimentos entre os demais pontos medidos.

Com o dispositivo de retenção de criança instalado conforme grupo de massa II o comprimento do cadoarço medido a partir do direcionador do cinto de segurança (ponto 1 mostrado na figura 3.8) ao ponto de ancoragem inferior do cadoarço ao assoalho do veículo (ponto 6 mostrado na figura 3.8) é de 2325mm. O comprimento do cadoarço do cinto de segurança medido entre o direcionador do cinto de segurança (ponto 1) e o direcionador do cadoarço do dispositivo de retenção do cinto de segurança (ponto 2) é de 155mm, nesta condição de instalação do dispositivo de retenção de criança não existe nenhum mecanismo que trave o cadoarço do cinto de segurança, além do sistema de trava do retrator do cinto do veículo; a figura 3.8 registra os comprimentos entre os demais pontos medidos.



Figura 3. 7 – Medição do comprimento do cadoarço do cinto de segurança usado para instalar o dispositivo de retenção conforme o Grupo de massa I.



Figura 3. 8 – Medição do comprimento do cadarço do cinto de segurança usado para instalar o dispositivo de retenção conforme o Grupo de massa II.

A movimentação do manequim e dispositivo de retenção de criança foi registrada com câmera digital com taxa de aquisição de 1000 quadros por segundo nos quatro testes executados. Para permitir comparação da imagem entre testes, a câmera foi instalada solidária ao treno (onboard), posicionada e ajustada da mesma maneira para todos os testes.

### 3.2. Segundo bloco de testes

O segundo bloco é composto por testes de certificação do dispositivo de retenção de criança utilizado no primeiro bloco. A tabela 3.2 apresenta a configuração dos testes e compara com a configuração dos testes executados no primeiro bloco, também informa quais dados de testes são disponíveis para análises. Os dados dos testes do segundo bloco foram cedidos pelo fabricante do dispositivo de retenção de criança.

Tabela 3. 2 – Tabela comparativa da configuração de testes do primeiro e segundo bloco de testes.

|                                | Primeiro bloco  | Segundo Bloco   | Comentário                               |
|--------------------------------|---|---|--|
| Laboratório                    | Lab. de Segurança Veicular da GMB                                       | CSI Itália  |  |
| Dispositivo de retenção        | Burigotto Neo Matrix (Grupo 0+, I, II).                                 | Burigotto Neo Matrix (Grupo 0+, I, II).   |  |
| Ancoragem do DRC ao veículo.   | Cinto de segurança três pontas do veículo. (não travado antes do teste) | Cinto de Segurança três pontas conf. ABNT NBR 14400 anexo J. (travado antes do teste) |  |
| Dispositivo de teste           | Carroceria e banco traseiro do veículo testado.                         | Dispositivo de ensaio conforme ABNT NBR 14400, anexo C.                               | Diferente geometria do assento do banco. |
| Pulso de desaceleração         | Conf. corredor da ABNT NBR 14400, anexo D                               | Conf. corredor da ABNT NBR 14400, anexo D   | Dentro do corredor em todos os testes.   |
| Manequim de teste              | Híbrido III 3YO (totalmente instrumentado)                              | TNO P3 (mínima instrumentação, dados não disponíveis)                                 | Dimensões e massa equivalente            |
| Comprimento do cinto de em uso | Disponível  | Não coletada  |  |
| Carga dos cintos               | Disponível  | Não coletada  |  |
| Número de testes               | - 2 testes com DRC Grupo I<br>- 2 testes com DRC Grupo II               | - 1 teste com DRC Grupo I<br>- 1 teste com DRC Grupo II                               |  |

Os dados dos testes do segundo bloco são utilizados para suportar as análises e conclusões obtidas nos testes do primeiro bloco. As principais diferenças na configuração dos testes são descritas nos parágrafos seguintes.

O dispositivo de ensaio utilizado no segundo bloco de testes para ancoragem do dispositivo de retenção de criança é composto pela estrutura metálica que é utilizada para fixar o cinto de segurança e o conjunto composto pelo assento e encosto de espuma de poliuretano revestida de tecido, este dispositivo tem sua forma construtiva normatizada na Norma Brasileira NBR 14400,

anexo C. As diferenças dimensionais das espumas do assento e encosto do banco traseiro do veículo utilizado nos testes do primeiro bloco com as espumas normatizadas utilizadas nos testes do segundo bloco podem ser observadas na figura 3.9. Nota-se que a espuma do assento do veículo (testes do primeiro bloco) tem menor espessura que a do bloco padrão, sendo na região frontal 75 mm na espuma do assento do veículo e 140 mm na espuma do assento normatizado e também existe diferença na densidade da espuma de poliuretano sendo de  $43 \text{ kg/m}^3$  para espuma normatizada utilizada nos testes do primeiro bloco e  $50 \text{ kg/m}^3$  na espuma do assento do banco utilizado nos testes do primeiro bloco estas diferenças construtivas modificam a dinâmica do sistema durante o teste como apresentado na análise dos resultados.

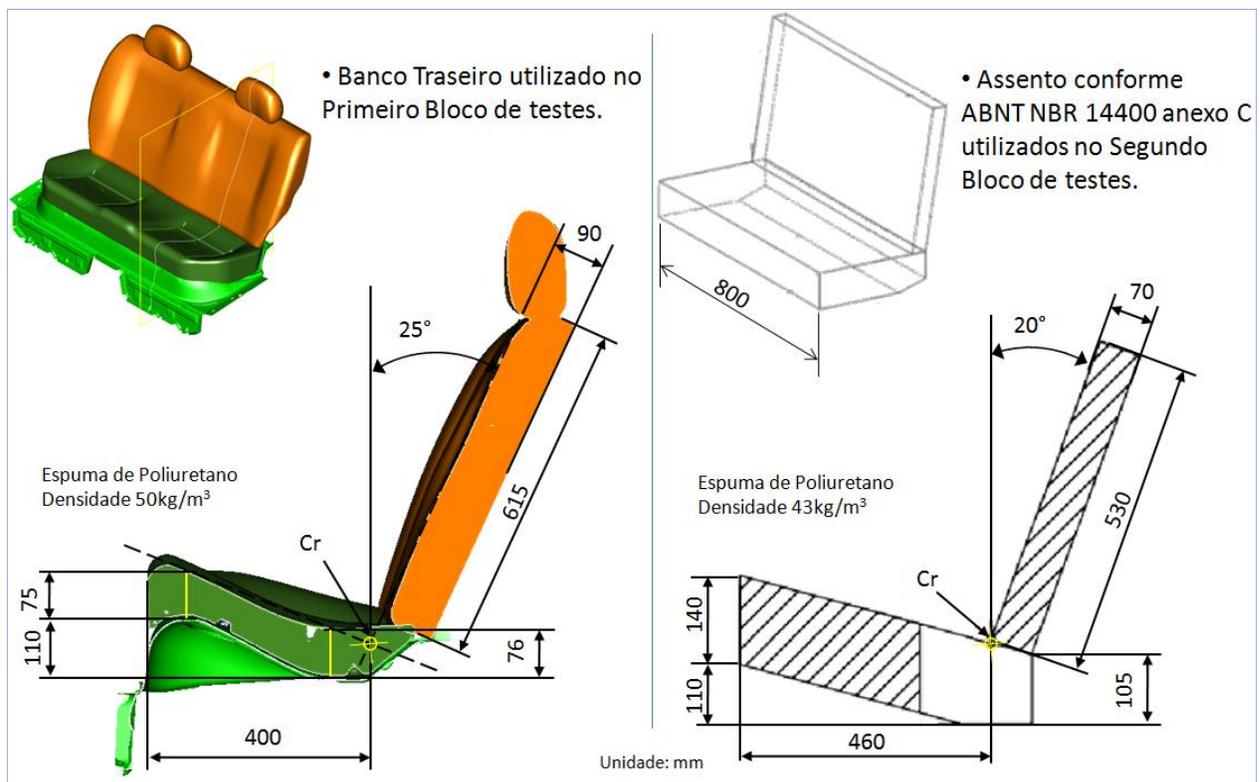


Figura 3. 9 – Comparação entre banco traseiro do veículo utilizado no primeiro bloco de testes com assento normatizado utilizado no segundo bloco de testes.

Os pulsos dos testes do segundo bloco são apresentados na curva de aceleração em função do tempo na figura 3.10, estes pulsos estão dentro do corredor estabelecido na Norma Brasileira NBR 14400, anexo D. Comparando os pulsos atuados entre o primeiro e segundo bloco de testes, também descritos na figura 3.10, observa-se que os testes do segundo bloco possuem curvas que

tendem a estar mais próximo do limite inferior do corredor, portanto ligeiramente menos severos que os testes do primeiro bloco de testes.

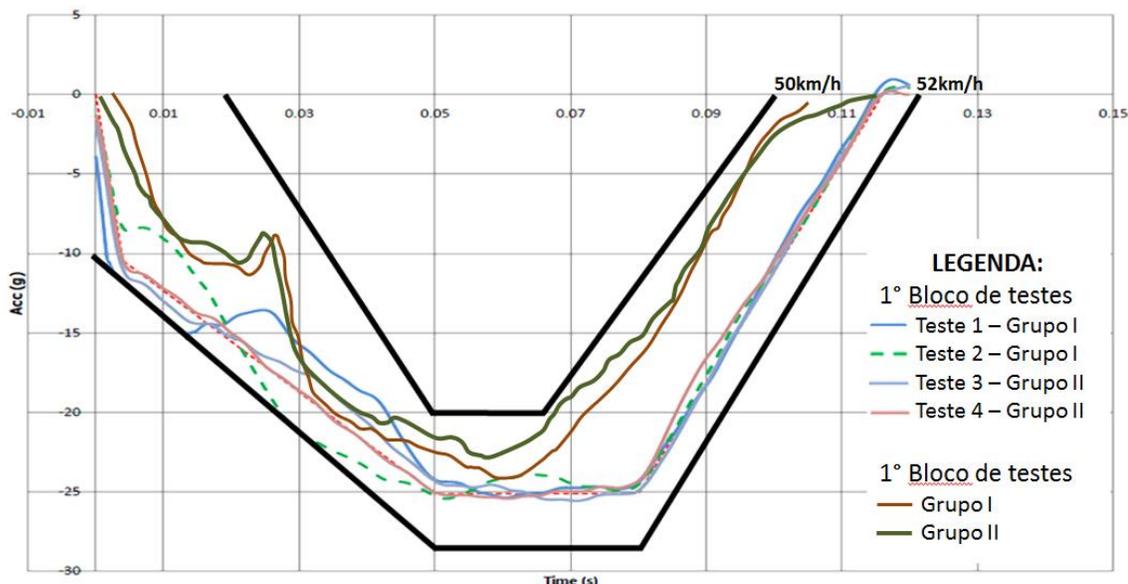


Figura 3. 10 – Pulso de desaceleração dos testes dinâmicos analisados.

O manequim utilizado no segundo bloco de testes é o TNO P3. O manequim TNO P3 possui projeto construtivo diferente do manequim Híbrido III 3YO, veja figura 3.11, como exemplo o manequim Híbrido III3YO possui pescoço e espinha representadas por cilindros de borracha quanto o TNO P3 representa o pescoço e espinha com conjunto de cinco elementos deformáveis conectados por cabos. Estes manequins possuem dimensões e massa equivalentes atendendo os requisitos da ABNT NBR14400 e ECE R44, a tabela 3.3 apresenta a massa por região do corpo dos manequins e a tabela 3.4 apresenta as dimensões de maneira comparativa.

O estudo executado por Wisman J., Stalnaker e Maltha J. ET AL (1985) [26], que compara as respostas dinâmicas do manequim TNO P3 com o Híbrido III 3YO e com um cadáver instalado em dispositivo de retenção submetido à mesma condição de desaceleração, observa que o desempenho dos dois manequins é comparável; as diferenças mais significativas estão na movimentação da cabeça e torso dos manequins, o manequim P3 apresenta maior deformação do torso, por consequência maior movimentação vertical para baixo da cabeça que o manequim Híbrido III 3YO, a movimentação horizontal da cabeça e quadril são iguais; as acelerações da cabeça e tórax do manequim TNO P3 e Híbrido III 3YO apresentam curvas de mesma

característica, o manequim TNO P3 apresenta resultados máximos de aceleração da cabeça e tórax ligeiramente maiores.



Figura 3. 11 – Manequim TNO P3 e Manequim Híbrido III 3YO.

Tabela 3. 3 – Massa por região do corpo do Manequim TNO P3 e Manequim Híbrido III 3YO (manual do manequim de teste TNO P3 e Manequim de test Híbrido III3YO)

| Unidade:kg       | HIII 3YO     | P3           | $\Delta$     |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| Cabeça           | 2.64         | 2.525        | 0.115        |
| Pescoço          | 0.46         | 0.26         | 0.2          |
| Torso Superior   | 3.41         | 3.67         | -0.26        |
| Torso Inferior   | 2.26         | 2.44         | -0.18        |
| Braço Superior   | 0.64         | 1.09         | -0.45        |
| Braço Inf. + Mão | 0.51         | 0.66         | -0.15        |
| Coxa             | 3.54         | 2.905        | 0.635        |
| Tibia + pes      | 1.39         | 1.67         | -0.28        |
| <b>TOTAL</b>     | <b>14.85</b> | <b>15.22</b> | <b>-0.37</b> |

Tabela 3. 4 – Dimensão por região do corpo do Manequim TNO P3 e Manequim Híbrido III 3YO. (manual do manequim de teste TNO P3 e Manequim de test Híbrido III3YO)

| Dimensão | HIII 3YO | P3    | $\Delta$ |
|----------|----------|-------|----------|
| A        | 0.125    | 0.135 | -0.01    |
| B        | 0.24     | 0.185 | 0.055    |
| C        | 0.23     | 0.245 | -0.015   |
| D        | 0.245    | 0.245 | 0        |
| E        | 0.08     | 0.085 | -0.005   |
| F        | 0.065    | 0.065 | 0        |
| G        | 0.06     | 0.55  | -0.49    |
| H        | 0.32     | 0.32  | 0        |
| I        | 0.08     | 0.06  | 0.02     |
| J        | 0.25     | 0.205 | 0.045    |
| K        | 0.175    | 0.175 | 0        |

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo se divide em dois tópicos; 4.1 descreve os resultados e observações dos testes do primeiro bloco executados com manequim “Híbrido III 3YO” em carroceria de veículo e 4.2 descreve os resultados e observações dos testes do segundo bloco que são aos ensaios de certificação do dispositivo de retenção de criança utilizado no primeiro bloco, neste tópico também comparasse os resultados dos dois blocos de teste.

### 4.1. Resultados e discussões dos testes do Primeiro bloco de testes

Em todos os testes do primeiro bloco o manequim manteve-se retido ao dispositivo e este a carroceria, conforme mostra figura 4.1. Os dispositivos de retenção de criança tiveram seus componentes desmontados após o teste e não foi observado dano visível em seus componentes, a figura 4.1 mostra a condição do manequim e dispositivo de retenção após teste.



Figura 4. 1 – Condição do manequim e dispositivo de retenção após 1º Bloco de testes

A excursão do dispositivo de retenção e o manequim Híbrido III 3YO registrado pelas câmeras digitais de alta velocidade nos testes 1 e 2, executado com dispositivo de retenção instalado conforme grupo de massa I, são comparáveis, a máxima excursão das cabeça do manequim acontece no tempo 102ms para os dois testes, conforme mostra figura 4.2.

A excursão do dispositivo de retenção e o manequim Híbrido III 3YO registrado pelas câmeras digitais de alta velocidade nos testes 3 e 4, executado com dispositivo de retenção instalado conforme grupo de massa I, são comparáveis, a máxima excursão das cabeça do manequim acontece a tempo de 85ms para os dois testes, conforme mostra figura 4.2.

As pequenas variações entre os testes executados com dispositivo de retenção de mesmo grupo de massa são consideradas irrelevantes para o propósito deste estudo, estas acontecem pela pequena variação no arranjo do teste físico como o posicionamento dos manequins, apresentados no apêndice B, variação dos produtos testados, pulso, etc. A excursão da cabeça do manequim está contida dentro dos limites estabelecidos na Regulamentação Brasileira e Européia para dispositivo de retenção de criança ancorado com cinto de segurança.



Figura 4. 2 – Comparação da excursão do dispositivo de retenção e manequim.

Para permitir análise objetiva entre testes executados com diferentes grupos de massa, o teste 1 executado com dispositivo de retenção instalado conforme grupo I e o teste 3 executado com dispositivo de retenção instalado conforme grupo II, serão utilizados para comparar as respostas dinâmicas do dispositivo de retenção e do manequim Híbrido III 3YO.

Analisando a trajetória do manequim e do dispositivo de retenção, e o tempo das principais ocorrências dos testes 1 e 3, observa-se que o desempenho não é comparável entre os testes executados, a figura 4.3 compara o posicionamento do manequim no instante 0ms e no momento de maior excursão da cabeça do manequim para os testes 1 e 3.



Figura 4. 3 – Comparação da excursão do dispositivo de transporte de criança e manequim entre testes com dispositivo instalado conforme Grupo I e II.

Analisando a dinâmica do dispositivo de retenção no momento de deslocamento máximo da cabeça do manequim, observa-se que o ponto de intersecção da linha de referência do encosto com a linha de referência do assento do dispositivo de retenção de criança, apresentou máxima movimentação vertical descendente em relação à condição inicial ( $t_0$ ) de 14 mm para o teste 1 e 3. O teste 1 (Grupo I) apresentou no tempo de máxima excursão da cabeça do manequim a movimentação horizontal a frente do ponto de intersecção da linha de referência do encosto e linha de referência do assento do dispositivo de retenção de criança de 52mm medido a partir da posição inicial, esta mesma análise apresenta para o teste 3 (Grupo II) a movimentação horizontal a frente de 92mm, portanto 77% maior teste 3, estas proporções são mostradas na figura 4.4.

O ângulo da linha de referência do encosto do dispositivo de retenção em condição inicial ( $t_0$ ) é de  $66^\circ$  em todos os testes realizados. Para o teste 1 (grupo I) o ângulo da linha de referência do encosto do dispositivo no tempo de máxima excursão da cabeça do manequim ( $t=102\text{ms}$ ) e de  $59^\circ$ , portanto com rotação em relação à condição inicial de  $8^\circ$  em sentido horário. Para o teste 3 (grupo II) o ângulo da linha de referência do encosto do dispositivo no tempo de máxima excursão da cabeça do manequim ( $t=85\text{ms}$ ) e de  $74^\circ$ , portanto com rotação em relação à condição inicial de  $7^\circ$  em sentido anti-horário, estas proporções são mostradas nas figuras 4.4 e 4.5.

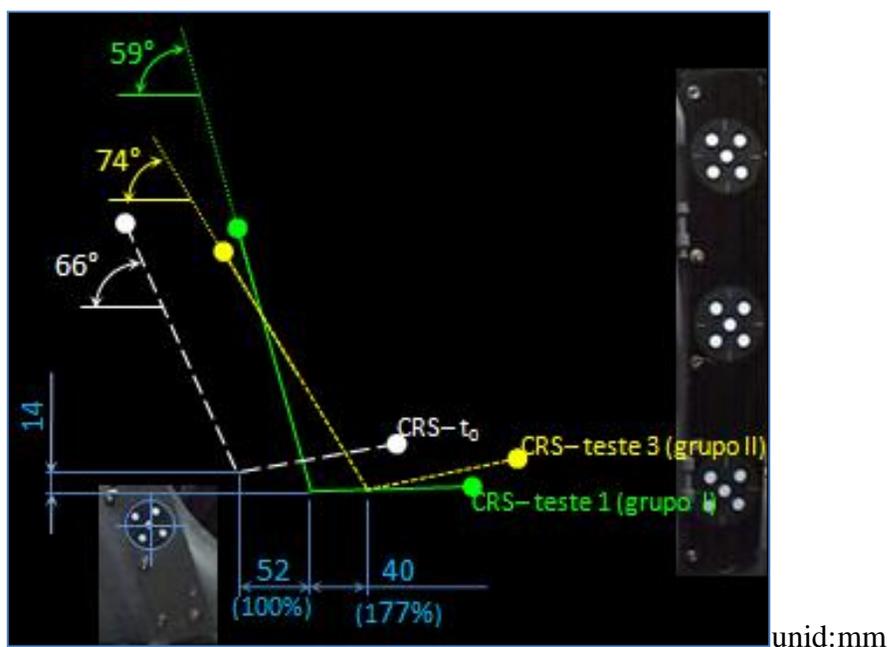


Figura 4. 4 – Sobreposição das linhas de referência dos dispositivos de retenção no tempo de máxima excursão da cabeça do manequim no teste 1(Grupo I) e teste 3 (Grupo II)

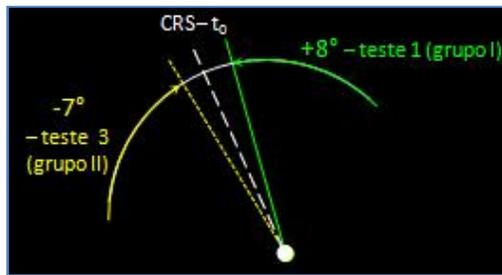


Figura 4. 5 – Sobreposição das linhas de referência do encosto dos dispositivos de retenção no tempo de máxima excursão da cabeça do manequim no teste 1 (Grupo I) e teste 3 (Grupo II)

As diferenças de deslocamento do dispositivo de retenção de criança observado entre os testes são devido à diferença do método de ancoragem do dispositivo de retenção de criança a carroceria quando instalado conforme grupo I e quando instalado conforme grupo II. Para ambos os grupos, o dispositivo de retenção de criança é ancorado pelo cinto de segurança do veículo, mas com diferente rota do cadarço.

O dispositivo de retenção instalado conforme grupo de massa I teve sua parte inferior (assento), limitada pelo cadarço do cinto de segurança; o cadarço foi travado pelo dispositivo de “trava de cadarço” presente no encosto do dispositivo, ponto 2 da figura 4.6.

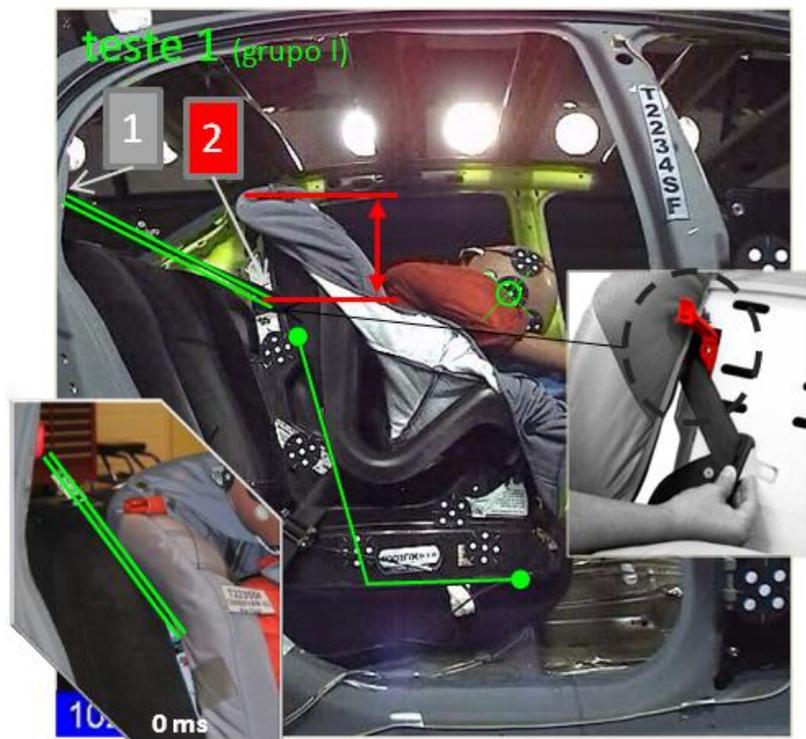


Figura 4. 6 – Deslocamento do dispositivo de retenção instalado conforme grupo I

A rotação sentido horário do encosto do dispositivo instalado conforme grupo I acontece durante o teste devido ao alinhamento do cadarço do cinto de segurança entre o direcionador do cinto de segurança, ponto 1 da figura 4.6 e o ponto de “trava do cadarço” do cinto de segurança presente no encosto do banco do dispositivo, ponto 2 da figura 4.6.

O modelo do dispositivo de retenção de criança avaliado quando instalado conforme grupo de massa II não usa sistema de trava de cadarço algum, portanto nesta condição é permitido maior deslocamento da parte inferior do dispositivo (assento) que o deslocamento observado no teste dinâmico com dispositivo de retenção instalado conforme grupo I. O deslocamento horizontal a frente da parte superior do encosto do dispositivo de retenção é limitada pelo cadarço do cinto de segurança. Comparando o comprimento do cadarço do cinto de segurança medido entre o direcionador do cinto de segurança, ponto 1 da figura 4.6 e ponto 1 da figura 4.7, e o primeiro ponto de contato do encosto do dispositivo de retenção, ponto 2 da figura 4.6 e ponto 2 da figura 4.7, podemos observar que este comprimento é 50% menor quando instalado conforme grupo II (teste 1, 155mm, figura 3.6) que quando instalado conforme grupo II (teste 3, 310mm, figura 3.7); como também mais próximo da parte superior do encosto do dispositivo de retenção.



Figura 4. 7 – Deslocamento do dispositivo de retenção instalado conforme grupo II

Analisando a dinâmica do manequim “Híbrido III 3YO”, com foco na excursão da cabeça, observa-se que no teste 3 o centro de gravidade da cabeça do manequim instalado no dispositivo montado conforme grupo de massa II teve máxima excursão no tempo de 102ms com movimentação horizontal de 357mm e movimentação vertical descendente de 80mm em relação à posição inicial; no teste 1 o centro de gravidade da cabeça do manequim instalado no dispositivo montado conforme grupo de massa I teve máxima excursão no tempo de 85ms com movimentação horizontal de 520mm, portanto 46% superior ao teste 3 e movimentação vertical descendente de 140mm, portanto 75% superior que o teste 3, em relação à posição inicial, esta proporção é mostrada na figura 4.8.

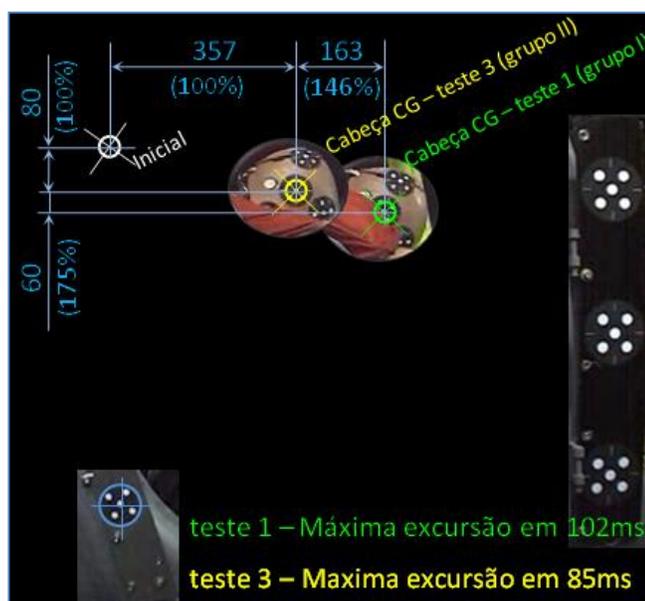


Figura 4. 8 – Sobreposição da cabeça do manequim no tempo de máxima excursão

Analisando a movimentação do dispositivo de retenção em conjunto com a movimentação da cabeça do manequim “Híbrido III 3YO”, observa-se que no teste 1 a cabeça do manequim instalado no dispositivo de retenção do grupo I apresentou maior movimentação horizontal a frente que no teste 3 (manequim instalado no dispositivo de grupo de massa II), e apresentou menor movimentação do ponto de intersecção da linha de referência do encosto com a linha de referência do assento do dispositivo de retenção de criança; esta condição é invertida no teste 3, pois a cabeça do manequim instalado no dispositivo de retenção do grupo II apresentou menor movimentação horizontal a frente que no teste 1 (manequim instalado no dispositivo de grupo de massa I), e apresentou maior movimentação do ponto de intersecção da linha de referência do

encosto com a linha de referência do assento do dispositivo de retenção de criança, conforme mostra figura 4.9. Tomando os resultados apresentados, pode-se afirmar que para os arranjos de testes executados a movimentação e rotação do dispositivo de retenção modificam a cinemática do manequim, portanto a excursão máxima da cabeça do manequim.

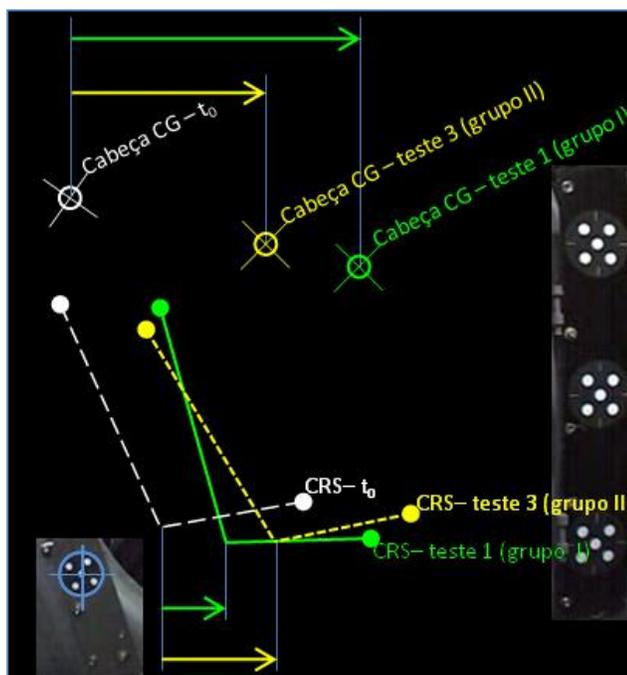


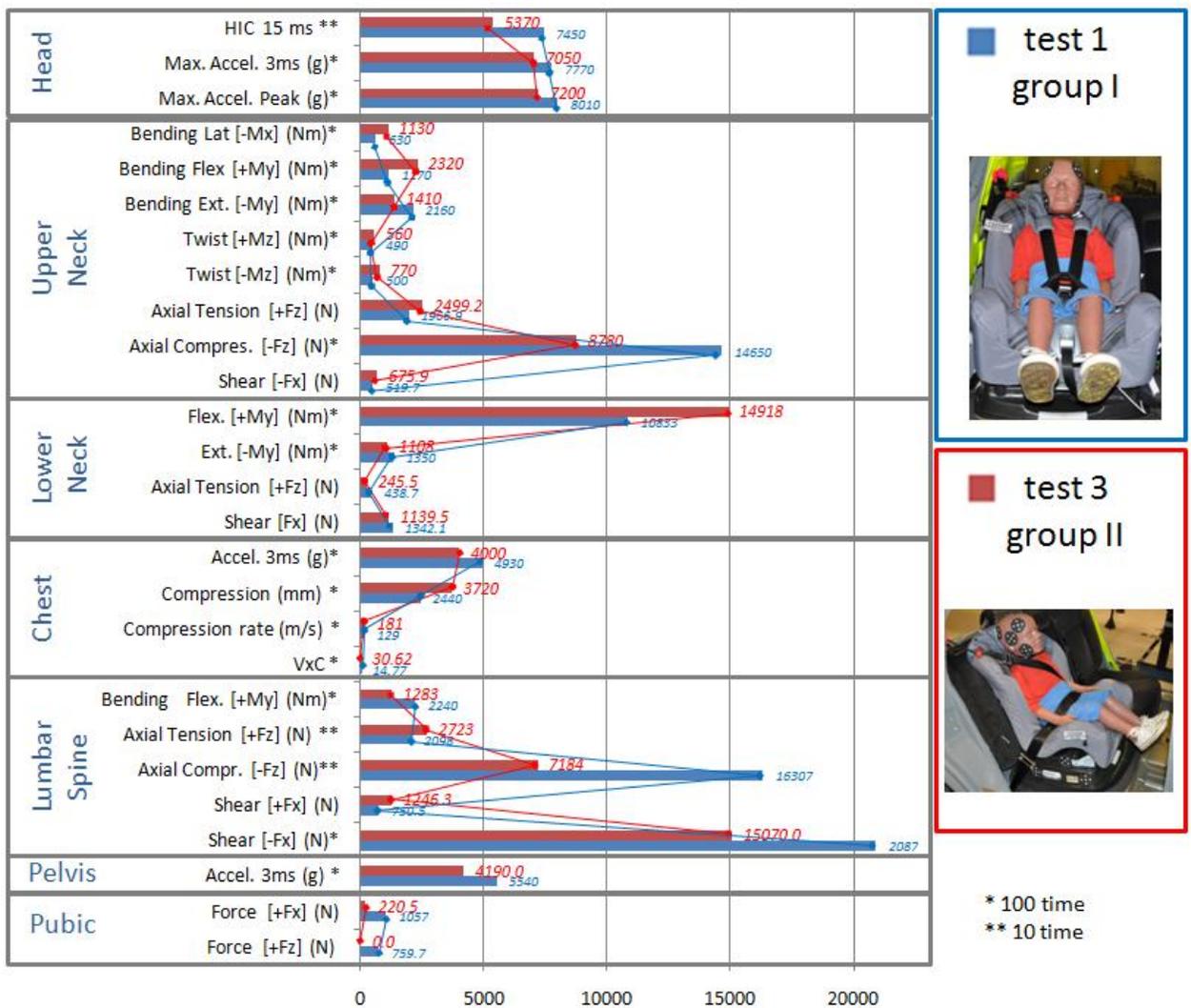
Figura 4. 9 – Análise da movimentação do dispositivo de retenção de criança e cabeça do manequim Híbrido III 3YO.

As lesões dos manequins “Híbrido III 3YO” coletadas em todos os testes dinâmicos estão abaixo dos limites legais estabelecidos na regulamentação Brasileira. Os dados coletados durante os testes estão apresentados no apêndice D e comparado na tabela 4.1. Analisando as curvas não se conclui qual dispositivo de retenção, grupo I ou grupo II apresenta menor lesão a todo o corpo da criança, pois existem regiões do corpo mais favorecidas para um grupo e outra região mais favorecida em outro grupo; analisando as lesões por regiões do corpo observa-se:

- Cabeça: teste executado com dispositivo de retenção instalado conforme grupo II apresentou menor lesão que quando instalado com grupo I
- Pescoço (base superior e inferior): Não apresenta tendência, os desvios estão dentro do erro estatístico entre os testes.

- Tórax: Compressão - teste executado com dispositivo de retenção instalado conforme grupo I apresenta menor compressão, pois distribui a carga em maior área do peito através do cinto de segurança cinco pontos do dispositivo de retenção grupo I que o cinto de segurança diagonal do veículo utilizado no dispositivo de retenção instalado conforme grupo II. Aceleração – dispositivo de retenção instalado conforme grupo II apresenta maior aceleração sustentada por uma janela de 3ms.
- Pélvis e púbico: teste executado com dispositivo de retenção instalado conforme grupo II apresenta menores lesões que teste executado com grupo I.

Tabela 4.1 – Comparação ente lesões coletadas durante teste 1 e teste 3



As curvas de carga no cadarço do cinto de segurança ao longo do tempo, coletada durante os testes dinâmicos, apresentaram resultados similares de forma e valores quando comparadas entre os testes executados com dispositivos de retenção de mesmo grupo de massa, porém apresentaram diferentes comportamentos quando comparadas com resultado de testes executados com o dispositivo de retenção instalado conforme grupo de massa I e resultado de testes executados com o dispositivo de retenção instalado conforme grupo II, as curvas de carregamento do cadarço do cinto de segurança dos testes 1 e 2 executados com dispositivo de retenção grupo I e mostrado na figura 4.10 e as curvas de carregamento do cadarço do cinto de segurança dos testes 3 e 4 executados com dispositivo de retenção grupo II e mostrado na figura 4.11.

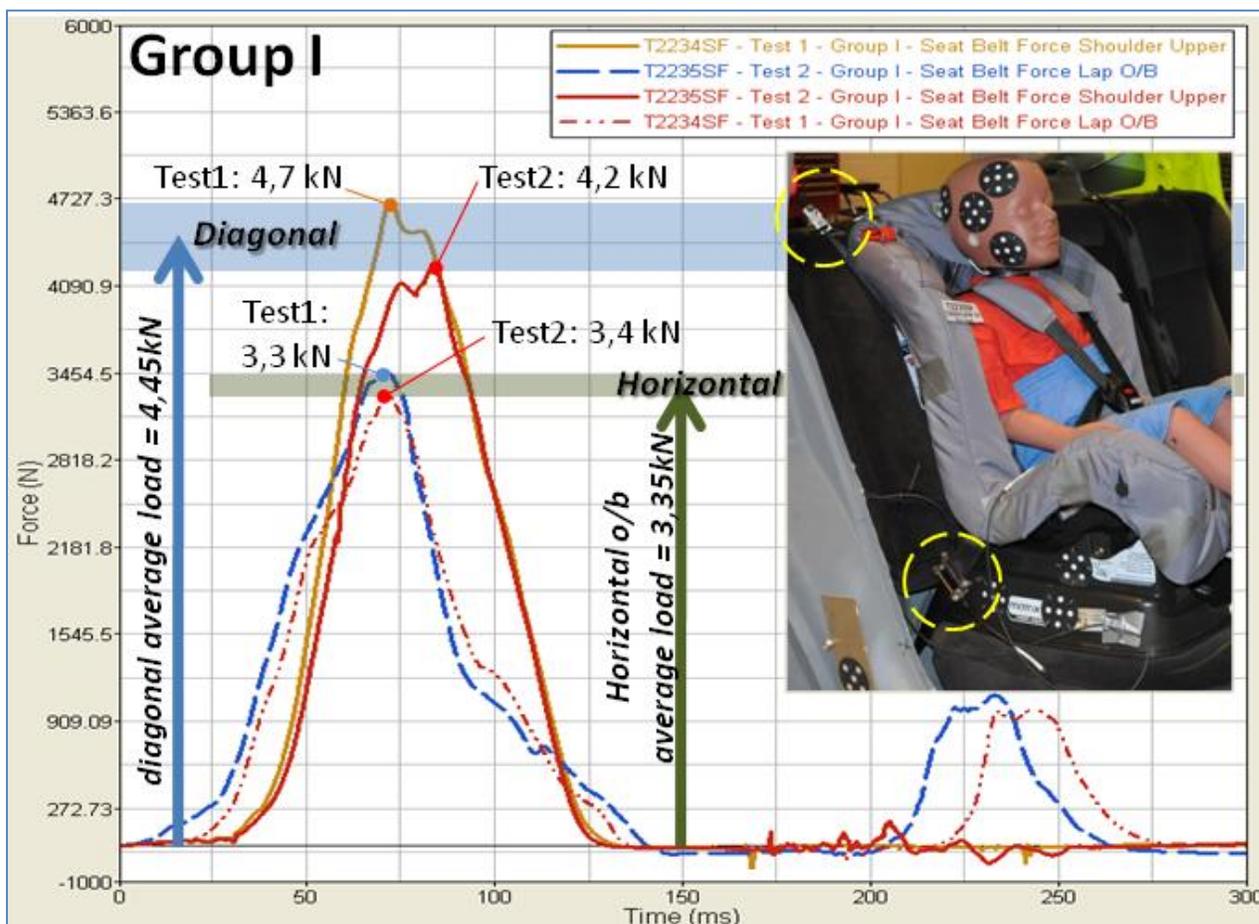


Figura 4. 10 – Cargas do cadarço do cinto de segurança coletada nos testes executados com dispositivo de retenção instalado conforme grupo I.

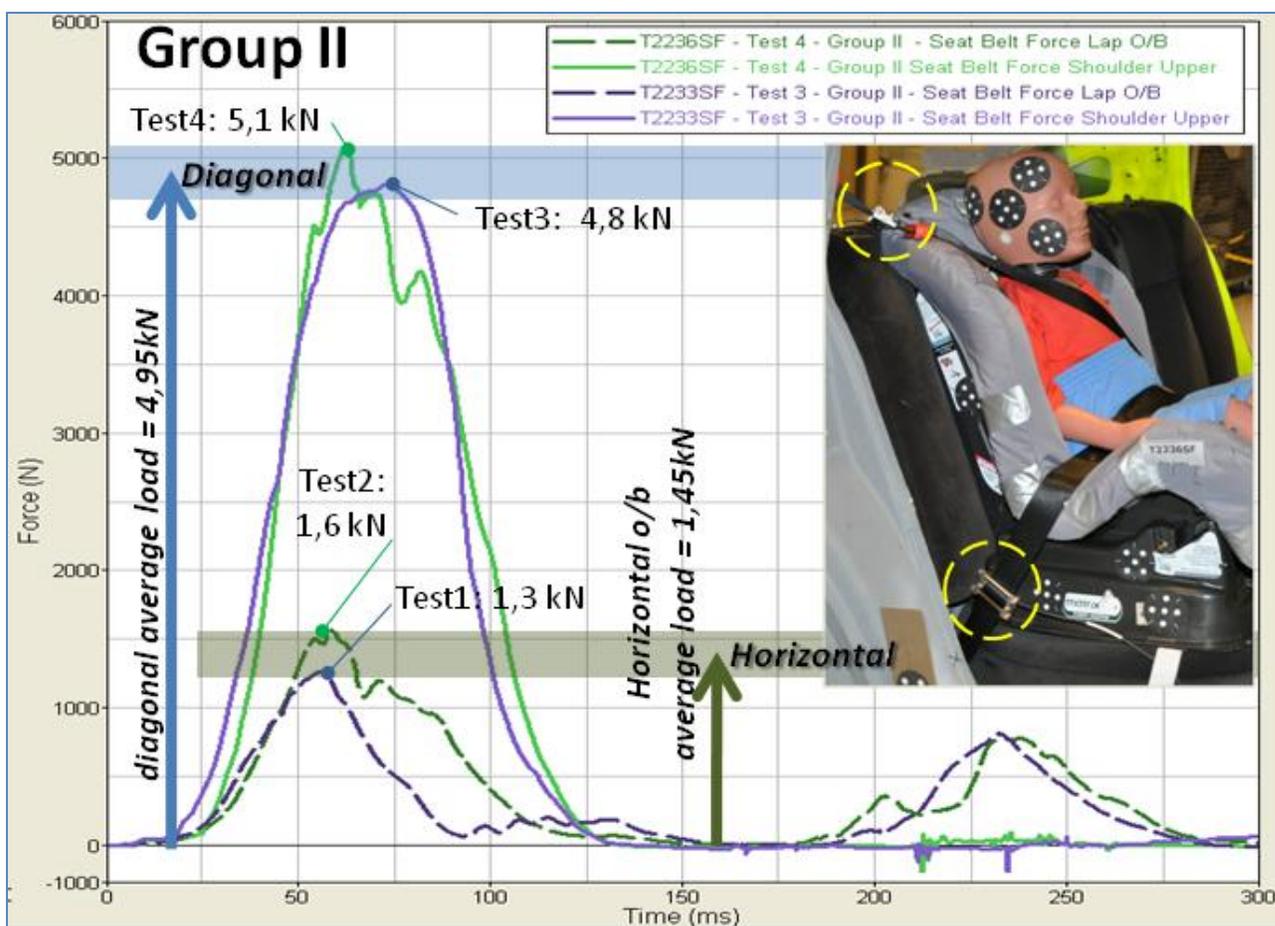


Figura 4. 11 – Cargas do cadarço do cinto de segurança coletada nos testes executados com dispositivo de retenção instalado conforme grupo II.

A carga máxima no cadarço diagonal do dispositivo de retenção instalado conforme grupo I no teste 1 é de 4,7 kN e de 4,2 kN no teste 2 (média de 4,45 kN); a carga máxima no cadarço diagonal do dispositivo de retenção instalado conforme grupo II no teste 3 é de 5,1 kN e de 4,8 kN para teste 4 (média de 4,95 kN). A média das cargas máximas no cadarço diagonal do dispositivo de retenção do grupo II (4,95 kN) é maior que a do grupo I (4,45kN). Considerando a amostragem de somente quatro testes é possível de existir erro estatístico devido a sua proximidade.

A carga máxima no cadarço subabdominal do dispositivo de retenção instalado conforme grupo I no teste 1 é de 3,3 kN para e de 3,4 kN para teste 2. A carga máxima no cadarço subabdominal do dispositivo de retenção instalado conforme grupo II no teste 3 é de 1,6 kN para e de 1,3 kN para teste 4.

Analisando as curvas de carga do cadarço do cinto de segurança e as movimentações do dispositivo de retenção observa-se que as cargas do cadarço são mais altas na região que a movimentação do dispositivo de retenção é menor - em testes executados com dispositivo de retenção instalado conforme grupo I tive altos valores de carga no cadarço subabdominal e menor movimentação do ponto de intersecção da reta referência do encosto e assento, em testes executados com dispositivo de retenção instalado conforme grupo II tivemos altas cargas do cadarço diagonal e menor deslocamento a parte superior do encosto do dispositivo de retenção de criança, conforme mostra figura 4.12. Este fenômeno acontece pela a dissipação de energia durante a movimentação do dispositivo de retenção reduzindo a carga do cadarço do cinto de segurança.



Figura 4. 12 – Carga no cadarço do cinto de segurança e movimentação do dispositivo

Após a execução dos testes do Primeiro bloco, foi verificado o posicionamento dos cadarços dos cintos de segurança abdominais, curvas das células de carga dos cintos de segurança e curvas das células de carga dos ilíacos.

Nos testes 1 e 2, executados no dispositivo de retenção instalado conforme grupo I, foi observado após o teste o deslizamento do cadarço abdominal em direção a coxa do manequim, este desempenho foi confirmado pela análise da curva da célula de carga instalada no cadarço abdominal, conforme mostra figura 4.13; a análise das curvas de força do ilíaco, figura 4.14, e análise da dinâmica do movimento do manequim confirmam o sentido do deslizamento do

cadarço do cinto em direção a coxa do manequim; portanto conclui-se que não existiu penetração abdominal.

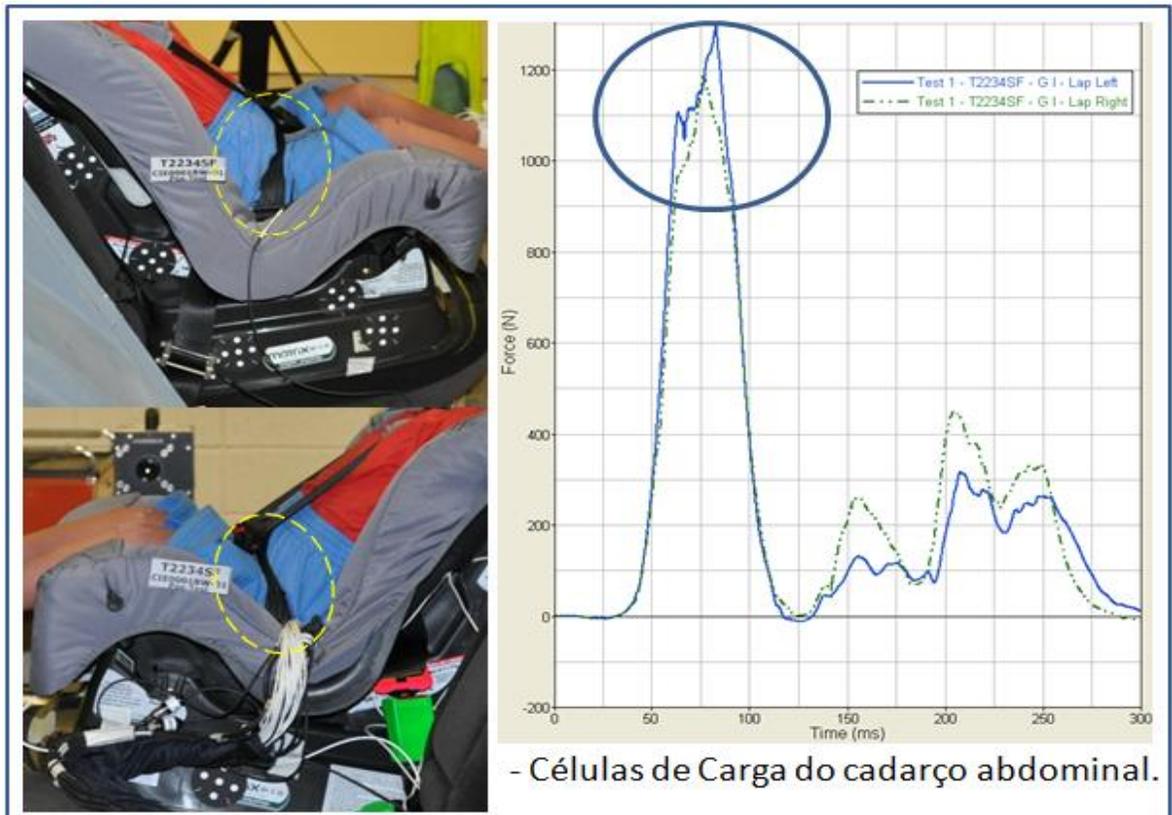


Figura 4. 13 – Análise da penetração abdominal no dispositivo de retenção grupo I

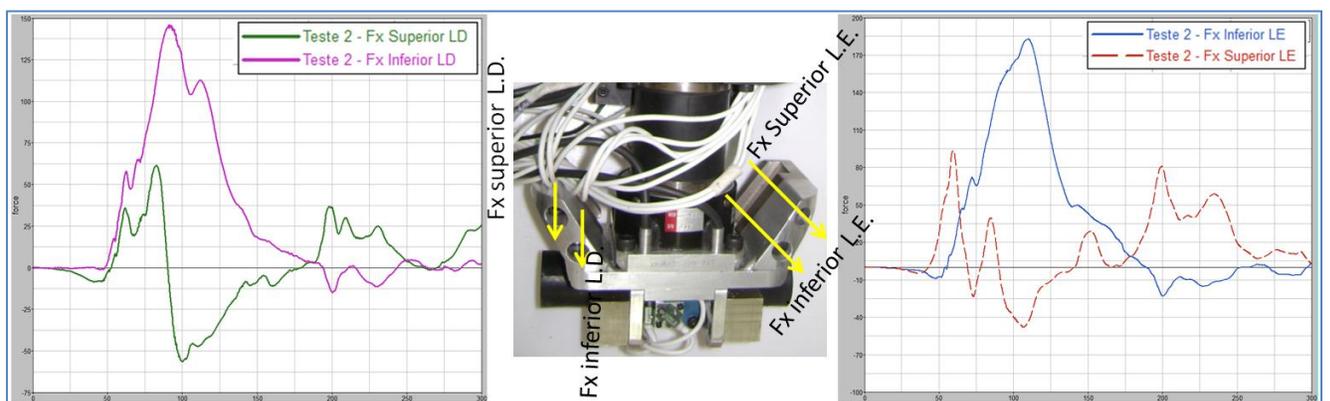


Figura 4. 14 – Curvas das células de carga do ilíaco teste 2, dispositivo de retenção Grupo I

Nos testes 3 e 4 , executados no dispositivo de retenção instalado conforme grupo II, não foram observados indícios de penetração abdominal nas análises pós teste, conforme mostra

figura 4.15, este desempenho foi confirmado com a análise das curvas das células de carga do cinto de segurança abdominal, ilíaco e análise da dinâmica do movimento do manequim.



Figura 4. 15 – Análise da penetração abdominal no dispositivo de retenção Grupo II.

#### **4.2. Resultados e discussões dos testes do Segundo bloco de testes**

Analisando as imagens dos ensaios dinâmicos de certificação, cedida pelo fabricante do dispositivo de retenção (segundo bloco de testes), não se observa destrave ou rompimento de nenhuma parte do dispositivo de retenção de criança com a função de manter a criança em posição como cadarços, fecho e sistema de travas.

Observa-se nas análises das imagens dos testes do segundo bloco que a excursão e tempo de deslocamento máximo do dispositivo de retenção e manequim P3 não são equivalentes quando comparado entre o teste executado com dispositivo de retenção Grupo I e teste executado com dispositivo de retenção instalado conforme Grupo II. A excursão máxima da cabeça do manequim P3 registrado pelas câmeras digitais de alta velocidade no teste executado com dispositivo de retenção instalado conforme Grupo de massa I é de aproximadamente  $t=100$  ms e a excursão máxima da cabeça do manequim P3 no teste executado com dispositivo de retenção instalado conforme Grupo de massa II é de aproximadamente  $t=110$  ms; a figura 4.16 compara o posicionamento do manequim no instante  $t=0$  ms e no momento de maior excursão da cabeça do manequim. Os ensaios dos primeiro bloco apresentaram mesma consideração. Porém com

grandezas de tempo de máxima excursão diferentes (Primeiro bloco; Grupo I, deslocamento máximo  $t=102\text{ms}$  e Grupo II, deslocamento máximo  $t=85\text{ms}$ ).

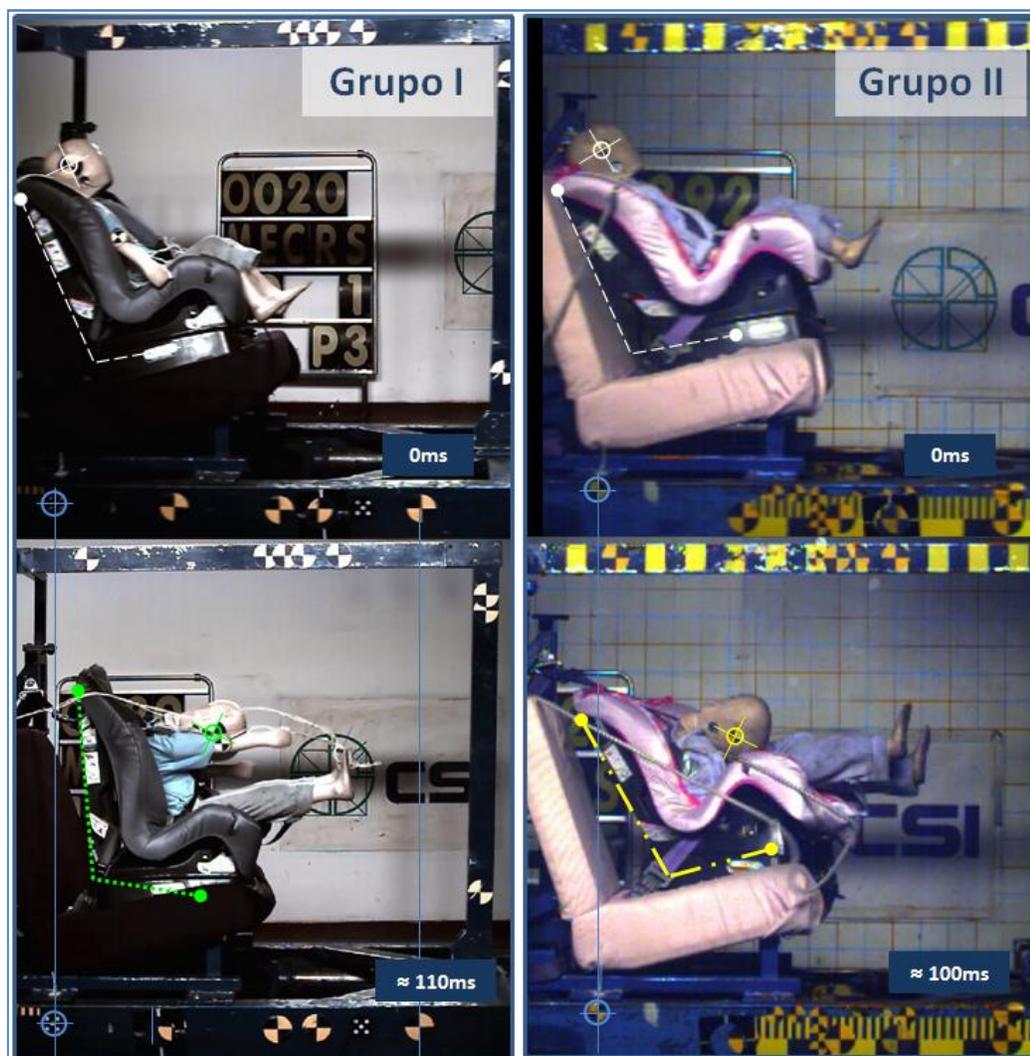


Figura 4. 16 – Comparação da excursão do dispositivo de transporte de criança e manequim entre testes com dispositivo instalado conforme Grupo I e II do Segundo Bloco.

Ao analisar a excursão do dispositivo de retenção de criança nos ensaios do segundo bloco observa-se os seguintes pontos:

- Máxima movimentação vertical descendente da intersecção da linha de referência do encosto com a linha de referência do assento do dispositivo de retenção de criança é próxima de zero em ambas as condições de teste.

- O dispositivo de retenção de criança Grupo II apresenta maior movimentação a frente da intersecção da linha de referência do encosto com a linha de referência do assento de que o dispositivo de retenção de criança instalada conforme Grupo I.
- A parte superior da linha de referência do encosto do dispositivo de retenção de criança Grupo I apresenta rotação horária (para frente) de  $20^\circ$  em relação à condição inicial.
- A parte superior da linha de referência do encosto do dispositivo de retenção de criança Grupo II apresenta rotação anti-horária de  $5^\circ$  em relação à condição inicial.

A figura 4.17 apresenta de maneira esquemática a excursão do dispositivo de retenção de criança observado nos testes do segundo bloco e também do primeiro bloco para facilitar a comparação de seus resultados.

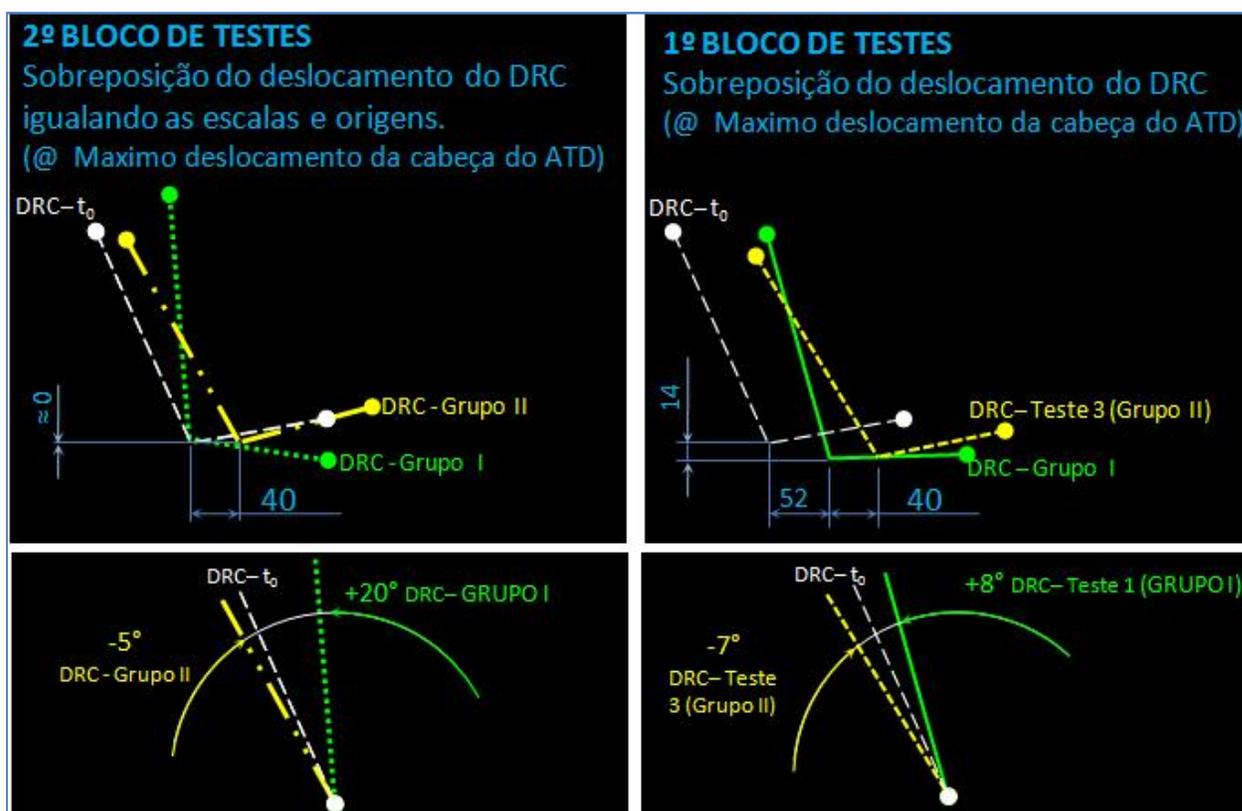


Figura 4. 17 – Excursão do dispositivo de transporte de criança dos testes do primeiro e segundo bloco quando instalada conforme Grupo I e II.

Comparando o desempenho dos testes do primeiro bloco com os do segundo bloco observa-se que as características da movimentação dos dispositivos de retenção de criança são equivalentes nos seguintes pontos:

- Mesma movimentação vertical descendente da intersecção da linha de referência do encosto com a linha de referência do assento dos dispositivos de retenção de criança entre Grupo I e II em cada Bloco de testes (14 mm para primeiro bloco e zero para segundo bloco).
- Mesma diferença entre movimentação horizontal à frente entre dispositivo de retenção de criança Grupo I e Grupo II (40 mm mais a frente para dispositivo de retenção de criança Grupo II para testes do 1º Bloco e 2º Bloco).
- Rotação da parte superior da linha de referência do encosto do dispositivo de retenção de criança Grupo I e Grupo II apresentam rotação em mesmo sentido (Rotação sentido horário para dispositivo de retenção de criança Grupo I e sentido anti-horário dispositivo de retenção de criança Grupo II)

Comparando o desempenho dos testes do primeiro bloco com os do segundo bloco observam-se diferenças nas grandezas que são geradas pela configuração dos testes serem diferentes como: cinto de segurança travado ou não travado antes do início do teste, diferença geométrica no assento do banco, diferente dinâmica entre os manequins de diferente construção.

Ao analisar a excursão da cabeça do manequim nos testes do segundo bloco de testes, podemos observar que a cabeça do manequim P3 instalado no dispositivo de retenção de criança conforme Grupo I (cinto cinco pontas) apresenta 15% mais deslocamento a frente que a cabeça do manequim de teste instalado no dispositivo de retenção de criança Grupo II e 39% mais deslocamento vertical para cima que a cabeça do manequim de teste instalado no dispositivo de retenção de criança Grupo II. Mesma característica de movimentação (maior movimentação da cabeça do manequim de teste instalado no dispositivo de retenção de criança Grupo I) é observada nos testes do primeiro bloco, veja figura 4.18; maior movimentação vertical observado no 2º Bloco de testes causada pela maior rotação do dispositivo de retenção de criança e diferença da dinâmica entre os manequins (diferenças entre os assentos dos bancos e diferente dinâmica dos manequins Híbrido III 3YO e P3).



Figura 4. 18 – Comparação da excursão do manequim, primeiro e segundo bloco de testes.

Analisando conjuntamente a excursão da cabeça do manequim e a excursão do dispositivo de retenção de criança, observar-se os seguintes pontos:

- A cabeça do manequim instalado no dispositivo de retenção de criança Grupo I apresentou maior movimentação horizontal a frente que a cabeça do manequim instalado no dispositivo de retenção de criança Grupo II e menor movimentação da intersecção da linha de referência do encosto com a linha de referência do assento do dispositivo de retenção de criança, que rotaciona a parte superior do encosto do dispositivo de retenção de criança para frente (sentido horário).
- A cabeça do manequim instalado no dispositivo de retenção de criança Grupo II apresentou menor movimentação horizontal a frente que a cabeça do manequim instalado no dispositivo de retenção de criança Grupo I e maior movimentação da intersecção da linha de referência do encosto com a linha de referência do assento do dispositivo de retenção de criança, que rotaciona sentido anti-horário a parte superior do encosto do dispositivo de retenção de criança.

Conforme mostra a figura 4.19, observamos que característica das movimentações do dispositivo de retenção de criança e manequim é equivalente entre os testes do primeiro e segundo bloco para os dispositivos de retenção de criança grupo de massa I e II; portanto as observações dos testes do primeiro bloco, relativa as movimentações dinâmica e suas causas, são suportadas pelos testes do 2º Bloco.

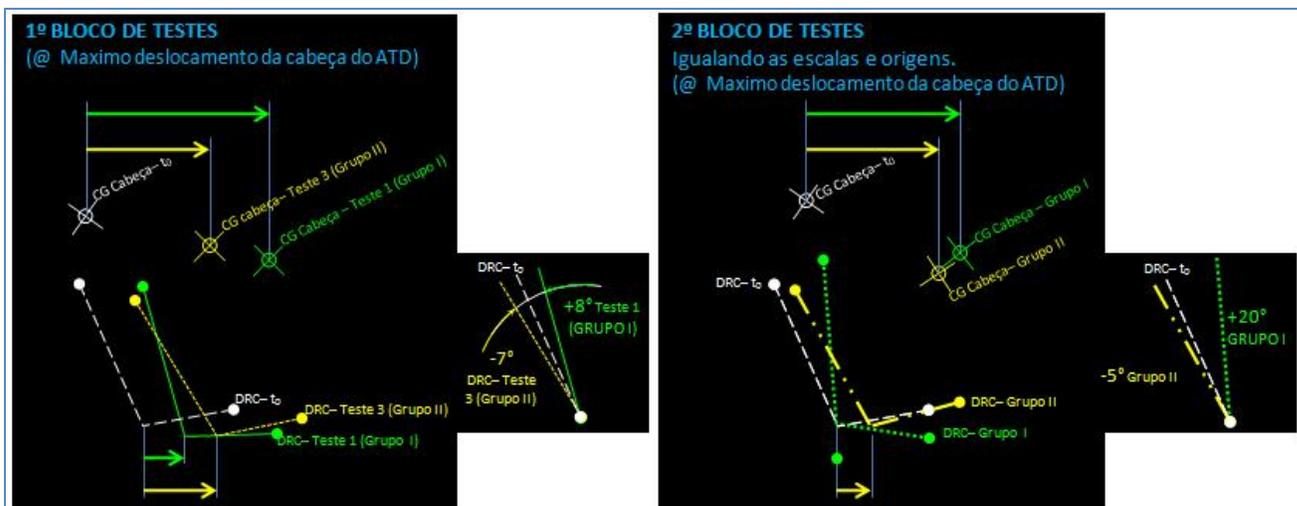


Figura 4. 19 – Comparação da excursão da cabeça do manequim e a excursão do dispositivo de retenção de criança, primeiro e segundo bloco de testes

Dados de lesões do manequim TNO P3 coletados no segundo bloco de testes não foram disponibilizados, porém pode-se afirmar que o dispositivo de Retenção de Criança Burigotto Neo Matrix (Grupo 0+, I, II) e certificado pela Portaria INMETRO 38/2007 por possuir o selo de identificação de conformidade atende aos requisitos especificados na norma ABNT NBR 14400.

Considerando que as características das movimentações do dispositivo de retenção de criança e manequim são equivalentes entre os testes do primeiro e segundo bloco; considerando que as acelerações da cabeça e tórax do manequim TNO P3 e Híbrido III 3YO apresentam curvas de mesma característica como também movimentação horizontal da cabeça e quadril são iguais para estes manequins, conforme estudo de Wismans J., Stalnaker e Maltha J. ET AL (1985) [26] e outros [27] que compara as respostas dinâmicas do manequim TNO P3 com o Híbrido III 3YO submetidos à mesma condição de desaceleração, e sabendo que as lesões dos manequins “Híbrido III 3YO” coletadas em todos os testes dinâmicos do primeiro bloco também atendem os requisitos estabelecidos na norma brasileira ABNT NBR 14400-2009, conclui-se que observações do primeiro bloco de testes, relativas às lesões do manequim, aplicáveis ao segundo bloco de testes.

Os dados de cargas dos cintos de segurança do segundo bloco de testes não estão disponíveis; considerando que as características das movimentações do dispositivo de retenção de criança e manequim são equivalentes entre os testes do 1º e 2º bloco, portanto considera-se que as

observações do primeiro bloco de testes, relativas às cargas dos cintos de segurança, são aplicáveis ao segundo bloco de testes, ou seja, as cargas menores são observadas nas áreas de maior deslocamento.

Dados de penetração abdominal no manequim TNO P3 no teste do segundo bloco executado com dispositivo de retenção Grupo I e II não foram disponibilizados, porém pode-se afirmar que não ocorreu, pois o dispositivo de Retenção de Criança Burigotto Neo Matrix (Grupo 0+, I, II) possui o selo de identificação de conformidade da Portaria INMETRO 38/2007, portanto atende os requisitos da ABNT NBR 14400.

## **5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS**

### **5.1. Conclusões**

Baseado na comparação dos resultados dos testes dinâmicos executados em acordo com a ABNT 14400 e ECE R 44 com manequim de teste instalado no mesmo modelo de dispositivo de retenção de criança “Burigotto Neo Matrix”, certificado conforme INMETRO portaria 38 para use no grupo de massa 0+, I e II e ancorado com cinto de segurança três pontos. Sendo dois testes executados com manequim Híbrido III 3YO instalado ao dispositivo de retenção de criança montado conforme grupo de massa I ao banco traseiro de um veículo de produção, dois testes com mesma configuração exceto a maneira de montagem do dispositivo de retenção de criança montado conforme grupo de massa II, um teste executado com manequim TNO P3 instalado ao dispositivo de retenção de criança montado para uso de crianças grupo de massa I ao banco padrão conforme ABNT NBR 14400 e um teste executado com manequim TNO P3 instalado ao dispositivo de retenção de criança montado para grupo de massa II ao banco padrão conforme ABNT NBR 14400. Segue as conclusões:

- Os resultados dos testes executados com o dispositivo de retenção de criança instalado conforme o mesmo grupo de massa é similar (testes 1 e 2 executados com dispositivo de retenção conforme grupo I são similares, testes 3 e 4 executados com dispositivo de retenção conforme grupo II são similares).
- Os resultados dos testes executados com o dispositivo de retenção de criança instalado conforme grupo de massa I (testes 1 e 2) não são similares aos resultados dos testes executados com o dispositivo de retenção de criança instalado conforme grupo de massa II (testes 3 e 4).
- Os testes executados com o dispositivo de retenção de criança instalado conforme grupo de massa I apresentou maior excursão da cabeça do manequim Híbrido III 3YO que nos testes dinâmicos executados com o dispositivo de retenção de criança instalado conforme grupo de massa II.

- A movimentação e rotação do dispositivo de retenção de criança muda a dinâmica do manequim Híbrido III 3YO e conseqüentemente os valores de lesão e máxima excursão da cabeça do manequim
- O causador das diferenças de movimentação e rotação entre os testes executados com dispositivo de retenção grupo I e Grupo II são as diferentes rotas do catarço de segurança utilizado para ancorar o dispositivo de retenção ao veículo, o primeiro ponto de contato do catarço ao dispositivo de retenção na parte superior do encosto e o uso da trava do catarço utilizada para instalação do dispositivo como grupo I.
- Não é possível apontar qual condição de ancoragem do dispositivo de retenção apresenta menor valor de lesão para todas as regiões do corpo. Cada tipo de instalação possui vantagens e desvantagem para cada região do corpo, desta forma temos:
  - O dispositivo de retenção de criança instalado conforme grupo de massa II apresenta menores lesões da cabeça, região pélvica e púbica que no dispositivo de retenção instalado conforme grupo de massa I.
  - O dispositivo de retenção de criança instalado conforme grupo de massa I apresenta menor compressão e critério de viscosidade no tórax, mas maior aceleração suportada por uma janela de 3ms que no dispositivo de retenção instalado conforme grupo de massa II.
  - Os valores de lesão coletados pelo manequim Híbrido III 3YO na região do pescoço, espinha lombar não apresentam tendências que apontem menor lesão em relação a condição de instalação do dispositivo de retenção de criança.
- Menores cargas no catarço do cinto de segurança são observadas quando a movimentação do dispositivo de retenção de criança é reduzido (a energia é dissipada durante a movimentação do dispositivo de retenção, assim reduzindo a carga no catarço do cinto de segurança)
- Não foi observada penetração abdominal em nenhum teste executado.

Considerando o menor deslocamento horizontal da cabeça do manequim e menor índices de lesões da cabeça, aceleração do peito, região pélvica e púbica, além da indiferença nos dados coletados no pescoço e na coluna, o dispositivo de retenção de criança testado quando instalado

conforme Grupo de massa II apresentou melhor desempenho nos testes dinâmicos que o dispositivo de retenção de criança instalado conforme Grupo de massa I.

## **5.2. Limitações do trabalho**

Como concluído as lesões e dinâmica do manequim é consequência do desempenho do dispositivo de retenção de criança.

O desempenho do dispositivo de retenção depende em grande parte de sua ancoragem ao veículo, que neste estudo a ancoragem pelo cinto de segurança três pontas, conforme Resolução Brasileira nº 277 que utiliza a norma Brasileira ABNT NBR 14400 baseada na Resolução Européia ECE R44 de 2008.

O desempenho da ancoragem do dispositivo de retenção ao veículo através de cinto de segurança é modificado pelas rotas do cadarço do cinto de segurança utilizado para ancorar o dispositivo de retenção ao veículo, o primeiro ponto de contato do cadarço ao dispositivo de retenção na parte superior do encosto, o uso de trava de cadarço (utilizado para instalação do dispositivo testado grupo I).

Portanto a análise das movimentações dos manequins Híbrido III 3YO e TNO P3 além dos valores de lesões obtidas neste estudo não podem ser considerados para outros dispositivos de retenção com diferentes geometrias ou métodos de ancoragem.

## **5.3. Sugestões para trabalhos futuros**

Alguns trabalhos futuros são sugeridos a partir dos achados deste estudo. São eles:

- Estudar as diferenças dos dispositivos de retenção de criança categoria universal no ponto de vista de sua ancoragem (rota do cadarço do cinto de segurança, sistemas de trava, direcionadores de cadarço, etc.). Este novo estudo ampliaria a aplicação deste estudo e seria um banco de dados para suportar novos desenvolvimentos.
- Desenvolvimento de rota do cadarço do cinto de segurança e trava de cadarço para maior eficiência da retenção do dispositivo de retenção e da criança.

- Contribuição do pré-tensionador do cadorço do cinto de segurança na ancoragem do dispositivo de retenção de criança.
- Estudo das tecnologias atuais e futuras para a ancoragem do dispositivo de retenção ao veículo e seus benefícios para redução de lesão ao ocupante.

## ***REFERÊNCIAS***

[1] – ECKERMANN, Erik – Livro “World history of the automobile” publicado em 2001. Capítulo “The Prehistory of the Automobile – from Ancient Times to 1884” e “The Pioneering Era and Coming of Age – 1885 to 1918”

[2] – SOUSANIS, John – Artigo “World Vehicle Population Tops 1 Billion Units”, Publicado em WARDAUTO em 15 Agosto de 2011.

[3] – ANDRE DE MELLO, Victor – Artigo “O Automóvel, o automobilismo e a modernidade no Brasil (1981-1908) – Revista Brasil Ciência, Campina, v.30,n.I,p.187-203, publicado em Setembro 2008.

[4] – INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA – Portal do Governo do Estado de São Paulo, site: [http://www.saopaulo.sp.gov.br/conhecasp/historia\\_republica-industria-automobilistica](http://www.saopaulo.sp.gov.br/conhecasp/historia_republica-industria-automobilistica) - acesso ao site em Outubro de 2011.

[5] – INDUSTRIA AUTOMOBILISTICA – Governo do Brasil – Linha do Tempo, site: <http://www.brasil.gov.br/linhadotempo/epocas/1956/industria-automobilistica> - acesso ao site em Outubro de 2011.

[6] – INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA 50 ANOS – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA. Capítulo “ A indústria Automobilística de 1950 a 2006”, disponível no site oficial da Anfavea: <http://www.anfavea.com.br/50anos/indice.pdf> consulta em Outubro 2011.

[7] – Revista AUTOESPORTE Outubro 2011 edição 557 – Montadoras instaladas no Brasil.

[8] – DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito, frota de veículos no Brasil site: <http://www.denatran.gov.br/frota.htm> - consulta em Outubro 2011.

[9] – Boletim SP Demográfico, ano 10 nº 2, Março 2010, elaborado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Seade)

[10] – DATASUS – Ministério da Saúde. Dados de mortalidade e hospitalizações por acidentes de crianças e adolescentes de até 14 anos no Brasil. Estudo publicado em outubro de 2007 -2005.

[11] – Estatísticas e Acidentes – DNIT Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível no site: <http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/estatisticas-de-acidentes> , consulta em Outubro 2011. ANUÁRIO ESTATÍSTICO - São Paulo: Anfavea, 2010, 2009, 2008, 2007, 2006 e 2004.

[12] – AGOSTINHO , O.L. – Sistemas de Negócio – volumes 1 e 2 Apostila – 2011, matéria IM492 – Tópicos em Engenharia de Fabricação, Metodologias e Tecnologias para Competitividade, 2º Semestre 2011 – Pos Graduação UNICAMP

[13] – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Veículos rodoviários – Dispositivos de retenção para crianças – Requisitos de Segurança: ABNT NBR 14400, Rio de Janeiro, 1999, 49p.

[14] – ECONOMIC COMMISSION EUROPE: Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("child restraint system"). Status of United Nations Regulation ECE 44-04, 2009. 152p.

[15] – WORLD HEALTH ORGANIZATION: Child growth Standards, informação publica disponível em [http://www.who.int/childgrowth/standards/technical\\_report/en/index.html](http://www.who.int/childgrowth/standards/technical_report/en/index.html) consulta em Abril 2011.

[16] – “Traffic Safety Facts 1996” publicado pelo departamento “National Center for Statistics and Analysis” da NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), disponível no site oficial da NHTSA em 2 de Julho de 2012 : <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/96Children.pdf>

[17] – DELGROSSI Luca, ZHANG Tao – Livro “Vehicle Safety communications: Protocols, security and privacy” – 1ª edição em 23 de Outubro de 2011 - 400p – Capítulo 2 “Automotive Safety Evolution”.

[18] – BERTOCCHI, Marcelo – Livro “Segurança Veicular” publicado em 2005 – disponível para download - <http://issuu.com/marcelobertocchi/docs/bertocchi> - Capítulo I - Introdução a Segurança Veicular. Capítulo IV - Dinâmica de colisões veiculares

[19] – HEISSEING Bernd, ERSOY Metin – Livro “Chassis handbook – Fundamentals, Driving Dynamics, Components, Mechatronics, Perspectives” – 1ª Edição 2011 – Capítulo 2.9 “Active and Passive Safety”

[20] – LOVSUND Per –Notas de Aula “Global Automotive Safety Engineering”, Chalmers Industriehögskola – Spring 2005 – Capitulo: Child Safety – Part 1, 2 e 3.

[21] ENTINI, Carlos Eduardo – Artigo “ O Paradoxo do Cinto de Segurança” – VEJA 30 de Novembro de 2011,

[22] – DENA Lin Wood, COHEN Barbara Janson Cohen – Livro “O Corpo Humano na Saúde e na Doença” – 9ª edição 2000. Capitulo 7 – “O esqueleto ósseo e articulações”.

[23] – FENNER J., FLAMBOE H., NELSON W. et al., "Field Application and Research Development of the Abbreviated Injury Scale," SAE Technical Paper 710873, 1971

[24] - Abbreviated Injury Scale (AIS) 2005 Manual, Publicado por “Association for the Advancement of Automotive Medicine” em 2005.

[25] – K.-U. SCHMITT, P.NIEDERR, F.WALZ – Livro: Trauma Biomechanics, Introduction to Accidental Injury – 3<sup>rd</sup> edition 2010 – Capitulo Methods in-Trauma-Biomechanics

[26] - WISMANS J., STALNAKER R.L., MALTHA J., Comparison Study of two 3-year old child dummies (part 572 and P3) in a harness type child restraint system, Vith International IRCOBI Conference on Biomechanics of Impacts - França, Setembro 1985.

[27] - TANAKAY., YONEZAWA H., HOSOKAWA N., MATSUI Y., MIZUNO K., YAMAGUACHI M., YOSHIDA R., “Responses of Hybrid III 3YO and Q3 Dummies in Various CRSs Tested using ECE R44 Impact Conditions”, Japan paper Number 09-0242.

VEHICLE CRASHWORTHINESS AND OCCUPANT PROTECTION: Paul Du Bois, Clifford C. Chou, Bahig B. Fileta, Tawfik B. Khalil, Albert I. King, Hikmat F. Mahmood, Harold J. Mertz, Jac Wismans. Editors: Priya Prasad, Jamel E. Belwafa. Sponsored by: Automotive Applications Committee American Iron and Steel Institute Southfield, Michigan.

Criança Segura Brasil - Percepção das Mães em relação à realidade dos acidentes com crianças no Brasil. Divulgado em Outubro de 2008. - <http://www.criancasegura.org.br/images/midia/pesquisadivulgacao%20out%2008.pdf>

SEIFFERT, U.; WECH, L. Automotive Safety Handbook. Warrendale: SAE International, 2003.

EuroNCAP. Disponível em: <<http://www.euroncap.com>>. Acesso em: 15 Março 2009.

LATIN NCAP –Protocolo de teste e classificação. Disponível em: <[http://latinncap.com/en/?pg=ourtests\\_ensayos](http://latinncap.com/en/?pg=ourtests_ensayos)>. Acesso em 20 Dezembro 2011.

## ANEXO A

Tabela Anexo A. 1 – Índices AIS segundo regiões anatômicas (Fraga et al., 2010)..

| Escala AIS       | 1<br>Menor  | 2<br>Moderado  | 3<br>Grave   | 4<br>Severo   | 5<br>Crítico   |
|------------------|---|--|--|---|--|
| Cabeça e pescoço | Cefaleia, vertigem secundário ao trauma craneoencefálico. Estiramento da coluna cervical sem FT ou Desl   | Amnésia desde o acidente. Letargia, estupor, obnubilção. Resposta com estímulo verbal. Incons. menos de 1 hora. FT simples da calota craneana. Cont. da tireoide. FT ou Desl. do processo espinhoso/transverso. Compressão. FT de vértebra por compressão menor ou igual a 20% | Incons. de 1 a 6 horas. Incons. menos de 1 hora com déficit neurológico. FT em base de crâneo, depressão ou cominutiva da calota craneana. Cont. cerebral e hemorragia subaracnoidea. Trombose ou desprendimento da íntima da A. carótida. Cont. da laringe, faringe e medular. FT ou Desl. da lâmina, corpo, pedículo ou faceta do corpo vertebral. FT mais de 1 vértebra ou deslizamento anterior maior ou igual a 20% | Incons. de 1 a 6 horas com déficit neurol. Incons. por 6-24 horas. Resposta apropriada com estímulo doloroso. FT depressão do crâneo, dilacerção menor 2 cm da duramater ou perda de tecido. Hematoma intracraniano menor ou igual a 100 ml. Esmagamento da laringe. Desprendimento da íntima ou trombose da A. carótida com déficit neurol | Incons. com movimentos inapropriados. Incons. mais de 24 horas. Lesão da ponte medular. Hematoma intracraniano maior do que 100 ml. Lesão cervical em C4 ou acima  |
| Face             | Lac. da córnea e da língua. FT do ramo da mandíbula ou nariz. FT, avulsão ou Desl. de dente   | FT órbita, arco zigomático, corpo ou processo subcondilar da mandíbula. FT Lefort I. Lac. da córnea ou esclera   | Lac. do nervo óptico. FT Lefort II   | FT Lefort III   |  |
| Tórax            | FT 1 costela, apófises espinhais. Cont. do gradil costal ou do esterno  | FT de 2 ou 3 costelas, esterno ou de vértebra torácica menor ou igual a 20%. Desl. ou FT com mínima compressão do processo espinhoso ou transverso da vértebra torácica  | Lac. ou Cont. pulmonar menor ou igual a 1 lóbulo. Hemo ou Pntx. unilateral. Ruptura diafragmática. FT de 4 ou mais costelas. Dilacerção, Lac. mínima ou trombose da A. Inominada ou subclávia. Queimadura por inalação. Desl. ou FT da faceta, pedículo, corpo ou lâmina da coluna torácica. FT compressiva mais de 1 vértebra. Esmagamento anterior maior de 20%. Contusão medular com sinais neurol. transitórios      | Cont. ou Lac. multilobular. Hemo ou Pntx. bilateral. Tórax instável. Contusão miocárdica. Pntx. hipertensivo. Hemotórax maior de 1.000 ml. FT traqueia. Lac. importante da A. subclávia e inominada ou dilacerção da íntima. Síndrome medular completa  | Lac. importante da aorta e cardíaca. Ruptura da traqueia ou brônquio. Tórax flácido. Queimadura por inalação que requer suporte ventilatório. Separação da laringe e traqueia. Lac. pulmonar multilobular com Pntx. hipertensivo, hemo ou pneumomediastino ou hemotórax maior 1.000 ml. Lac. ou lesão completa medular |
| Abdome           | Cont. abrasiva ou Lac. superficial do escroto, vagina, vulva ou perineo. Hematúria. Distanciamento das apófises espinhosas lombares   | Lesão de raiz nervosa. Cont. Lac. superficial do ID, estômago, mesentério, uretra ou ureter. Cont. ou Lac. mínima do rim, fígado, baço, pâncreas, duodeno ou cólon. FT ou Desl. de apófise espinhosa ou transversa ou lâmina de vértebra lombar                                | Lac. importante de duodeno, cólon ou reto. Perfuração do ID, mesentério, bexiga, ureter e uretra. Cont. ou Lac. mínima de vasos maiores ou hemoperitônio menor de 1.000 ml. Lac. A. ou V. íliaca. Desl. ou FT da lâmina, corpo, faceta ou pedículo vertebral. Esmagamento anterior de vértebra maior de 20%. Cont. medular com sinais neurol. transitórios   | Perfuração do estômago, duodeno, cólon ou reto. Perfuração ou perda de tecido do estômago, bexiga, ureter ou uretra. Síndrome medular incompleta. Descolamento da placenta  | Lac. importante com perda de tecido do duodeno, cólon ou reto com grande contaminação. Ruptura completa de fígado, baço, rim, pâncreas. Lesão medular completa   |
| Extremidades     | Cont. cotovelo, ombro, punho ou tornozelo. FT ou Desl. de dedos da mão ou pé. Entorse de articulação do cotovelo, dedo, ombro ou punho  | FT úmero, rádio, ulna, fibula, clavícula, escápula, carpo, tarso, metatarsos, ramo púbico ou FT simples da pelve. Luxação da articulação do cotovelo, ombro ou mão. Lac. ou dilacerção mínima da íntima da A. poplítea, axilar, braquial, V. axilar ou femoral                 | FT cominutiva da pelve. FT fêmur, luxação joelho, quadril, punho ou tornozelo. Amputação ou esmagamento do joelho. Ruptura de ligamentos do joelho. Lac. do nervo ciático. Lac. ou dilacerção mínima A. femoral. Trombose A. poplítea, axilar ou V. poplítea, axilar ou femoral  | FT pélvica por esmagamento. Amputação traumática acima do joelho. Lac. da A. braquial ou femoral  | FT pélvica aberta por esmagamento  |
| Extemo           | Cont. abrasiva menor ou igual a 25 cm no rosto, mão e maior de 25 cm em todo corpo. Lac. menor ou igual a 5 cm no rosto, mão, e menor de 10 cm em todo o corpo. Queimadura de 1° ou 10%. Queimadura menor de 10% ou de 2° ou 3° graus | Abrasão ou cont maior de 25 cm no rosto ou mão, ou mais de 50% do corpo todo. Lac. rosto ou mão, menor de 10 cm em todo corpo. Queimaduras 2° ou 3° graus, de 10 a 19% do corpo  | Queimadura 2° ou 3° graus de 20 a 29% da superfície corporal total   | Queimadura 2° ou 3° graus de 30 a 39% da superfície corporal total  | Queimadura 2° ou 3° graus, de 40 a 89% da superfície corporal total  |

FT: fratura; Lac.: laceração; A.: artéria; V.: veia; N.: nervo; ID: intestino delgado; Cont.: contusão; Desl.: deslocamento; Incons.: inconsciência; Pntx.: pneumotórax; neurol.: neurológico.

# APÊNDICE A – PULSO DOS TESTES DINÂMICOS PRIMEIRO BLOCO

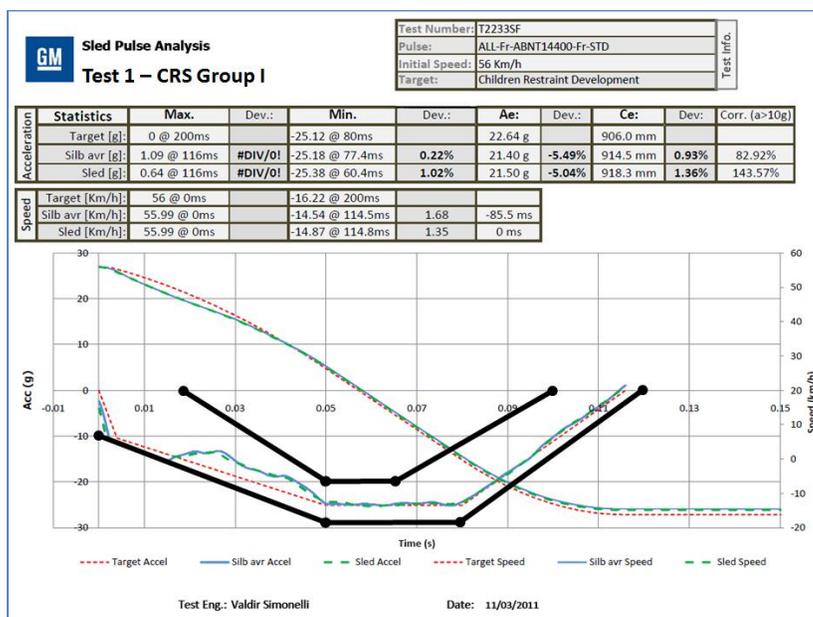


Figura A. 1 – Pulso de desaceleração do teste 1.

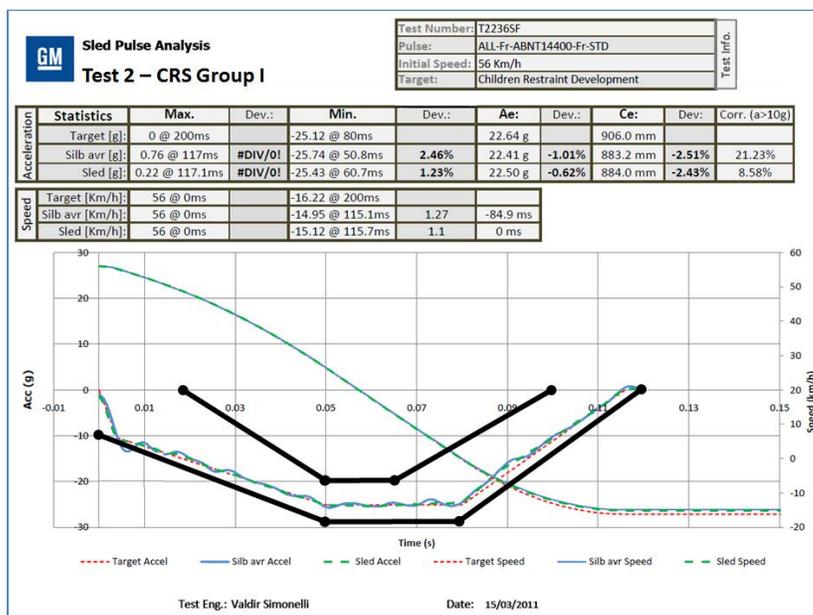


Figura A. 2 – Pulso de desaceleração do teste 2.

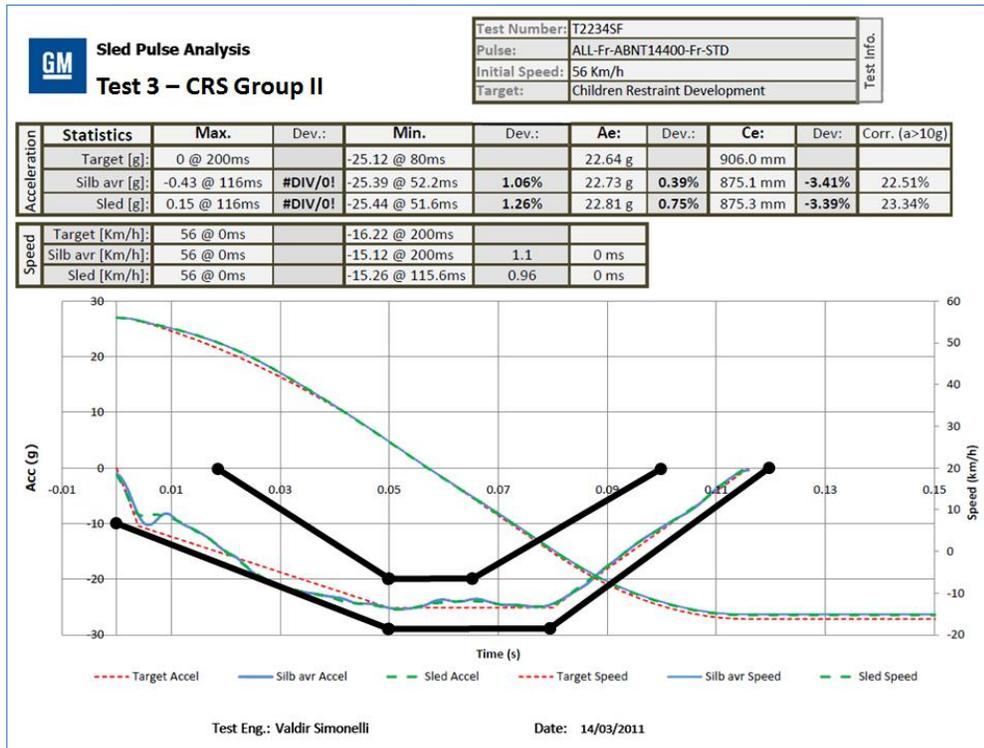


Figura A. 3 – Pulso de desaceleração do teste 3.

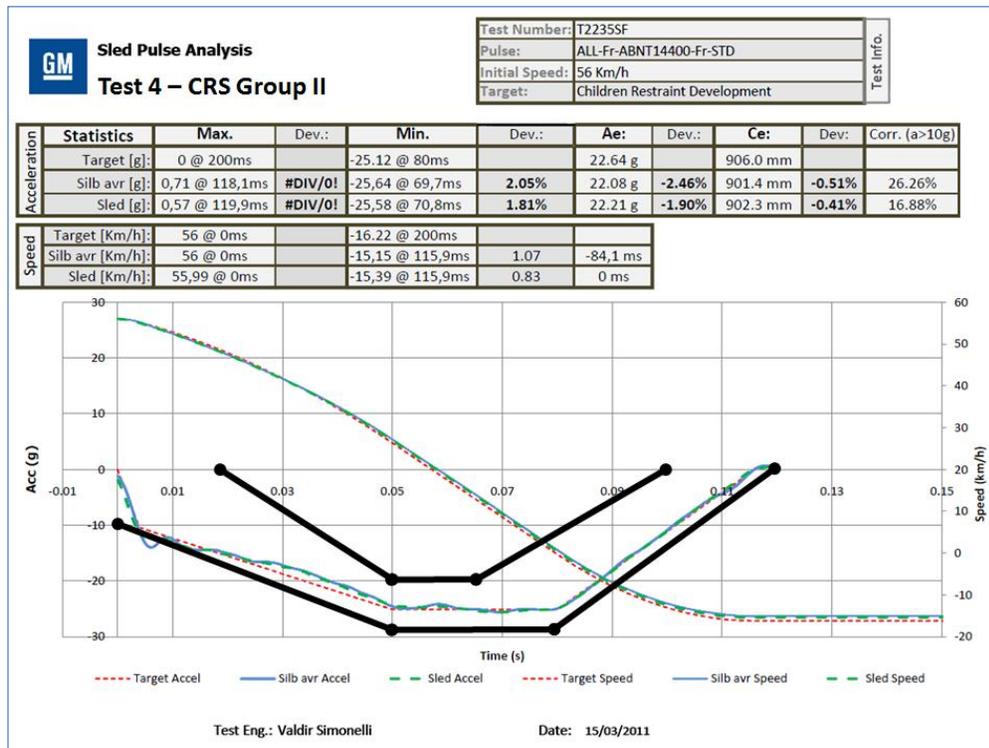


Figura A. 4 – Pulso de desaceleração do teste 4.

## **APÊNDICE B – POSICIONAMENTO DOS MANEQUINS, PRÉ-TESTE (PRIMEIRO BLOCO)**

Tabela B.1 – Posicionamento dos manequins Híbrido III 3YO em posição pré-teste.

|    |  | Unid. | Meio           | Grupo I |         | Grupo II |         |
|----|--|-------|----------------|---------|---------|----------|---------|
|    |  |       |                | Teste 1 | Teste 2 | Teste 3  | Teste 4 |
| 1  | Manequim centralizador ao CRS            | -     | Trena / visual | OK      | OK      | OK       | OK      |
| 2  | Braços paralelos ao torso                | -     | Visual         | OK      | OK      | OK       | OK      |
| 3  | Palma das mão alinhada a lateral da coxa | -     | Visual         | OK      | OK      | OK       | OK      |
| 4  | Cabeça ao teto                           | mm    | Trena          | 260     | 260     | 262      | 271     |
| 5  | Junção do Joelho ao teto                 | mm    | Trena          | 600     | 604     | 618      | 616     |
| 6  | Ângulo da cabeça                         | °     | Goniômetro     | 26.5    | 25      | 18       | 17.5    |
| 7  | Ângulo da coxa LE                        | °     | Goniômetro     | 28.8    | 27      | 26.3     | 25.8    |
| 8  | Ângulo da coxa LD                        | °     | Goniômetro     | 28.4    | 26      | 26.7     | 26      |
| 9  | Ângulo da tíbia LE                       | °     | Goniômetro     | 25.9    | 25      | 25.3     | 26      |
| 10 | Ângulo da tíbia LD                       | °     | Goniômetro     | 25,4    | 24,9    | 25.4     | 25.9    |
| 11 | Joelhos entre centros                    | mm    | Trena          | 91      | 95      | 125      | 121     |
| 12 | Paralelismo entre Joelhos                | °     | Goniômetro     | 0       | 0       | 0.2      | 0.2     |

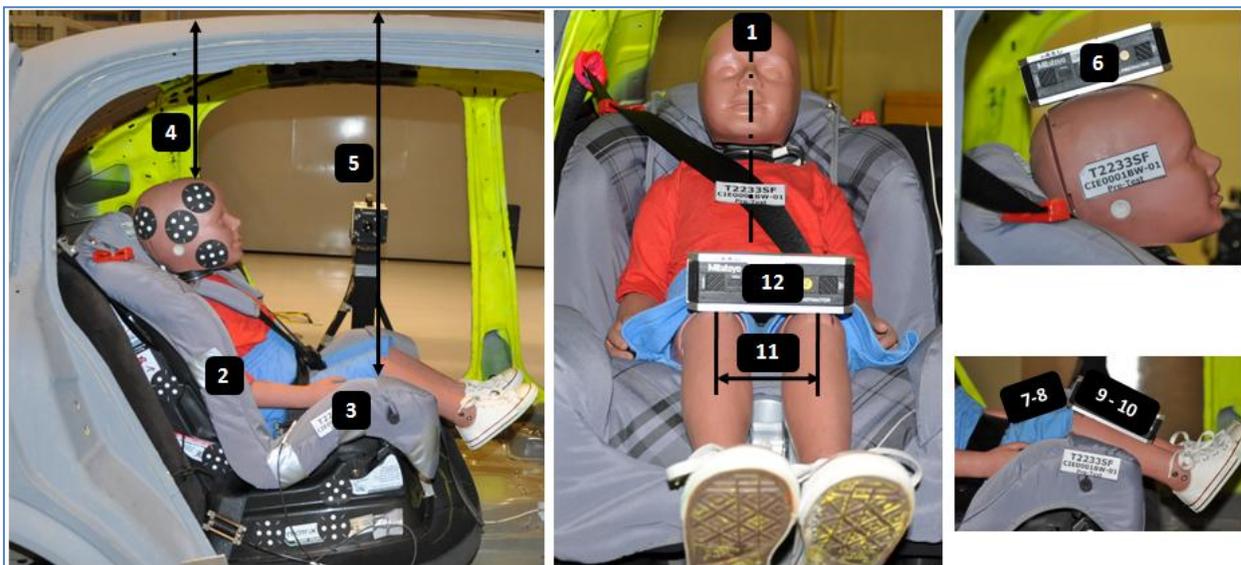


Figura B. 1 – Posicionamento dos manequins Híbrido III 3YO em posição pré-teste.

## APÊNDICE C – LESÕES DOS MANEQUINS

| Assessment Criteria |                      |       |      | Group I - 5 Points CRS harness |          |         |                  |          |         | Group II - 3 Points Safety Belt |          |         |                  |          |         |
|---------------------|----------------------|-------|------|--------------------------------|----------|---------|------------------|----------|---------|---------------------------------|----------|---------|------------------|----------|---------|
|                     |                      |       |      | TEST 1 (T22334F)               |          |         | TEST 2 (T2235SF) |          |         | TEST 3 (T2233SF)                |          |         | TEST 4 (T2236SF) |          |         |
| Dim                 |                      |       |      | T1 (ms)                        | T2 (ms)  | Loads   | T1 (ms)          | T2 (ms)  | Loads   | T1 (ms)                         | T2 (ms)  | Loads   | T1 (ms)          | T2 (ms)  | Loads   |
| <b>Head</b>         | HIC 15 ms            |       | -    | 79.2                           | 94.2     | 730     | 78.9             | 93.9     | 745     | 70.5                            | 85.5     | 537     | 73.8             | 88.8     | 572     |
|                     | Max. Acceleration    | 3ms   | g    | 204.4                          | 207      | 79.8    | 86.4             | 89.4     | 77.7    | 78.9                            | 81.9     | 70.5    | 82.8             | 85.8     | 74.6    |
|                     |                      | Peak  |      |                                | 206.1    | -       | 86.1             | 88.4     | -       | 80.1                            | 80       | -       | 72               | 83.6     | -       |
| <b>Upper Neck</b>   | Bending Lat          | [-Mx] | Nm   | 244.5                          |          | -3.1    | 299              |          | -6.3    | 107.3                           |          | -11.3   | 232.9            |          | -6.1    |
|                     | Bending Flex         | [+My] |      | 105.6                          |          | 12.9    | 102              |          | 11.7    | 75.4                            |          | 23.2    | 79.2             |          | 28.5    |
|                     | Bending Ext          | [-My] |      | 70.3                           |          | -19.5   | 202.4            |          | -21.6   | 50.6                            |          | -14.1   | 59.2             |          | -20     |
|                     | Twist                | [+Mz] |      | 138                            |          | 4.1     | 282.5            |          | 4.9     | 75.9                            |          | 5.6     | 79.9             |          | 13.7    |
|                     |                      | [-Mz] |      | 233.8                          |          | -6.3    | 224.2            |          | -5      | 87.7                            |          | -7.7    | 90.6             |          | -11.6   |
|                     | Axial Tension        | [+Fz] | N    | 87.8                           |          | 1957.3  | 90.5             |          | 1966.9  | 80.5                            |          | 2499.2  | 84.6             |          | 2696.3  |
|                     | Axial Compres.       | [-Fz] |      | 58.2                           |          | -189.1  | 51               |          | -146.5  | 38.6                            |          | -87.8   | 44               |          | -35.1   |
|                     | Shear                | [-Fx] |      | 26.3                           | Duration | 475.2   | 25.2             | Duration | 519.7   | 25.7                            | Duration | 675.9   | 25.1             | Duration | 690.2   |
|                     | Nij                  | [CE]  |      | 59                             |          | 0.34    | 57.2             |          | 0.19    | 42                              |          | 0.26    | 46               |          | 0.25    |
|                     |                      | [CF]  |      | 21                             |          | 0.01    | 10               |          | 0       | 5.1                             |          | 0       | 11.4             |          | 0       |
| [TE]                |                      |       | 74.4 |                                | 1.18     | 71.7    |                  | 1.14     | 85.3    |                                 | 0.91     | 61      |                  | 1.07     |         |
| [TF]                |                      |       | 88.2 |                                | 0.86     | 90.6    |                  | 0.87     | 78.2    |                                 | 1.24     | 81.9    |                  | 1.38     |         |
| <b>Lower Neck</b>   | Bending Flex.        | [+My] | Nm   | 0.10615                        |          | 100.09  | 0.10715          |          | 108.33  | 0.0744                          |          | 149.18  | 0.07855          |          | 151.38  |
|                     | Bending Ext.         | [-My] |      | 0.2041                         |          | -17.53  | 0.19435          |          | -13.5   | 0.2511                          |          | -11.08  | 0.2419           |          | -14.63  |
|                     | Axial Tension        | [+Fz] | N    | 0                              | Duration | 1453.6  | 44.2             | Duration | 438.7   | 51                              | Duration | 245.5   | 0                | Duration | 920.4   |
|                     | Shear                | [Fx]  |      | 28.3                           | Duration | -1275.8 | 28.6             | Duration | -1342.1 | 14.8                            | Duration | -1139.5 | 15.1             | Duration | -1111.5 |
| <b>Chest</b>        | *Accel. (Residual)   | 3ms   | g    | 60.4                           | 63.4     | 54      | 61.4             | 64.4     | 49.3    | 54                              | 57.0     | 40      | 51               | 54.2     | 42.6    |
|                     | *Accel. (Vert. - Z)  | 3ms   | g    | 60.5                           | 63.5     | 31.5    | 60.3             | 63.3     | 24.01   | 64.5                            | 67.5     | 22      | 64.8             | 67.8     | 20.7    |
|                     | Compression          |       | mm   | 106.7                          |          | 26.7    | 111.4            |          | 24.4    | 82.2                            |          | 37.2    | 142.6            |          | 39      |
|                     | Compression rate     |       | m/s  | 60.6                           |          | -1.81   | 61.4             |          | -1.29   | 37.4                            |          | -1.81   | 48.8             |          | -3.2    |
|                     | VxC                  |       |      | -                              |          | 0.1813  | -                |          | 0.1477  | -                               |          | 0.3062  | -                |          | 0.5268  |
| <b>Lumbar Spine</b> | Bending Flex.        | [+My] | Nm   | 111.6                          |          | 31.56   | 111.2            |          | 22.4    | 87.1                            |          | 12.83   | 94.4             |          | 8.28    |
|                     | Axial Tension Compr. | [+Fz] |      | 38.4                           | Duration | 282.8   | 37.2             | Duration | 209.8   | 36.9                            | Duration | 272.3   | 37.1             | Duration | 286.6   |
|                     |                      | [-Fz] |      | 7.7                            | Duration | 2391.3  | 18.8             | Duration | 1630.7  | 7                               | Duration | 718.4   | 3.2              | Duration | 538.4   |
|                     | Shear                | [+Fx] |      | 15.2                           | Duration | 864     | 15.2             | Duration | 750.5   | 15.1                            | Duration | 1246.3  | 15.1             | Duration | 944.2   |
| [-Fx]               |                      |       | 14.2 | Duration                       | 186.8    | 4.1     | Duration         | 208.7    | 14.9    | Duration                        | 150.7    | 14.9    | Duration         | 179.8    |         |
| <b>Pelvis</b>       | Accel.               | 3ms   | g    | 59.2                           | 62.2     | 65      | 60.1             | 63.1     | 55.4    | 61.4                            |          | 41.9    | 69.6             | 72.6     | 47.5    |
| <b>Pubic</b>        | Force                | Fx    | N    | 74.1                           |          | -1440.3 | 73.4             |          | -1057   | 206.4                           |          | -220.5  | 72.4             |          | -184.1  |
|                     |                      | Fz    |      | 65.3                           |          | -1122.8 | 65.5             |          | -759.7  | 70.9                            |          | 146.6   | 82.6             |          | 209.5   |

\* - Limite da aceleração residual (3ms) conforme ABNT NBR 14400:2009 paragrafo 5.1.4.2 = 55g

\*\* - Limite da aceleração vertical (3ms) conforme ABNT NBR 14400:2009 paragrafo 5.1.4.2 = 30g

Figura C.1 – Resposta Biomecanica do Manequim durante testes do primeiro Bloco

