

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

Comportamento dos Cintos de Segurança Infantis em Impactos Veiculares

Autor: **Marcus Romaro**

Orientador: **Prof. Dr. A. Celso F. de Arruda**

10/2005

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS E PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO**

Comportamento dos Cintos de Segurança Infantis em Impactos Veiculares

Autor: **Marcus Romaro**

Orientador: **Prof. Dr. Antônio Celso Fonseca de Arruda**

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2005
S.P . – Brasil

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

R662c Romaro, Marcus
Comportamento dos cintos de segurança infantis em
impactos veiculares / Marcus Romaro. --Campinas, SP:
[s.n.], 2005.

Orientador: Antônio Celso Fonseca de Arruda
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Automóveis – Cintos de segurança. 2. Segurança
de transito e crianças. 3. Crianças. I. Arruda, Antonio
Celso Fonseca de. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III.
Título.

Titulo em Inglês: Child Seat Belt behavior at Vehicle Impacts

Palavras-chave em Inglês: Automobile - Safety Belts, Traffic safety and children,
Children

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Paulo Roberto Gardel Kurka e William Dias Belangero

Data da defesa: 04/10/2005

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS E PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Comportamento dos Cintos de Segurança
Infantis em Impactos Veiculares**

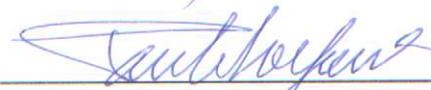
Autor: **Marcus Romaro**

Orientador: **Prof. Dr. Antônio Celso Fonseca de Arruda**

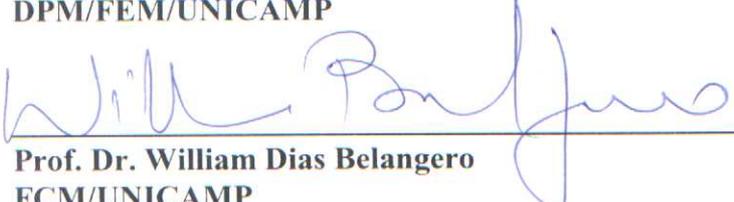
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



**Prof. Dr. Antônio Celso Fonseca de Arruda, Presidente
DEP/FEM/UNICAMP**



**Prof. Dr. Paulo Roberto Gardel Kurka
DPM/FEM/UNICAMP**



**Prof. Dr. William Dias Belangero
FCM/UNICAMP**

Campinas, 04 de outubro de 2005

Dedicatória:

Dedico este trabalho à minha esposa e filhos, os quais me forneceram um novo ponto de vista e um novo objetivo na vida.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser realizado sem a ajuda de algumas pessoas, às quais presto minha homenagem:

À minha esposa, pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, que me mostrou os caminhos a serem seguidos.

À General Motors do Brasil, em especial ao sr. José Celso Mazarin, que me apoiou e viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, ajudaram na conclusão deste trabalho.

*O destino conspira a
nosso favor...!*

Resumo

ROMARO, Marcus, *Comportamento dos Cintos de Segurança Infantis em Impactos Veiculares*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 51 p. Dissertação (Mestrado)

Numa reportagem exibida num jornal televisivo em horário nobre há alguns anos atrás, foram apresentados os cintos de segurança infantis como a ‘grande solução’ para o transporte de crianças em automóveis em substituição às cadeiras de criança, para aqueles pais que alegam não conseguirem com que seus filhos fiquem nelas sentados durante a rodagem do veículo.

Além do baixo custo, de suas dimensões reduzidas e da maior facilidade na instalação em relação às cadeirinhas, o grande apelo deste dispositivo é o de que possibilita uma grande liberdade de movimento às crianças, permitindo que se ajoelhem e até mesmo deitem no veículo.

Devido à possibilidade de falha deste equipamento, uma vez que o mesmo fere o conceito de ‘retenção’ pelo qual foram desenvolvidos os cintos de segurança e as próprias cadeirinhas, foi necessário verificar a eficácia deste tipo de dispositivo em condições de impacto veicular.

Tomando-se como base a norma brasileira NBR 14400¹ da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), foram realizados testes dinâmicos de impacto frontal com alguns tipos de cintos de segurança infantis, cujas rupturas observadas nos testes comprovaram que estes dispositivos não garantem a necessária proteção à criança em caso de acidentes de trânsito reais.

Palavras Chave

- Automóveis, Cintos de Segurança, Segurança de Trânsito, Crianças

Abstract

ROMARO, Marcus, *Child Seat Belt behavior at Vehicle Impacts*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 51 p. Dissertação (Mestrado)

Watching a TV News in some years ago, it was shown the child seat belt as the ‘great solution’ for that parents who don’t get their children remained seated on the child seat during driving the vehicle.

That device allow a free movement for the children (is it possible to kneel and/or lie on the rear seat), it’s a little bit cheap and with smaler dimensions as weel, when compared with the child seat.

As this child seat belt didn’t improve a necessary ‘retention’, concept which was developed the seat belts and the child restraint system as whell, it was necessary check the efficient of these child seat belts at vehicle impact conditions.

In this way, some child seat belts were tested as according to NBR 14400 standard (‘Road Vehicles – Child Restraint System – Safety Requirements’), which rupture observed at the frontal impact tests showed that kind of device does not give the necessary protection for the children at the real traffic accidents.

Key Words

Automobile, Safety Belts, Traffic Safety, Children

Índice

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	x
1 Introdução	1
2 Revisão da Literatura	5
3 Materiais e Métodos	16
4 Resultados Experimentais	23
5 Discussão dos Resultados	45
6 Conclusões	49
7 Sugestões para Futuros Trabalhos	53
Referências Bibliográficas	54

Lista de Figuras

1	Mudanças nas proporções corporais do 2º mês fetal à idade adulta	9
2	Curvas de desaceleração conforme as Normas ECE R44 e FMVSS 213 (anterior e atual)	14
3	Curva de desaceleração conforme a Norma NBR 14400	16
4	Gabarito de referência para o deslocamento horizontal da cabeça do ‘dummy’ (em dispositivos de retenção de crianças voltados para a frente do veículo), de acordo com a Norma NBR 14400	17
5	Dispositivo de simulação de impacto veicular (‘sled’)	19
6	Relação geral dos Transdutores utilizados e Grandezas Físicas medidas nos ‘dummies’ HIII (‘Hybrid III’), pelos quais são obtidos os níveis de lesão	20
7 e 8	‘Dummies’ de 6 anos (6Y), 3 anos (3Y) e 18 meses (18M)	20
9	Exemplo de deslocamento dinâmico da cabeça do ‘dummy’ medido durante o impacto	21
10 a 12	Cinto de Segurança Infantil da Marca ‘1’	23
13 a 15	Montagem do Cinto de Segurança Infantil da Marca ‘1’	24
16 a 20	Cinto de Segurança Infantil da Marca ‘2’	24

21	Teste I: Curva de desaceleração obtida no teste x Norma NBR 14400	25
22	Teste I: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do ‘dummy’	26
23	Teste I: Curvas de aceleração (triaxial) medidas no tórax do ‘dummy’	27
24	Teste I: Forças medidas no catarço traseiro do cinto infantil	27
25 a 30	Teste I: Ruptura do fecho e do catarço do cinto infantil durante o ensaio	28
31	Teste I: ‘Dummy’ não foi arremessado totalmente para fora da carroceria do veículo devido à utilização de cintos de proteção entre os bancos dianteiros	29
32 e 33	Teste I: Catarço e fecho do cinto de segurança infantil rompidos	29
34	Teste II: Curva Aceleração x Velocidade x Deformação Dinâmica	30
35	Teste II: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do ‘dummy’	31
36	Teste II: Curvas de aceleração (triaxial) medidas no tórax do ‘dummy’	32
37	Teste II: Forças medidas no catarço traseiro do cinto infantil	32
38 a 43	Teste II: Ruptura do fecho e do catarço do cinto de segurança infantil, acarretando na grande movimentação do ‘dummy’ para a frente durante o teste, com forte impacto das pernas/pés e cabeça/rosto contra a região traseira do encosto do banco dianteiro	33
44	Teste III: Curva Aceleração x Velocidade x Deformação Dinâmica	34
45	Teste III: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do ‘dummy’ (tempo total: ‘ação-e-reação’)	35
46	Teste III: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do ‘dummy’ (‘ação’)	36
47	Teste III: Curvas de aceleração (triaxial) medidas no tórax do ‘dummy’	36
48	Teste III: Forças medidas no catarço traseiro do cinto infantil	37
49 a 52	Teste III: Movimentação do ‘dummy’ para a frente (‘ação’) e posterior ‘ricochete’ para trás (‘reação’) durante o teste, colidindo com a cabeça na coluna ‘C’ do veículo	38

53 e 54	Teste III: Cadastrar e fecho do cinto de segurança infantil rompidos	38
55	Teste IV: Curva Aceleração x Velocidade x Deformação Dinâmica	39
56	Teste IV: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do 'dummy'	40
57	Teste IV: Curvas de aceleração (triaxial) medidas no tórax do 'dummy'	41
58	Teste IV: Curva de deformação longitudinal do tórax do 'dummy'	41
59	Teste IV: Curvas de força (triaxial) medidas no pescoço do 'dummy'	42
60	Teste IV: Curvas de momento (triaxial) medidas no pescoço do 'dummy'	42
61	Teste IV: Forças medidas no cinto traseiro do cinto infantil	43
62 e 63	Teste IV: Impacto dos joelhos e cabeça do 'dummy' na parte traseira do encosto do banco dianteiro	43
64 e 65	Teste IV: Movimentação do 'dummy' para a frente e 'ricochete' para trás	44
66 a 70	Teste IV: Posição final do 'dummy' após o teste	44
71 a 74	Posicionamento das tiras e fecho dos cintos de segurança infantis por sobre o abdômen e por baixo dos braços do 'dummy'	52

.....

Lista de Tabelas

1	Crianças abaixo de 5 anos mortas em acidentes de trânsito, divididas por grupo e tipo de sistema de retenção utilizado	7
2	Grupos de dispositivos de retenção para crianças, segundo a Norma NBR 14400	10
3	Normas e/ou Legislações sobre o transporte de crianças em veículos automotores, divididas por países	12
4	Comparativo dos requisitos entre as Normas FMVSS 213, ECE R44 e NBR 14400	13
5	Condições para o ensaio dinâmico conforme a Norma NBR 14400	18
6	Cálculo do HIC (não requerido na Norma NBR 14400)	21
7	Teste I: Índices de lesão e deslocamento do ‘dummy’	26
8	Teste II: Índices de lesão do ‘dummy’	31
9	Teste III: Índices de lesão do ‘dummy’	35
10	Teste IV: Índices de lesão do ‘dummy’	40
11	Resultados comparativos dos testes	47

.....

Capítulo 1

Introdução

Numa reportagem exibida há alguns anos atrás por um jornal televisivo em horário nobre, foram apresentados os cintos de segurança infantis como a ‘grande solução’ para o transporte de crianças em automóveis em substituição às cadeiras de criança, para aqueles pais que alegam não conseguirem com que seus filhos fiquem nelas sentados durante a rodagem do veículo.

O grande apelo deste tipo de dispositivo, além do baixo custo, das suas dimensões reduzidas e da maior facilidade na instalação (quando comparados às cadeirinhas), é o de que permite uma grande liberdade de movimento às crianças, com a possibilidade de se ajoelharem ou mesmo deitarem no banco traseiro.

Percebendo a possibilidade de falha deste equipamento, uma vez que o mesmo fere o conceito de ‘retenção’, princípio no qual foram desenvolvidos os cintos de segurança, ‘air bags’ e as próprias cadeiras de criança, tornou-se necessário verificar a eficácia deste tipo de dispositivo em condições de impacto veicular.

Para isto, tomou-se como base a norma brasileira NBR 14400 ¹ da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), que estabelece os requisitos de segurança para ‘Projeto, Construção e Instalação de Dispositivos de Retenção de Crianças em Veículos Rodoviários com Três ou Mais Rodas’, e sobre a qual foram realizados testes dinâmicos de impacto frontal com alguns tipos de cintos de segurança infantis, cujos resultados serão apresentados e comentados neste trabalho.

1.1 Dinâmica do Impacto

Numa colisão veicular, ocorrem simultaneamente 3 diferentes tipos de impacto ³²:

1. Veículo contra o obstáculo propriamente dito (outro veículo, poste, muro, árvore, etc)
2. Ocupantes contra as partes internas do veículo, conhecida como ‘2ª colisão’ (cabeça/tórax x volante/painel de instrumentos, por exemplo)
3. Órgãos internos dos ocupantes contra sua estrutura óssea (cérebro x caixa craniana, coração/pulmão x caixa torácica, etc)

Neste sentido, o sistema geral de proteção aos ocupantes de um automóvel em caso de acidente de trânsito é composto por ¹²:

1. Carroceria, cuja deformação estrutural absorve a energia do impacto inicial, reduzindo sobre maneira o que será sofrido pelos ocupantes do veículo
2. Dispositivo de retenção (cinto de segurança, principalmente) o qual, através da elasticidade do cadorço, absorve mais uma parte da energia da colisão que eventualmente não pôde ser absorvida pela deformação da carroceria, distribuindo o restante pelas partes mais fortes do corpo humano (clavícula e pélvis)
3. Estrutura do corpo humano, cujas características físicas e anatômicas próprias deve suportar a energia remanescente, a níveis que não gerem lesões graves e/ou fatais aos órgãos internos

1.2 Cinto de Segurança

Acidentes de trânsito fazem parte do noticiário jornalístico de metrópoles como Londres e Nova York desde o século 19. Encarados a princípio como ‘fatalidades’, foram ganhando maior atenção com o aumento do tráfego. Até a Primeira Guerra Mundial, as medidas de segurança concentravam-se apenas nos sistemas de direção, frenagem e iluminação e controle do tráfego ¹¹.

Nos anos 30, vários médicos nos EUA equiparam seus veículos com cintos de segurança abdominais, numa campanha para que fossem introduzidos em todos os veículos novos.

Pioneiramente ao setor automobilístico, cintos de segurança já eram utilizados na aviação civil, setor este cujas vítimas de acidentes também sofrem lesões graves ou fatais em função de impactos.

Os primeiros estudos experimentais da biomecânica das lesões na cabeça em impactos foram efetuados pela Wayne State University em 1939.

Em 1942, a Faculdade de Medicina de Cornell inaugurou uma pesquisa de lesões decorrentes de colisões, a partir de um projeto conjunto da Junta de Aviação Civil (Cab Civil Aviation Board) com o Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) dos EUA.

A determinação das causas das patologias observadas nestes acidentes foram a base de muitos dos futuros regulamentos federais de segurança automotiva dos EUA (FMVSS: Federal Motor Vehicle Safety Standard).

Em 1949, a Nash lançou bancos com cintos de segurança, retirando-os porém logo em seguida devido à sua baixa utilização.

Na década de 1950, John Paul Stapp, da Força Aérea Americana, desenvolveu estudos pioneiros em um trenó a foguete por ele tripulado, demonstrando a viabilidade da sobrevivência humana a altas desacelerações de até 40g (40 vezes a aceleração da gravidade), desde que o corpo estivesse devidamente retido no assento.

A campanha pela adoção de cintos de segurança ganhou força em 1954, com manifestações do Diretório da Associação Médica Americana (American Medical Association House of Delegates) e, em 1955, do Conselho Nacional de Segurança (National Safety Council), do Colegiado Americano de Cirurgiões (American College of Surgeons) e da Associação Internacional dos Delegados de Polícia (International Association of Chiefs of Police).

Em 1962, o estado de Nova York introduziu requisitos voltados à garantia da eficiência da fixação dos cintos de segurança (ancoragem), com a obrigatoriedade da instalação de cintos de segurança transformados em lei nos EUA, na Grã-Bretanha e na Austrália a partir de 1967.

Esta exigência de instalação espalhou-se rapidamente para outros países, mas foi o estado de Victoria na Austrália que primeiro tornou obrigatório o uso dos cintos de segurança para ocupantes de veículos já a partir de 1970.

Benefícios do uso do cinto de segurança ²⁷:

1. Mantém os ocupantes no lugar com a parada brusca do veículo
2. Evita que as pessoas sejam lançadas para fora do veículo quando de uma colisão
3. Absorve parte da energia remanescente do impacto e distribui a restante pelos pontos mais fortes do corpo dos ocupantes (clavícula e pélvis, respectivamente para os cadarços diagonal e abdominal)
4. Minimiza a chamada '2ª colisão', ou seja, que os ocupantes se choquem contra o interior do veículo e/ou entre si
5. Diminui a possibilidade de perda da consciência em um acidente, o que poderia inviabilizar a rápida saída dos ocupantes do veículo
6. Garante uma posição correta e estável de dirigir, sem a necessidade de se segurar em curvas acentuadas, solavancos e/ou paradas bruscas, diminuindo a fadiga e as chances do envolvimento em um acidente

Capítulo 2

Revisão da Literatura

2.1 Transporte de Crianças: Histórico

A primeira iniciativa de uma cadeira de criança num automóvel data de 1898⁷. Este primeiro dispositivo se tratava de apenas de um tipo de ‘saco’ com uma corda para fixá-lo no veículo. Seu objetivo era apenas procurar evitar que a criança se levantasse e/ou caísse durante a rodagem do veículo.

Apenas a partir de 1930, foi que os projetistas de veículos iniciaram os trabalhos para o desenvolvimento de sistemas de retenção para bebês e/ou crianças. Entretanto, seu objetivo era exatamente o mesmo de seu predecessor, ou seja, a intenção apenas de manter as crianças sentadas durante a rodagem do veículo e não como um dispositivo de proteção em caso de acidente de trânsito.

Nessa mesma época, as discussões sobre a importância dos cintos de segurança, bem como outros sistemas de proteção, estavam começando a se tornar cada vez mais pertinentes. Ou seja, enquanto a proteção dos adultos eram o ‘tópico do dia’, as crianças continuavam a sofrer as terríveis consequências das colisões veiculares por não existir uma proteção adequada a elas.

E elas tiveram que esperar mais 30 anos antes que alguma atitude séria fosse tomada a respeito. Finalmente, em 1960 os engenheiros suecos começaram a atacar os problemas da segurança das crianças em automóveis, ao desenvolverem um assento de crianças voltado para trás visando prevenir que bebês sofressem lesões em acidentes de trânsito.

Em meados dos anos 60, contudo, os assentos de criança foram infelizmente retirados do mercado devido à sua baixa utilização, pois apenas uma estreita minoria de pais conscientes da segurança compraram estes dispositivos. A justificativa para isto era de que as pessoas não tinham conhecimento suficiente sobre o assunto e os caracterizavam como um ‘custo desnecessário’.

Nos anos 70, finalmente, devido à até então falta de habilidade no convencimento da população em geral sobre a importância de um dispositivo que garantisse a proteção da criança em colisões veiculares, teve início nos EUA uma massiva campanha de educação e conscientização sobre os riscos das crianças usarem apenas os cintos de segurança abdominais e da necessidade de sistemas de proteção adequadas a elas.

Contando com membros da comunidade médica, grupos de classe, fabricantes de cadeiras de criança, companhias de seguro, entre outros, também conseguiram convencer vários níveis governamentais e assim alguns estados americanos introduziram leis exigindo o uso de cadeiras de criança em veículos.

Em 1984, aproximadamente metade da população de crianças de 0 a 4 anos de idade já estava utilizando algum tipo de cadeira de criança, cujo uso vem crescendo até os dias de hoje.

2.2 Transporte de Crianças: Estatísticas

De acordo com dados do Ministério da Saúde, o trânsito é a maior causa de morte de crianças com idades entre 1 e 14 anos no Brasil. Somente no ano 2000, mais de 1,2 mil crianças morreram como passageiros em colisões de trânsito e outras 1.150 em atropelamento ¹⁵.

O estudo de Agran et al. ²⁴, sobre hospitalização e morte por lesões na faixa etária de 0 a 19 anos, mostrou que a maior taxa foi relacionada aos acidentes de trânsito. A segurança no trânsito é um problema de saúde pública e envolve também vários outros setores, sendo que todos precisam estar comprometidos firmemente com a prevenção.

Existem poucos estudos brasileiros prospectivos sobre a internação de crianças e adolescentes por lesões de trânsito. A visão atual, no que se refere às lesões físicas, é que tanto as intencionais quanto as não-intencionais são consideradas passíveis de prevenção.

Em um estudo realizado nos EUA pela NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) ⁹, houve 9151 acidentes de trânsito em 1996, dentre os quais um total de 653 crianças com idade abaixo de 5 anos vieram a falecer:

SIST. RETENÇÃO	≤ 1 ANO	1 A 5 ANOS	TOTAL
Nenhum	85	253	338
Cadeira de Criança	86	137	223
Cinto de Segurança do Veículo (adulto)	6	86	92
TOTAL	177	476	653

Tabela 1. Crianças abaixo de 5 anos mortas em acidentes de trânsito, divididas por grupo e tipo de sistema de retenção utilizado

Entretanto, este estudo destacou também, que:

- O uso de cadeiras de criança reduz o risco de mortes em 69% para bebês e em 47% para crianças em seus primeiros anos de vida
- Em 1996, a vida de 365 crianças menores de 5 anos foram salvas diretamente pelo uso de algum sistema de retenção e estima-se que, caso 100% das crianças tivessem usado uma cadeira de criança, 560 vidas poderiam ter sido salvas

Análises de acidentes de trânsito na Alemanha têm demonstrado que, enquanto 51,4% das crianças que não usavam qualquer tipo de proteção tiveram índices de lesão mais altos e com maior frequência, apenas 17,3% daquelas que usavam algum tipo de proteção tiveram lesões de severidade média a fatal ³⁷.

Estimativas recentes ainda indicam, que crianças usando somente o cinto de segurança do próprio veículo (o qual foi projetado para adultos), têm 53% menos chance de sofrer lesões graves e/ou fatais em acidentes de trânsito e, destas, 60% menos chance caso estejam corretamente instaladas numa cadeira de criança apropriada, em relação à falta do uso de qualquer tipo de proteção.

Ainda segundo a NHTSA, o risco de morte em impactos veiculares diminui em até 71% para crianças de 1 ano de idade que estiverem utilizando uma cadeira de criança corretamente instalada no veículo. Entretanto, cerca de 80% das cadeirinhas não são instaladas e/ou utilizadas corretamente.

Numa avaliação realizada em 1999 com 17.500 crianças usando cadeiras de crianças nos automóveis, verificou-se que apenas 15% delas estavam corretamente instaladas ¹⁴.

Ao passo que, no Brasil, em uma pesquisa realizada pela ONG Criança Segura em 2000, foi verificado que em apenas 5% dos veículos analisados as crianças eram transportadas em cadeiras de criança e, destas, aproximadamente 90% apresentavam algum tipo de problema em sua instalação ⁸.

Ainda nesse mesmo ano, a faixa etária abaixo de 14 anos representava 30% da população nacional, ou seja, mais de 50 milhões de crianças segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

2.3 Transporte de Crianças: Cadeiras de Crianças

Muito mais frágeis que os adultos, as crianças precisam de um cuidado todo especial ao serem transportadas em veículos automotores ³⁰.

Uma criança não é um adulto pequeno, ou seja, a resistência de sua estrutura óssea e órgãos internos é significativamente menor do que num adulto, independentemente do tamanho da criança, uma vez que o importante neste caso é o completo desenvolvimento (ou 'amadurecimento') do corpo humano como um todo, que só se processa com o avanço da idade.

Por isso, as próprias cargas dos cadarços dos cintos de segurança do veículo geradas em situações de colisão, na maioria das vezes compatíveis com a resistência de um adulto jovem, podem vir a ser demasiadas para serem suportadas pela estrutura óssea de uma criança.

Acrescenta-se ainda, o agravante de que o pescoço ainda em formação precisará suportar a carga de uma cabeça cuja massa é significativamente maior em relação ao resto do corpo, quando comparada com a de um adulto:

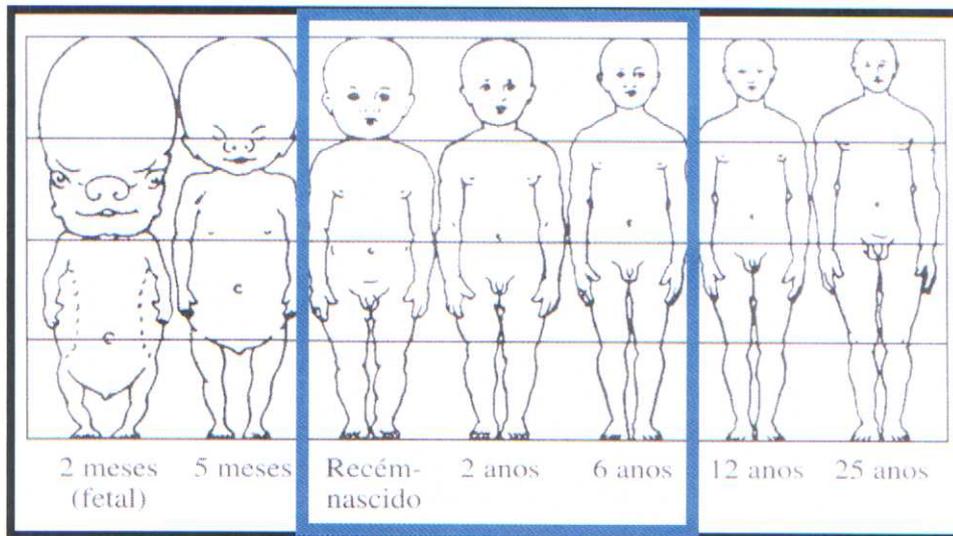


Figura 1. Mudanças nas proporções corporais do 2º mês fetal à idade adulta ⁴⁰

Por tudo isso, torna-se necessário um dispositivo de retenção adicional, que tenha a função de apoiar a cabeça e absorver ainda mais a energia transmitida na colisão do veículo a níveis suportáveis pela estrutura e órgãos do corpo da criança.

Este dispositivo consiste nas cadeiras de criança (popularmente chamadas de ‘cadeirinhas’) as quais, por estarem fixas pelo cinto de segurança do veículo, absorvem através de sua estrutura a energia remanescente da colisão transmitida pelos cadarços, minimizando ainda mais o efeito que deveria ser suportado pelo corpo da criança.

Transportar corretamente e com segurança crianças em automóveis exige a seleção de equipamento apropriado, devidamente certificado e utilização adequada do mesmo.

Para cada faixa de idade, que corresponde a médias estatísticas de alturas e pesos, existe mais de um tipo de dispositivo disponibilizado no mercado, na tentativa de reter a criança com segurança no caso de acidentes ¹².

As cadeiras de criança são classificadas por grupos, levando-se em consideração principalmente a massa da criança:

<u>GRUPOS DE CADEIRAS DE CRIANÇAS</u>		
• 0 (0+)	Até 10 (13) kg	0 a 6 Meses
• I	9 a 18 kg	4 a 32 Meses
• II	15 a 25 kg	18 a 60 Meses
• III	22 a 36 kg	50 a 90 Meses

Tabela 2. Grupos de dispositivos de retenção para crianças, segundo a Norma NBR 14400

Transportar crianças no carro exige muito mais do que paciência e atenção. Como se tratam de seres irrequietos, barulhentos e totalmente imprevisíveis, é preciso disciplina, e por isso o ideal é que sejam acostumadas desde cedo a ir para a cadeirinha já na saída da maternidade³⁰.

Evitar acidentes, ou pelo menos minimizar suas conseqüências, é dever do adulto e portanto é muito importante que sejam instaladas no automóvel, cadeiras adequadas e apropriadas ao tamanho e peso da criança, seguindo-se sempre as especificações do fabricante e aquelas constantes no manual do proprietário do veículo.

Segundo Camila Aloiz da ONG Criança Segura, a maioria das mortes de crianças poderiam ser evitadas através de duas simples atitudes dos adultos: usar uma ‘cadeirinha’ compatível com o veículo e com a idade da criança e instalá-la corretamente.

As ‘cadeirinhas’ diminuem em 71% os riscos de lesões graves e/ou fatais e, caso o projeto permita, devem ser instaladas preferencialmente no centro do banco traseiro, longe das laterais do veículo, posição esta que oferece maior proteção também em caso de colisão lateral e que reduz entre 35 a 50% a probabilidade de morte em acidentes deste tipo⁸.

Além de oferecer maior segurança a elas, esta posição também minimiza o risco de acidentes, pois criança solta no carro pode desviar a atenção do motorista e, caso esteja sentada no banco da frente, atrapalhar a condução ao tentar mexer nos comandos do automóvel ¹³.

Em linha com estas informações, o Novo Código de Trânsito Brasileiro, através da Resolução 15/98 do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito) ⁶, passou a exigir que as crianças abaixo de 10 anos de idade somente sejam transportadas no banco traseiro dos veículos automotores a partir de 1998, exceção feita apenas para caminhonetes com cabine simples, isto é, dotadas somente de bancos dianteiros.

Na verdade, viajar no banco traseiro de um veículo automotor é mais seguro para qualquer pessoa (criança ou não); a obrigatoriedade das crianças somente poderem ser transportadas no banco traseiro está provavelmente ligada:

1. Ao risco a que estarão expostas em caso de acidente (*'deve-se proteger a vida das crianças'*)
2. Ao risco de distraírem a atenção do motorista, podendo vir a ocasionar um acidente
3. À responsabilidade civil e criminal (*'é obrigação dos adultos garantir a segurança das crianças, uma vez que menores de idade não respondem por seus atos'*)

É de extrema importância que a criança esteja bem e corretamente presa à cadeirinha através do cinto que a acompanha e a cadeirinha fixa ao banco pelo próprio cinto de segurança do veículo, sempre de acordo com as especificações técnicas de cada produto e veículo.

Para crianças maiores (a partir dos 6 anos, aproximadamente), a estrutura óssea e órgãos internos já têm condições de suportar as cargas do cinto do próprio veículo numa colisão porém, como não possuem altura suficiente, elas precisam de um assento especial conhecido como 'booster' (pertencente ao Grupo III) o qual, colocado sobre o assento do banco traseiro do veículo, eleva a altura da criança, permitindo portanto que os cadarços do cinto de segurança passem pelos lugares corretos e mais fortes de seu corpo (clavícula e pelvis, respectivamente para o diagonal e subabdominal) e quenão deve ser confundido/substituído por uma almofada qualquer, uma vez que pode ocorrer o chamado efeito 'submarino', isto é, o escorregamento da criança por baixo (ou por cima) do cadarço do cinto de segurança pela dinâmica do impacto.

2.4 Transporte de Crianças: Regulamentação Internacional

Muitos países ao redor do Mundo possuem regulamentações próprias quanto às condições de transporte de crianças em veículos automotores:

PAÍS	NORMA	LEGISLAÇÃO	OBSERVAÇÕES
UNIÃO EUROPÉIA:	ECE R44.03		
• Alemanha	ECE R44.03	26.AVO StVO	Uso por crianças até 12 anos de idade e 1,50m de altura
• Austria	ECE R44.02	15.KG	
• Dinamarca	ECE R44.02		Uso por crianças até 10 anos de idade
• Espanha	ECE R44		Uso por crianças até 12 anos de idade apenas p/ banco dianteiro
• Finlândia	ECE R44.02	DECRETO 65	Uso por crianças até 150cm de altura
• França	ECE R44.03	Arr.27.12.91	Uso por crianças até 10 anos de idade
• Holanda	ECE R44.02		Uso por crianças até 12 anos de idade e 1,50m de altura apenas p/ banco dianteiro
• Itália	ECE R44.02	251196a	Uso no banco traseiro até 4 anos e no lado do passageiro até 12 anos de idade
• Noruega	ECE R44.03	CHAP 43	Uso por crianças até 3 anos de idade
• Suíça	ECE R44.02	SVG Art.3a-3	Uso no banco traseiro até 7 anos e no lado do passageiro até 12 anos de idade
EUA	FMVSS 213		
BRASIL	NBR 14400	CONTRAN RES. 15/98	Crianças até 10 anos no banco traseiro
África do Sul	(ECE R44.03)	SABS 1340	
Arábia Saudita	(ECE R44)	SASO 2209 e 2210	
Canada	CMVSS 213	RSSR SOR/2002-206 S. 6	
Coreia		G/TBT/Notif. 96.338 E Inchcape Ref. No. SH424	
Japão	ECE R44.03 ou FMVSS213	Artigos 22-5 e 63#1	
Oriente Médio		GS 42	

Tabela 3. Normas e/ou Legislações sobre o transporte de crianças em veículos automotores, divididas por países

O projeto de um dispositivo de retenção de criança depende diretamente da norma pelo qual foi desenvolvido e pela qual será testado e certificado ²⁸.

Entretanto, quando tratamos especificamente de requisitos voltados ao projeto e testes que também visam o desenvolvimento e a certificação de dispositivos de retenção de crianças, basicamente todos se utilizam de normas derivadas e/ou aceitam as regulamentações ECE R44 ² européia e/ou FMVSS 213 ³ americana.

A própria norma brasileira NBR 14400 ¹ a princípio, consiste numa tradução ‘simplificada’ para o português da norma ECE R44 ², na qual foram suprimidos alguns itens voltados especificamente para a certificação européia.

Muito embora existam diferenças que podem ser consideradas significativas entre estas regulamentações, cujas principais e que de alguma maneira poderiam ter influência neste trabalho são relacionadas abaixo, os resultados finais podem ser considerados semelhantes ²⁷:

DESCRIÇÃO	FMVSS 213	ECE R44	NBR 14400
Tipo Cinto Segurança Veículo	2 Pontos Fixo (sub-abdominal)	3 Pontos com Retrator 2 Pontos Fixo	
Fç. Abertura Fecho Cadeira Criança	9~14 lbs (40~62N)	40N antes do teste 80N depois do teste	
Tipos de 'Dummies'	<ul style="list-style-type: none"> • Recém Nascido: Fed Reg. P572 Tipo 'K' • 3/4: TNO Tipo 'P' • Demais: Fed. Reg. P572 Tipos 'C / 'I' 	Família TNO Tipo 'P'	Conforme especificado na ECE R44.03
HIC	1000 (exceto recém nascido)	Não Requerido	
Aceleração do Tórax	60g _{>3ms} (exceto recém nascido)	55g _{>3ms}	
Impacto Frontal em Veículo	30 mph (48,3 km/h)	50 ⁻² km/h	

Tabela 4. Comparativo dos requisitos entre as Normas FMVSS 213, ECE R44 e NBR 14400

A norma FMVSS 213 foi radicalmente modificada no início de 2005, visando uma atualização e adequação de seus requisitos aos avanços tecnológicos recentes (introdução do ISOFIX, por exemplo, que são, basicamente, ancoragens introduzidas adicionalmente ao veículo para garantir uma melhor fixação da cadeira de criança), sendo também uma primeira iniciativa no caminho de uma harmonização com os requisitos europeus.

Dentre estas modificações, destacamos as diferenças entre os pulsos de desaceleração no teste dinâmico de impacto frontal em carrinho, comparativamente com o da norma ECE R44:

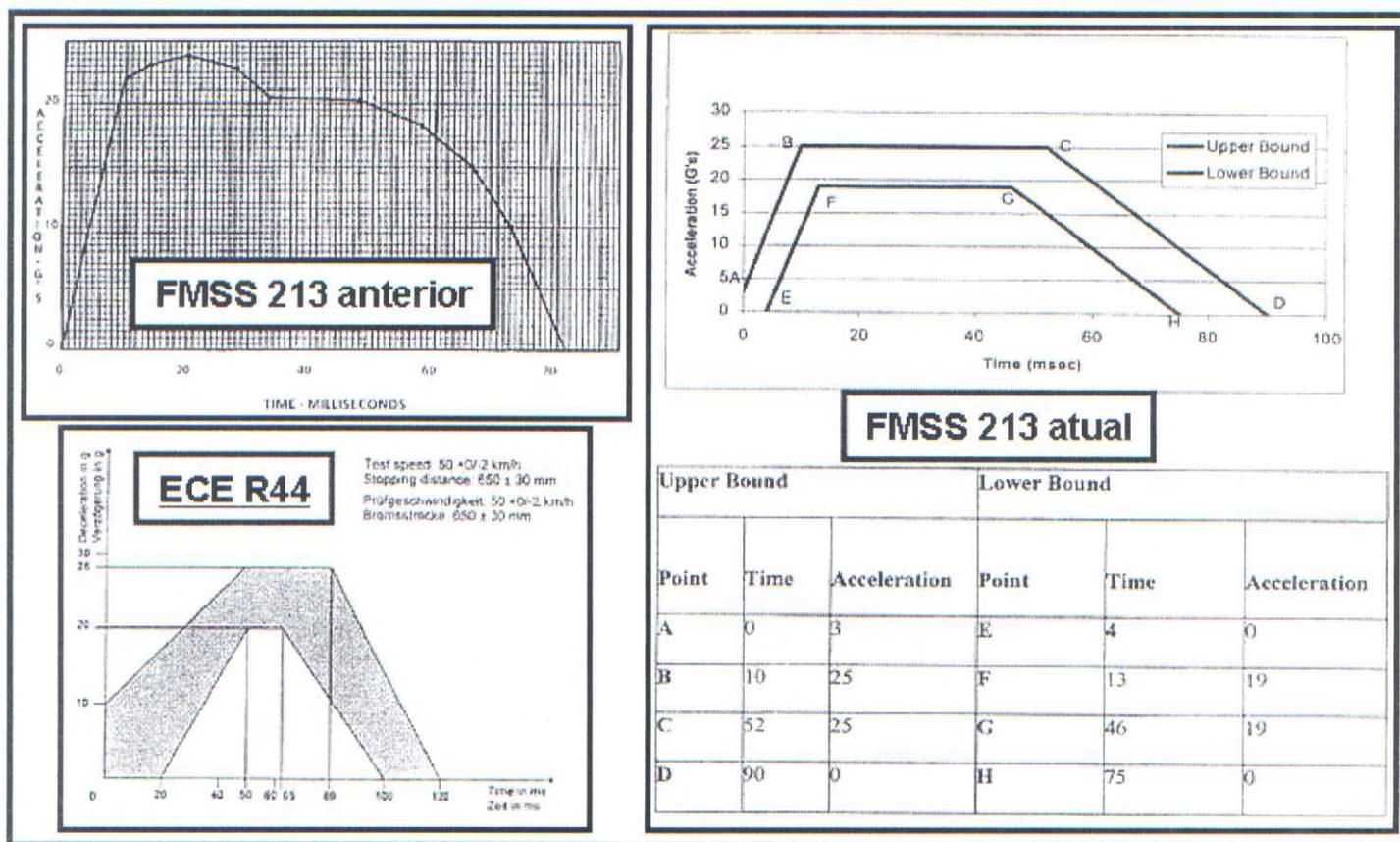


Figura 2. Curvas de desaceleração conforme as Normas ECE R44 e FMVSS 213 (anterior e atual)

Estas alterações não foram consideradas, seja porque são válidas somente para dispositivos produzidos a partir de Março.2005 (e o trabalho aqui desenvolvido foi realizado antes dessa data), seja por não fazerem parte do objetivo principal e/ou seja por não terem efeito significativo nos resultados finais.

2.5 Norma NBR 14400 (ABNT) - Requisitos de Segurança para Dispositivos de Retenção para Crianças em Veículos Rodoviários

O desenvolvimento da norma brasileira NBR 14400 da ABNT ¹ (Associação Brasileira de Normas Técnicas) começou no ano de 1996 por uma iniciativa dos próprios fabricantes de cadeiras de crianças associados à ABRAPUR (Associação Brasileira de Puericultura), com suporte técnico fornecido pela Eng^a de Produtos da General Motors do Brasil.

Como parte do CB-5 (Comitê Brasileiro Automotivo) da ABNT, o grupo de trabalho foi composto por representantes dos Fabricantes de cadeiras de criança, da ABRAPUR e do IQB (Instituto Brasileiro de Qualificação e Certificação), sendo este último o órgão oficial delegado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) para o fornecimento do selo de certificação de atendimento à respectiva Norma aos fabricantes.

A NBR 14400 ¹ passou a ser válida a partir de 30.12.1999, porém somente em nível ‘facultativo’, sem força de lei, não havendo portanto a obrigatoriedade da certificação dos produtos visando sua comercialização no mercado nacional, pelo menos até o momento.

De qualquer modo, sua introdução foi um considerável avanço uma vez que especifica os requisitos aplicáveis ao projeto e testes em todo o seu conjunto e haja visto que, antes dela, este tipo de dispositivo era tratado como ‘brinquedo’ no Brasil:

1. Inflamabilidade e Toxicidade – Item 4.1.5
2. Resistência à Corrosão – Item 5.1.1
3. Absorção de Energia – Item 5.1.2
4. Capotamento (*estático*) – Item 5.1.3
5. **Ensaio Dinâmico – Item 5.1.4**
6. Fecho – Item 5.2.1
7. Dispositivo de Ajuste – Item 5.2.2
8. Retrator – Item 5.2.3
9. Tiras – Item 5.2.4
10. Dispositivo de Travamento – Item 5.2.5

Capítulo 3

Materiais e Métodos

3.1 Norma NBR 14400 (ABNT) – Requisitos do Ensaio Dinâmico de Impacto Frontal

Conforme já mencionado, este trabalho se restringe apenas ao ensaio dinâmico de impacto frontal especificado no item 5.1.4 da Norma NBR 14400¹, aplicável ao tipo de produto aqui analisado (para dispositivos voltados para a traseira do veículo, a Norma também especifica um ensaio de impacto traseiro de acordo com o item 7.1.3.4).

O teste dinâmico consiste numa simulação de impacto de veículo através de um carrinho de ensaio descrito na Norma, submetido à uma curva de desaceleração também especificada:

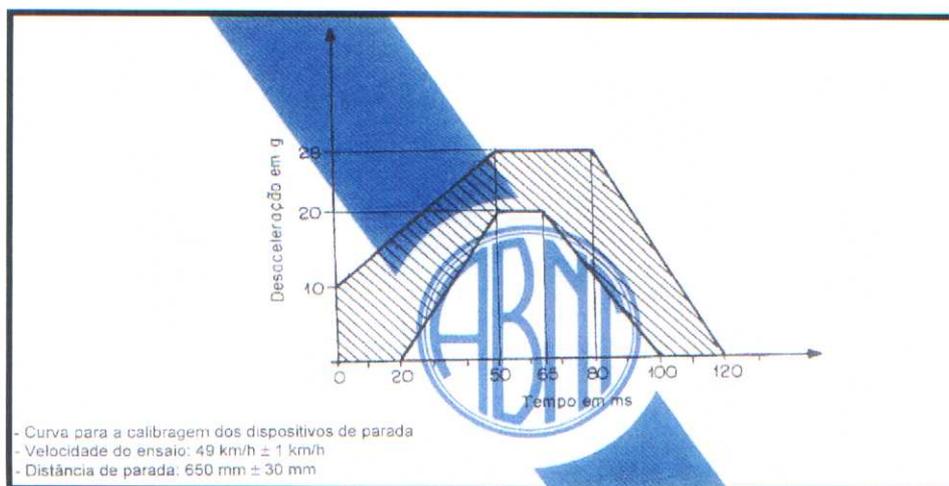


Figura 3. Curva de desaceleração conforme a Norma NBR 14400

Para as medições dos ‘critérios de lesão’ (item 7.1.3.1.1.4), devem ser utilizados bonecos antropomórficos construídos de metal e plástico (conhecidos como ‘dummies’), os quais possuem dimensões, massa, centro de massa, rigidez das articulações e etc semelhantes à de um corpo humano:

1. Aceleração Resultante no Tórax: $\leq 55g$ (duração $> 3ms$)
2. Aceleração Vertical: $\leq 30g$ (duração $> 3ms$)
3. Penetração Abdominal: Não deve haver sinais visíveis de penetração sobre a massa moldável na região abdominal do ‘dummy’, conforme especificado na norma europeia ECE R44 ² mas que não foi considerado neste trabalho (vide item 3.3)
4. Deslocamento Horizontal da Cabeça: $\leq 550mm$:

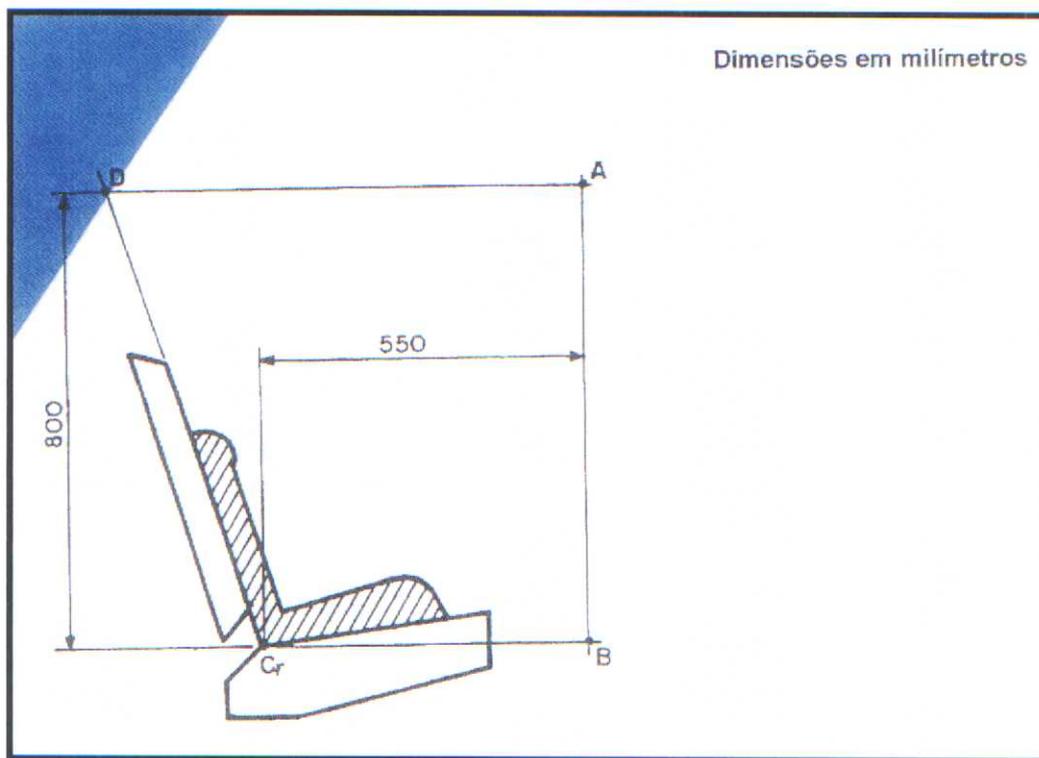


Figura 4. Gabarito de referência para o deslocamento horizontal da cabeça do ‘dummy’ (em dispositivos de retenção de crianças voltados para a frente do veículo), de acordo com a Norma NBR 14400 ¹

A Norma NBR 14400 ¹ também permite a realização de testes de impacto frontal em veículo completo contra barreira fixa rígida ('crash test') e, neste caso, de acordo com o item 7.1.3.3.4, deve ser verificado 'qualquer contato da cabeça do boneco de ensaio com o interior da carroceria do veículo', ao invés de ser medido o deslocamento da cabeça do 'dummy', e não há limite para a componente vertical da aceleração medida na altura do tórax:

Ensaio	Dispositivo de retenção para crianças	Impacto dianteiro			Impacto traseiro		
		Velocidade km/h	Ensaio nº	Distância de parada durante o ensaio mm ^{*)}	Velocidade km/h	Ensaio nº	Distância de parada durante o ensaio mm ^{**)}
Carrinho de ensaio com assento	Voltado para frente em assentos dianteiros e traseiros universal, semi-universal e restrito	50 ^{0/2}	1	650 ± 50	-	-	-
	Voltado para trás em assentos dianteiros e traseiros universal, semi-universal e restrito	50 ^{0/2}	1	650 ± 50	30 ^{+0/2}	2	275 ± 25
Carroceria do veículo sobre o carrinho de ensaio	Voltado para frente	50 ^{0/2}	1 ou 3	650 ± 50	-	-	-
	Voltado para trás	50 ^{0/2}	1 ou 3	650 ± 50	30 ^{+0/2}	2 ou 4	275 ± 25
Veículo completo em ensaio contra barreira	Voltado para frente	50 ^{0/2}	3	Não especificado	-	-	-
	Voltado para trás	50 ^{0/2}	3	Não especificado	30 ^{+0/2}	4	Não especificado

^{*)} Durante a calibração a distância de parada deve ser de 650 mm ± 30 mm.
^{**)} Durante a calibração a distância de parada deve ser de 275 mm ± 20 mm.
 NOTA - Todos os dispositivos de retenção para crianças dos grupos 0 e 0+ devem ser ensaiados de acordo com a condição "voltado para trás" nos impactos dianteiro e traseiro.
 LEGENDA: Ensaio nº 1 - Como especificado nos anexos D e E - impacto dianteiro
 Ensaio nº 2 - Como especificado nos anexos D e F - impacto traseiro
 Ensaio nº 3 - Curva de desaceleração do veículo sujeito ao impacto dianteiro
 Ensaio nº 4 - Curva de desaceleração do veículo sujeito ao impacto traseiro

Tabela 5. Condições para o ensaio dinâmico conforme a Norma NBR 14400

3.2 Descrição dos Equipamentos

O objetivo principal deste trabalho, foi o de confrontar os cintos de segurança infantis com os requisitos especificados na norma NBR 14400¹, especificamente no tocante ao ensaio dinâmico de impacto frontal.

Para isso, foram utilizadas as instalações do Laboratório de Segurança Veicular da General Motors do Brasil, localizado no Campo de Provas da Cruz Alta em Indaiatuba/SP.

O carrinho de ensaio utilizado, conhecido como 'sled', é dotado de 2 amortecedores hidráulicos em sua extremidade frontal nos quais, ao desacelerar o sistema, reproduz o pulso (curva) de desaceleração especificado na Norma NBR 14400¹ e sobre o qual foi montada uma carroceria de um determinado tipo de veículo, com banco e cintos de segurança traseiros do próprio modelo:

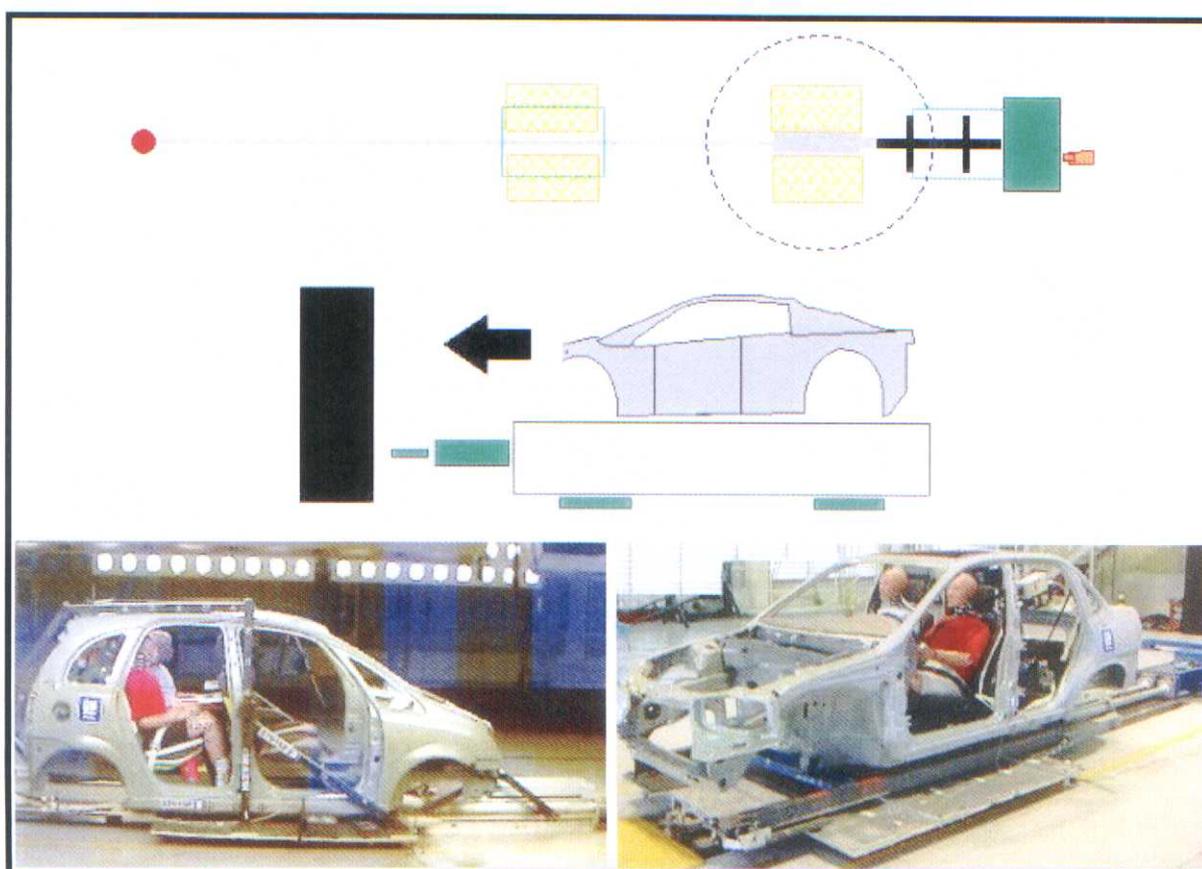
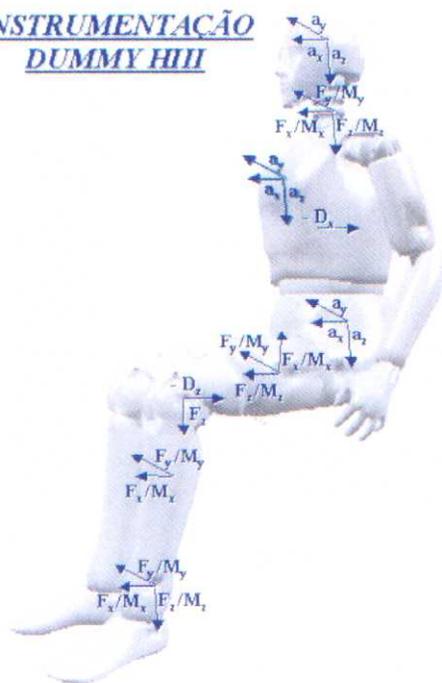


Figura 5. Dispositivo de simulação de impacto veicular ('sled')

Para estas avaliações, foram utilizados os 'dummies' HIII 3Y e 6Y (cada qual representando crianças de 3 anos e 6 anos, respectivamente, com massa aproximada de 15kg e 28kg), utilizados seguindo as especificações de cada fabricante de cinto infantil:

**INSTRUMENTAÇÃO
DUMMY HIII**



Acelerômetros (piezoresistivos)

Fabricante: Entran
 Modelo EGE-73C-50-750 Faixa de medição: 750 G
 Sensibilidade típica 0,200 mV/g
 Excitação: 10 Vdc
 Resposta em frequência: +/- 5% de 0 a 5000Hz
 Resistência da Ponte típica: 700 Ohms

Células de Carga

Upper Neck - 1716A - Robert A Denton
 Lower Neck - IF 210 - FTSS
 Lumbar Spine - 1842 - Robert A Denton
 Knee Clevis - 1587 - Robert A Denton
 Upper Tibia - 3115 - Robert A Denton
 Lower Tibia - 3114 - Robert A Denton
 Femur - 2121A - Robert A Denton

Transdutor de Deslocamento (potenciômetro)

Fabricante: Spaceage Control / Baraboo
 Linear de 1k Ω

Célula de Carga (cadastrarço cinto segurança):

Fabricante: Robert A. Denton
 Modelo: 3255
 Capacidade: 13kN

Figura 6. Relação Geral dos Transdutores e Grandezas Físicas medidas nos 'dummies' HIII ('Hybrid III'), pelos quais são obtidos os níveis de lesão



Figuras 7 e 8. 'Dummies' de 6 anos (6Y), 3 anos (3Y) e 18 meses (18M)

Os cálculos dos níveis de lesão e dos deslocamentos dos ‘dummies’ são realizados automaticamente pelos softwares dos sistemas de aquisição de dados e de coleta de imagens, respectivamente:

1. Critério de Lesão da Cabeça (HIC – ‘Head Injury Criterion’): Índice calculado através de fórmula empírica que estabelece uma relação entre as acelerações medidas na cabeça do ‘dummy’ durante o ensaio de impacto e o intervalo de tempo em que elas ocorreram; no caso, foi calculado o HIC₁₅, ou seja, o valor máximo que a função assume num intervalo de tempo (t₂ – t₁) não maior do que 15ms:

$$HIC = (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \cdot dt \right]^{2.5} = (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} [a_x^2 + a_y^2 + a_z^2]^{0.5} \cdot dt \right]^{2.5}$$

Tabela 6. Cálculo do HIC (não requerido na Norma NBR 14400)

2. Aceleração na Altura do Tórax: Máxima aceleração resultante que se mantenha durante um período de tempo de no mínimo 3ms
3. Deslocamento da Cabeça do Dummy:

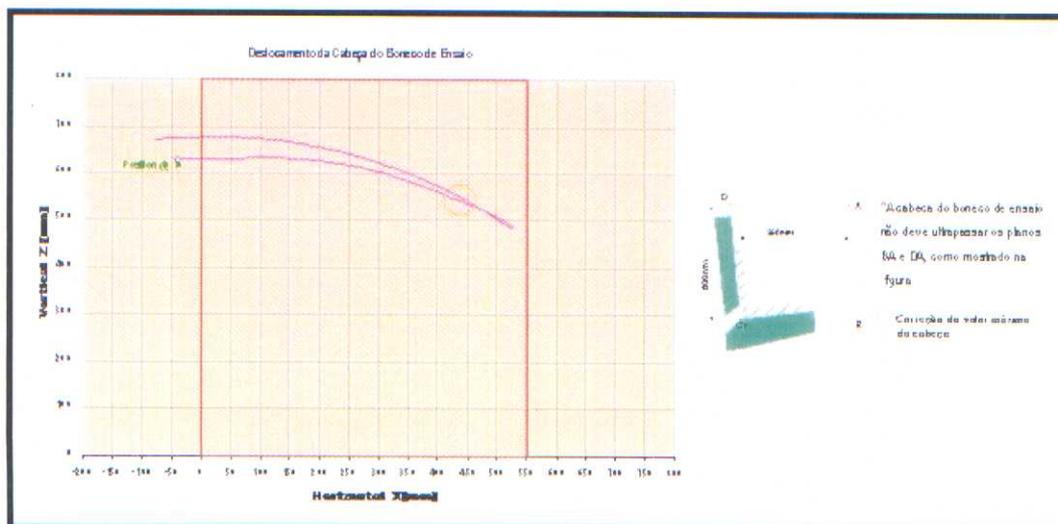


Figura 9. Exemplo de deslocamento dinâmico da cabeça do dummy medido durante o impacto

3.3 Observações

Devido às limitações das instalações, as seguintes simplificações/divergências entre os testes executados e os requisitos especificados na Norma da ABNT NBR 14400¹ foram adotadas, sem contudo alterar e/ou comprometer os resultados principais dos ensaios:

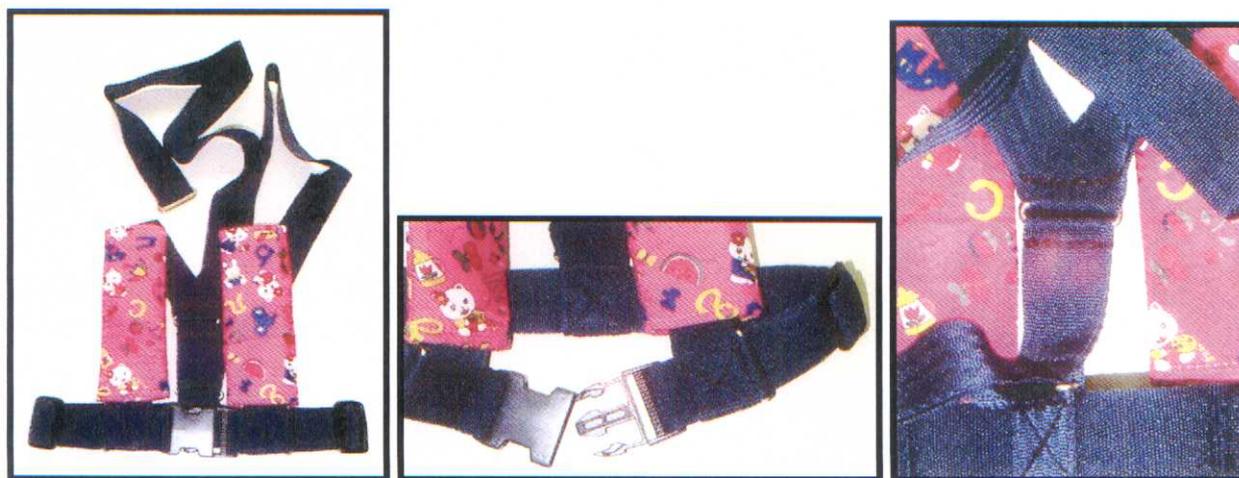
- **Item 3.1.2:** Categoria dos Dispositivos de Retenção => Como foi utilizado um cj. carroceria + banco traseiro + cintos de segurança de um determinado modelo de veículo, os testes seriam válidos apenas para a categoria "veículo específico" (parágrafo d), o que significa que, a rigor, o produto estaria certificado apenas para o tipo de veículo no qual foi testado (item 5.1.4.1.2)
- **Item 5.1.4.3:** Penetração Abdominal (ECE R44.03) => Nenhum dos bonecos de ensaio utilizados possuía a massa moldável na região abdominal que permitisse esta avaliação
- **Item 5.2.1.7:** Fecho => O fecho dos dispositivos deveria ter sido ensaiado a 3000 ciclos de abertura e fechamento antes do teste dinâmico mas, como os produtos foram adquiridos novos e embalados no mercado local, os fechos não foram submetidos a este ensaio
- **Item 5.2.1.8.1 / 5.2.1.8.2:** Ensaio de Abertura do Fecho sem / com Carga => Medições efetuadas com os dispositivos e dummies instalados na carroceria de ensaios, imediatamente antes e após o teste, não considerando os procedimentos especificados nos itens 7.2.1.1 e 7.2.1.2 da norma NBR 14400 (o dispositivo de retenção deve ser removido do carrinho de ensaio/veículo sem abrir o fecho, no qual deve ser aplicada uma força de 200N e a seguir uma carga deve ser aplicada a uma velocidade de 400 ± 20 mm/min no centro geométrico do botão)
- **Item 7.1.3.2.1.1:** Fixação da Carroceria do Veículo => Os ensaios dinâmicos foram realizados em uma carroceria de veículo atualmente em produção (parágrafo 7.1.3.2.1.5), com cintos de segurança, banco traseiro do próprio modelo e com suas respectivas ancoragens reforçadas (para permitir a realização de vários ensaios com uma mínima danificação da estrutura) ao contrário do especificado no item 7.1.3.2.1.1, do assento universal descrito no anexo C e dos cintos de segurança padrões e respectivas ancoragens descritos no anexo J da norma NBR 14400, respectivamente

Capítulo 4

Resultados Experimentais

Todos os cintos infantis testados possuem o mesmo tipo de montagem e fixação, embora o da Marca '2' possua uma fixação adicional presa junto ao parafuso do fecho do cinto de segurança do veículo:

- Um cj. de tiras (alças) semelhantes às de uma mochila, as quais são 'vestidas' no 'dummy'
- Um fecho frontal próximo à região abdominal, fechando as tiras e prendendo o 'dummy'
- Um cadarço envolvendo o encosto do banco traseiro, no qual é preso o cj. de tiras através de um olhal metálico



Figuras 10 a 12. Cinto de Segurança Infantil da Marca '1'



Figuras 13 a 15. Montagem do Cinto de Segurança Infantil da Marca '1'



Figuras 16 a 20. Cinto de Segurança Infantil da Marca '2'

Os testes confirmaram as suspeitas iniciais, uma vez que nenhum dos modelos/marcas de cintos de segurança infantis testados apresentou resultados satisfatórios, não garantindo a retenção necessária devido à ruptura do fecho e/ou do cadarço de fixação traseiro, acarretando no choque violento dos bonecos de teste contra o encosto do banco dianteiro.

4.1 **Teste I: Marca '1' – SENTADO I**

- **Teste em ‘Sled’** com pulso de desaceleração da Norma NBR 14400
- ‘Dummy’ 3Y posicionado **sentado no centro do banco traseiro**

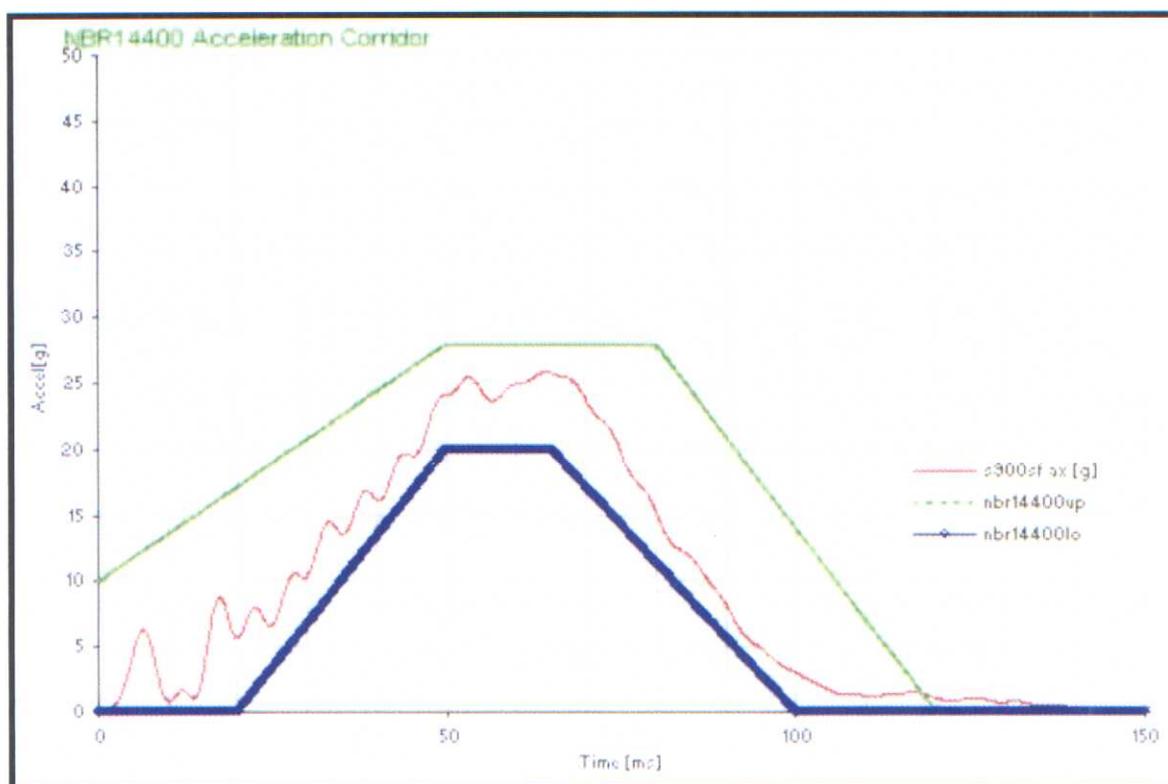


Figura 21. Teste I: Curva de desaceleração obtida no teste x Norma NBR 14400

RESULTADOS

Ruptura do fecho do cinto infantil e do cadarço que envolve o encosto do banco traseiro, ocasionando a soltura completa do ‘dummy’ e grande movimentação para a frente.

Bodyregion	Injury Criterion	[Dim]	NBR14400 Requirements	Position Pass Mi	Load %
Head	HIC	[I]	570 (5ms)	175	75
	Forward displacement	mm	550	>550	50
	Vertical displacement	mm	800	-	75
	Moment Flexion [+My]	[Nm]	-	-	100
	Extension [-My]	[Nm]	-	-	125
Neck	Shear Load [-Fx]	[N]	-	-	-
	Compres. Load [-Fz]	[N]	-	-	-
	Tensile Load [+Fz]	[N]	-	-	-
Chest	Max. acceleration > 3ms	[g]	55	29,0	-
	Max vertical deceleration	[mm]	30	18,9	-
	Compression	[mm]	34,0	-	-

Tabela 7. Teste I: Índices de lesão e deslocamento do 'dummy'

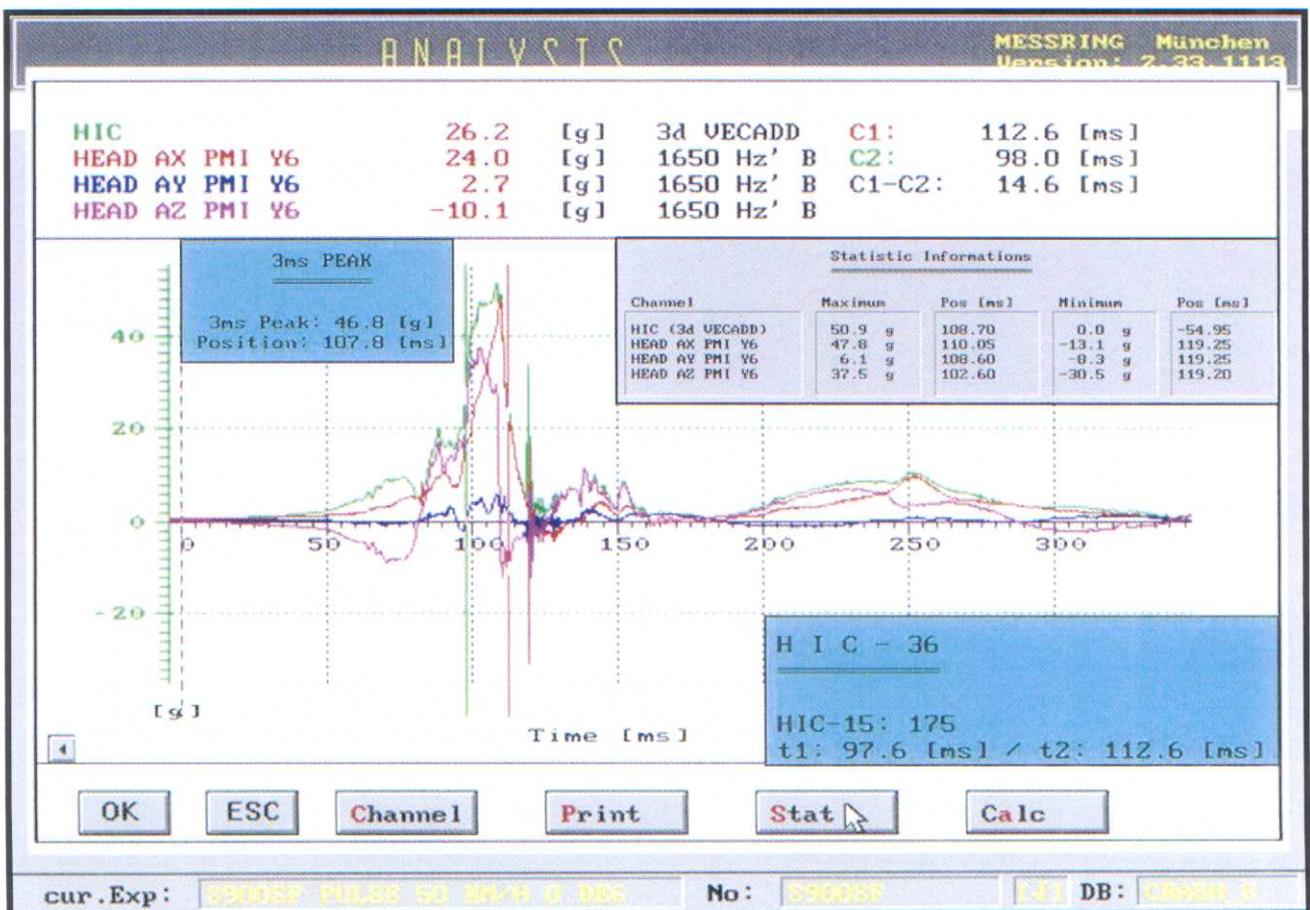


Figura 22. Teste I: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do 'dummy'

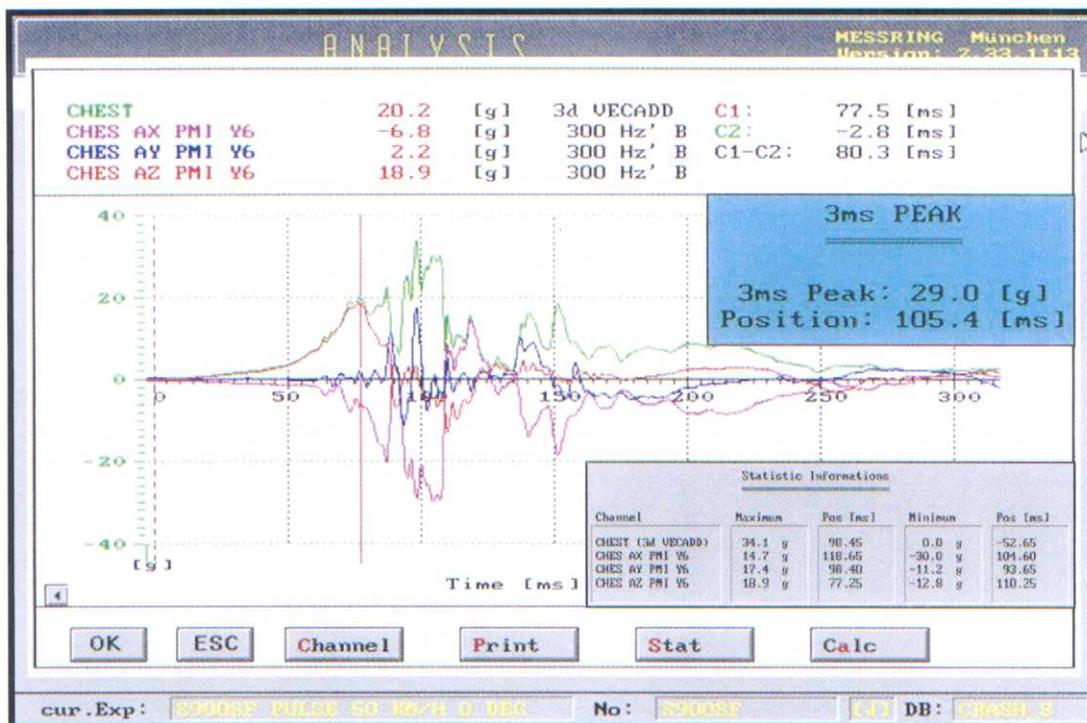


Figura 23. Teste I: Curvas de aceleração (triaxial) medidas no tórax do 'dummy'

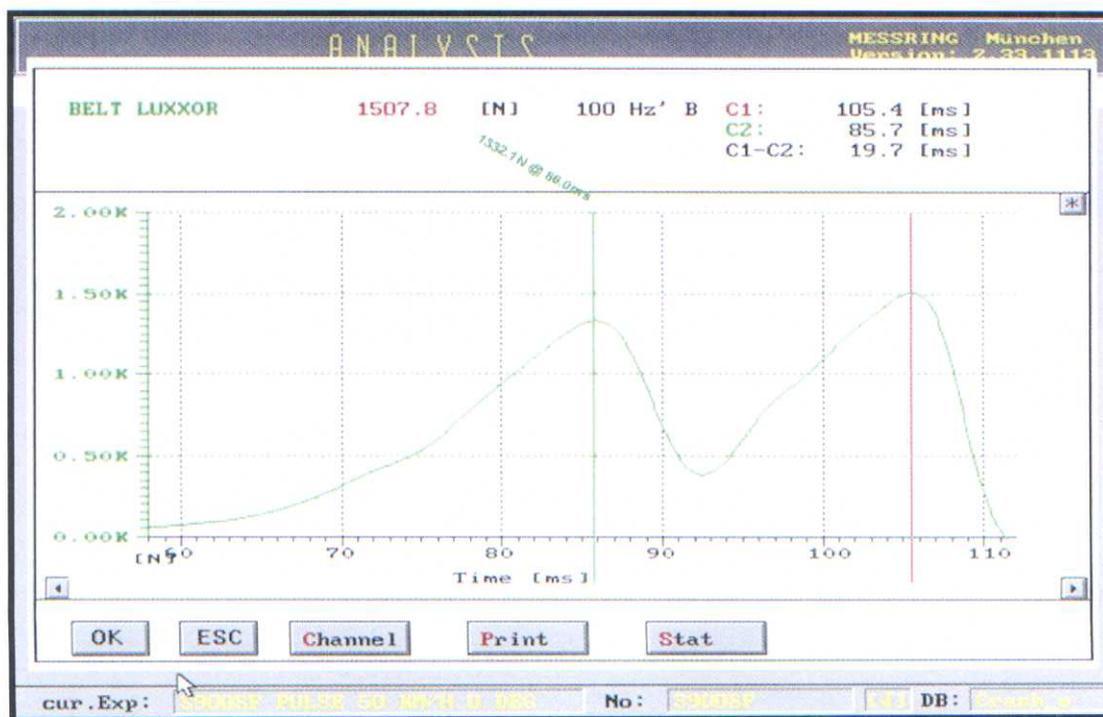
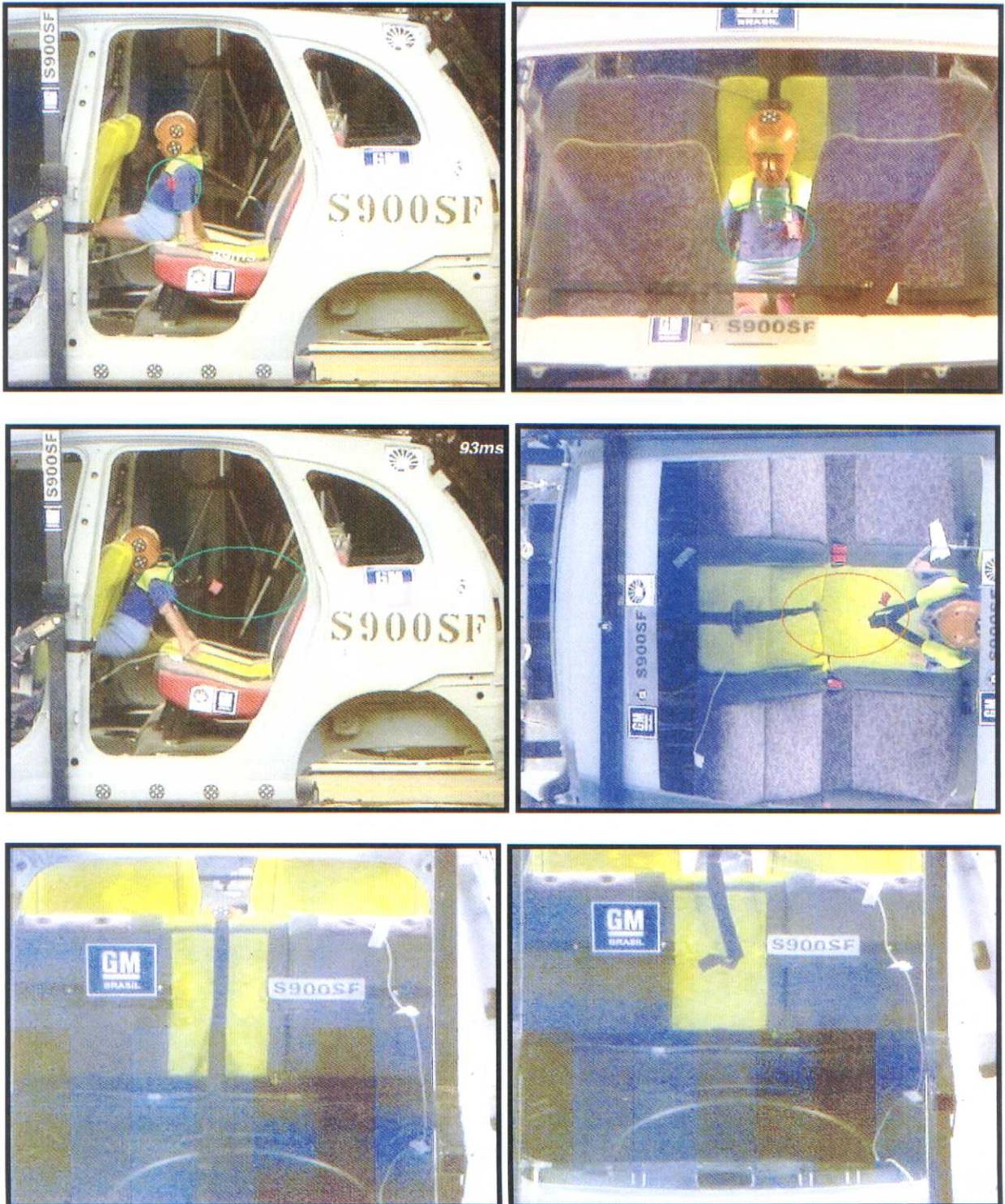


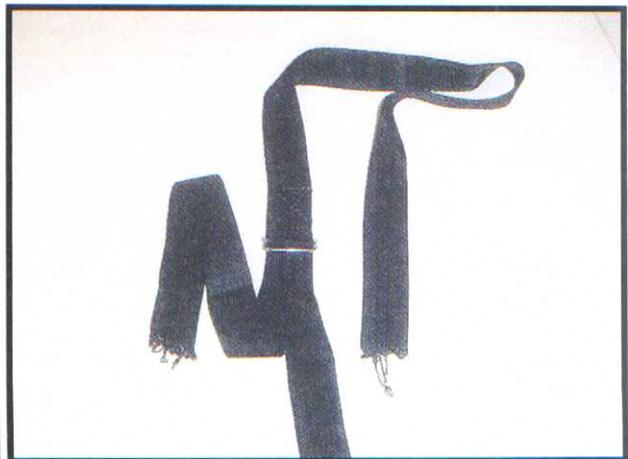
Figura 24. Teste I: Forças medidas no cadoço traseiro do cinto infantil



Figuras 25 a 30. Teste I: Ruptura do fecho e cadarço do cinto infantil durante o ensaio



Figura 31. Teste I: 'Dummy' não foi arremessado totalmente para fora da carroceria do veículo devido à utilização de cadarços de cintos como limitadores entre os bancos dianteiros



Figuras 32 e 33. Teste I: Cadarço e fecho do cinto de segurança infantil rompido

4.2 Teste II: Marca '1' – SENTADO II

- **Teste de Impacto Frontal com Veículo Completo / Barreira Rígida / 50 km/h / 0°** (*sem ângulo em relação à longitudinal*), 100% 'offset' (*toda a frente do veículo*)
- 'Dummy' 3Y posicionado **sentado no lado esquerdo do banco traseiro**

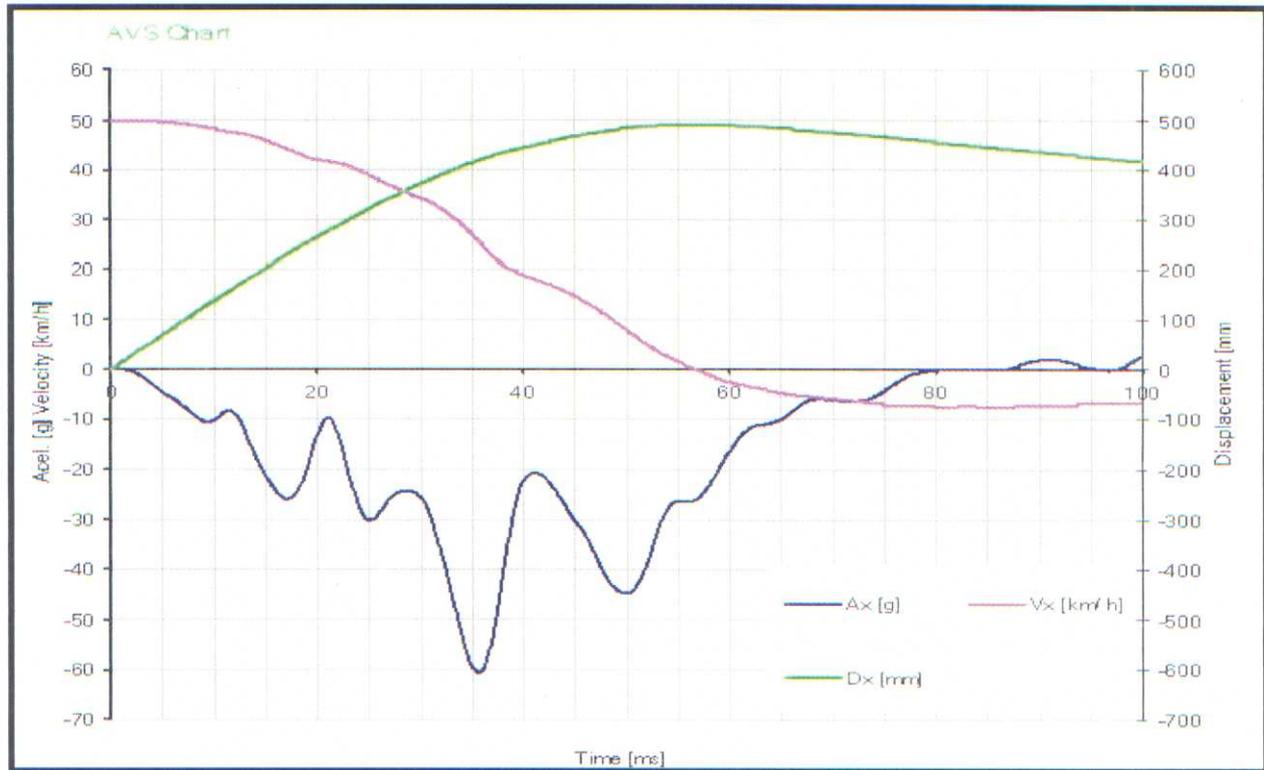


Figura 34. Teste II: Curva Aceleração x Velocidade x Deformação Dinâmica

RESULTADOS

Ruptura do fecho do cinto infantil e do caderço que envolve o encosto do banco traseiro, acarretando grande movimentação para a frente e posterior 'ricochete' para trás do corpo da criança, devido ao forte impacto das pernas (com grande dobra dos joelhos para baixo) e da cabeça com o encosto do banco dianteiro.

H3 Loads					
Body region	Injury Criterion	[Dim]	Inhouse H3-3Y	Position Pass Le	Load %
Head	HIC	[I]	570 [16 ms]	460	
	Max. Acceleration >3ms Peak	[g]	-	66,0	
	Moment Flexion [+My]	[Nm]	33	-	
	Extension [-My]	[Nm]	10	-	
	Shear Load [Fx]	[N]	-	-	
Neck	Compr. Load [+Fz]	[N]	-	-	
	Tensile Load [-Fz]	[N]	-	-	
	Max. acceleration >3ms	[g]	55	50,0	
	Compression	[mm]	34	-	
	Viscous Criterion	[m/s]	-	-	

Tabela 8. Teste II: Índices de lesão do ‘dummy’

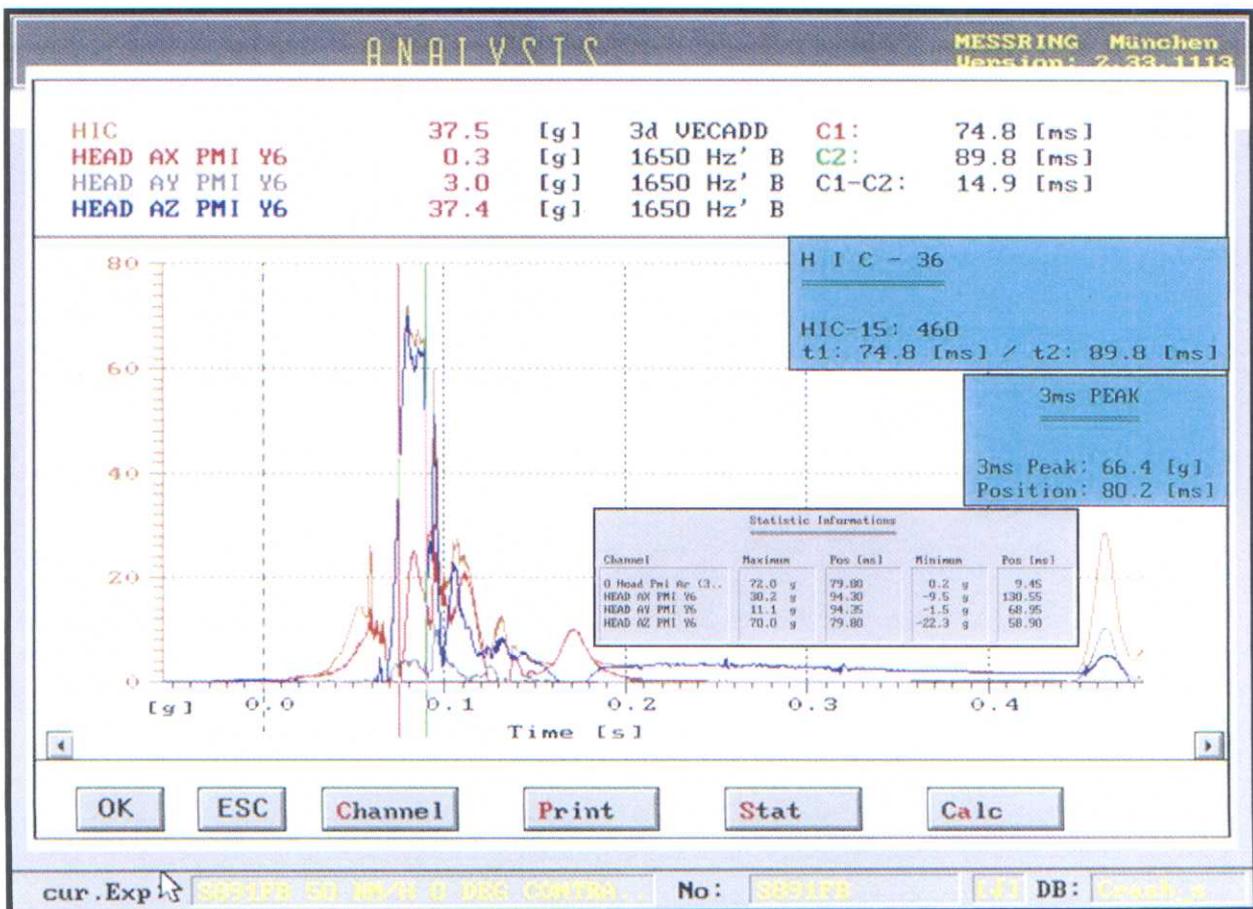


Figura 35. Teste II: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do ‘dummy’

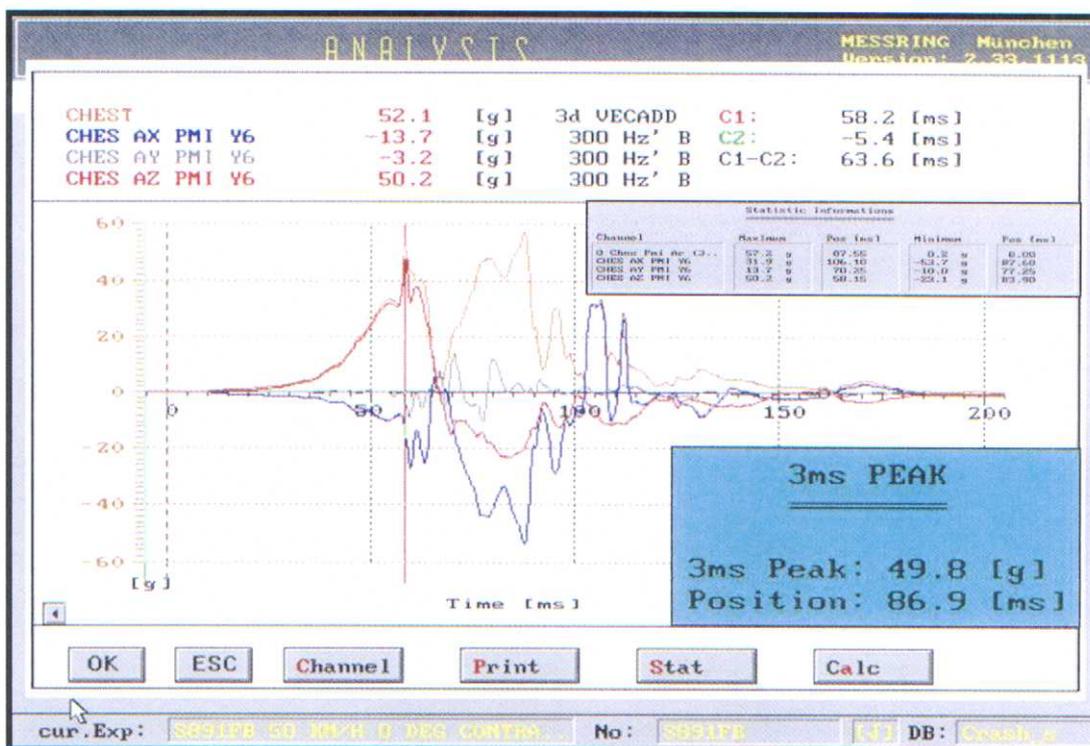


Figura 36. Teste II: Curvas de aceleração (triaxial) medidas no tórax do 'dummy'

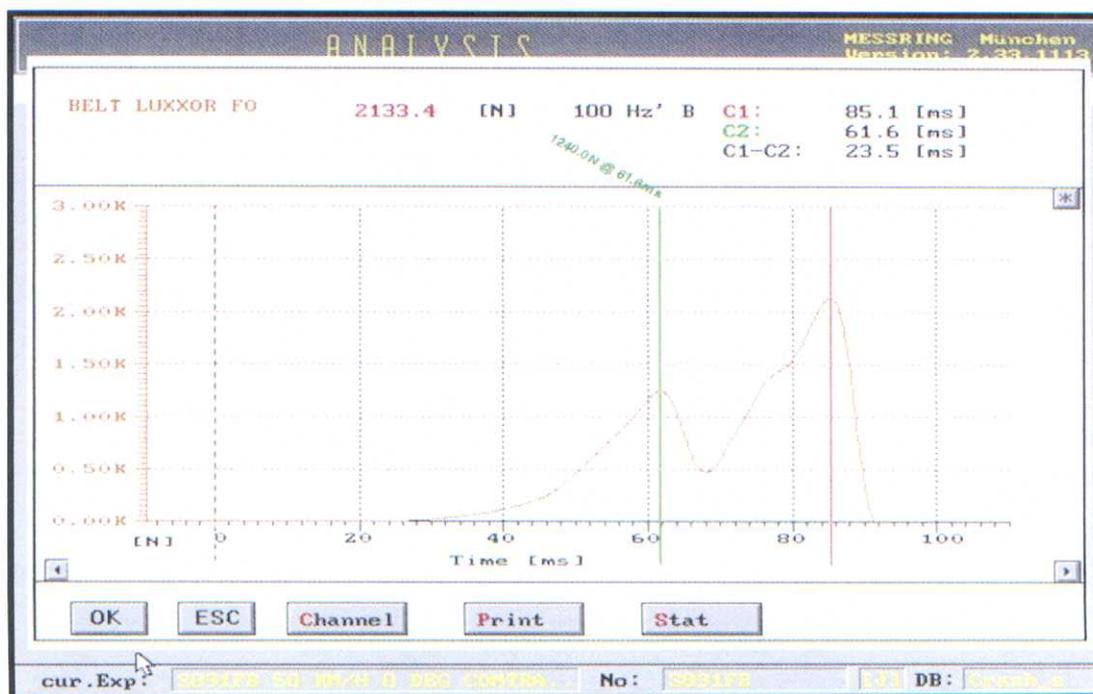


Figura 37. Teste II: Forças medidas no cadoarço traseiro do cinto infantil



Figuras 38 a 43. Teste II: Ruptura do fecho e do cadarço do cinto de segurança infantil, acarretando na grande movimentação do ‘dummy’ para a frente durante o teste, com forte impacto das pernas/pés e cabeça/rosto contra a região traseira do encosto do banco dianteiro

4.3 Teste III: Marca '1' – DEITADO

- **Teste de Impacto Frontal com Veículo Completo / Barreira Rígida / 50 km/h / 0°** (*sem ângulo em relação à longitudinal*), 100% 'offset' (*toda a frente do veículo*)
- 'Dummy' 3Y posicionado **deitado ao longo do assento do banco traseiro**

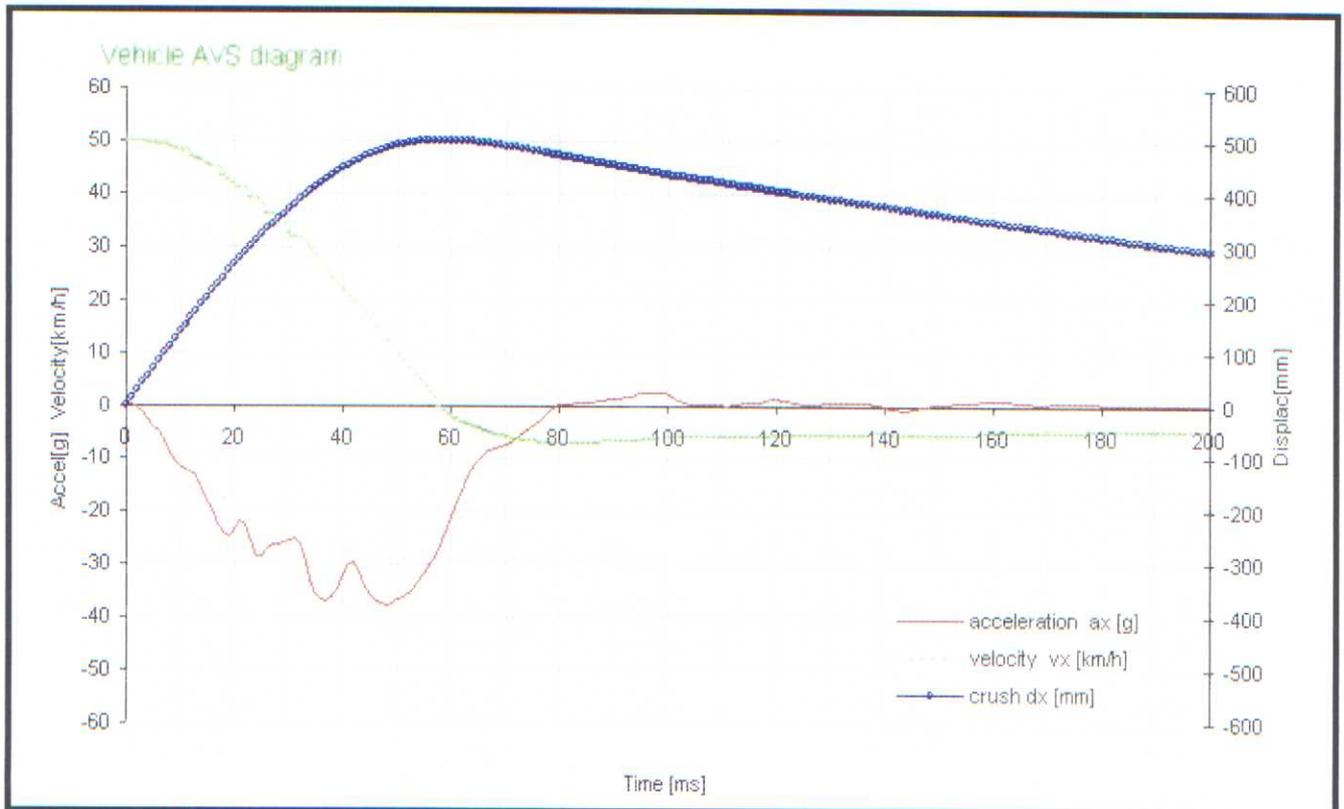


Figura 44. Teste III: Curva Aceleração x Velocidade x Deformação Dinâmica

RESULTADOS

Ruptura do fecho do cinto infantil e do cadorço que envolve o encosto do banco traseiro, acarretando grande movimentação para a frente, com posterior 'ricochete' para trás do corpo da criança devido ao forte impacto com o encosto dos bancos dianteiros.

Bodyregion	Injury Criterion	[Dim]	Inhouse H3-6Y	Position Pass Mi
Head	HIC	[H]	700 (10 ms)	257
	Max. Acceleration >3ms Peak	[B]	-	73,0
	Moment Flexion [+My]	[Nm]	45	-
	Extension [-My]	[Nm]	13	-
	Shear Load [+Fx]	[N]	-	-
Neck	Compr. Load [+Fz]	[N]	1820	-
	Tensile Load [-Fz]	[N]	1490	-
	Max. acceleration >3ms	[a]	60	56,0
	Compression	[mm]	40	-
Chest	Viscous Criterion	[m/s]	-	-

Tabela 9. Teste III: Índices de lesão do ‘dummy’

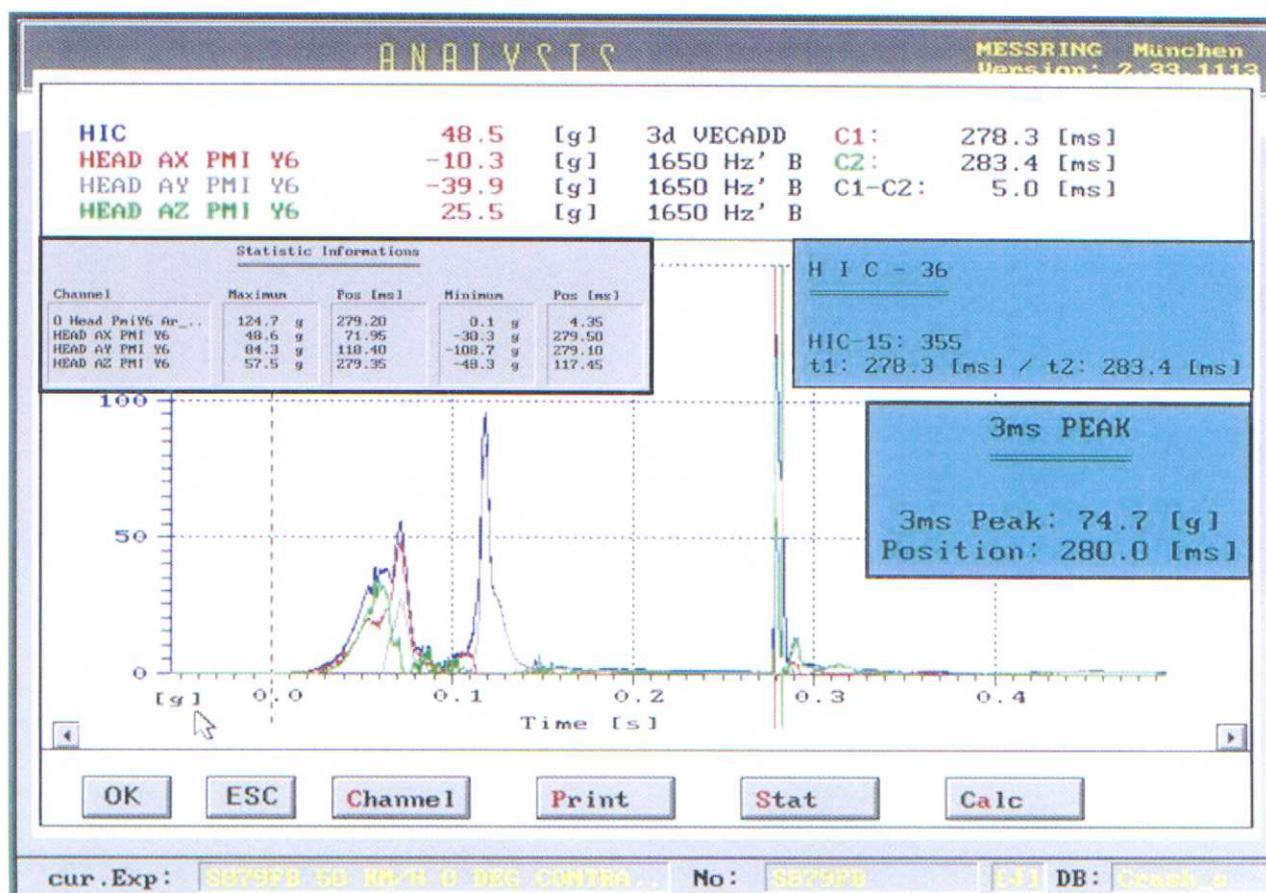


Figura 45. Teste III: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do ‘dummy’ (tempo total: ‘ação-e-reação’)

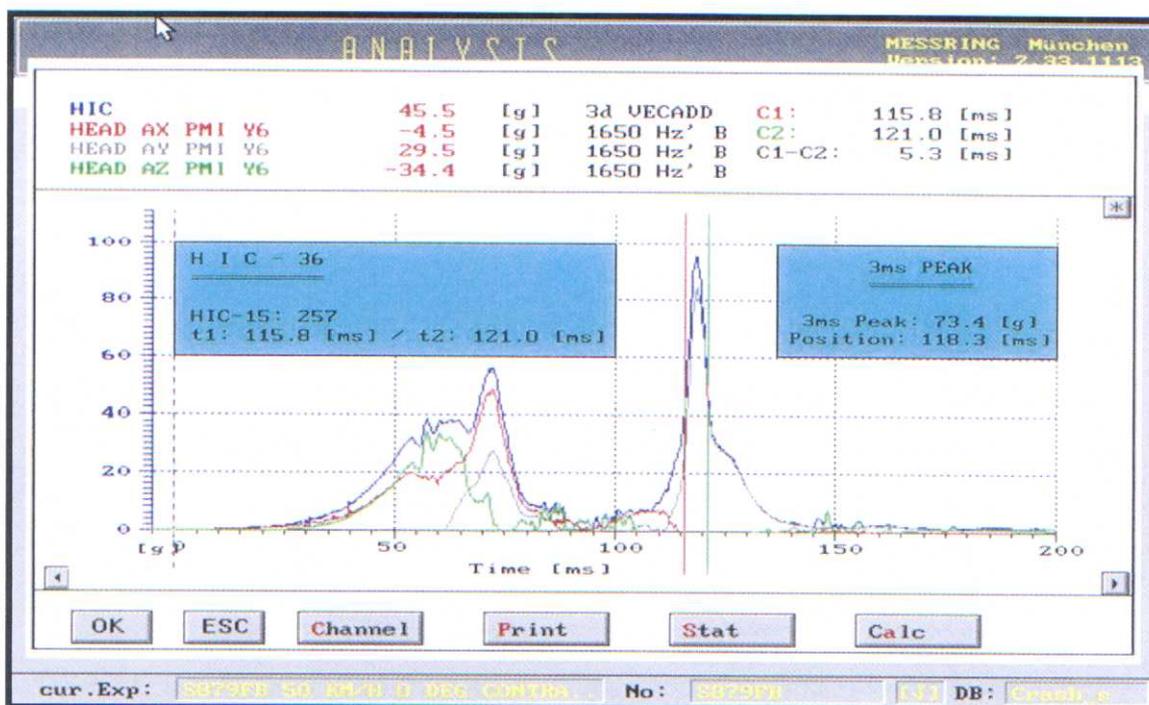


Figura 46. Teste III: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do 'dummy' ('açãõ')

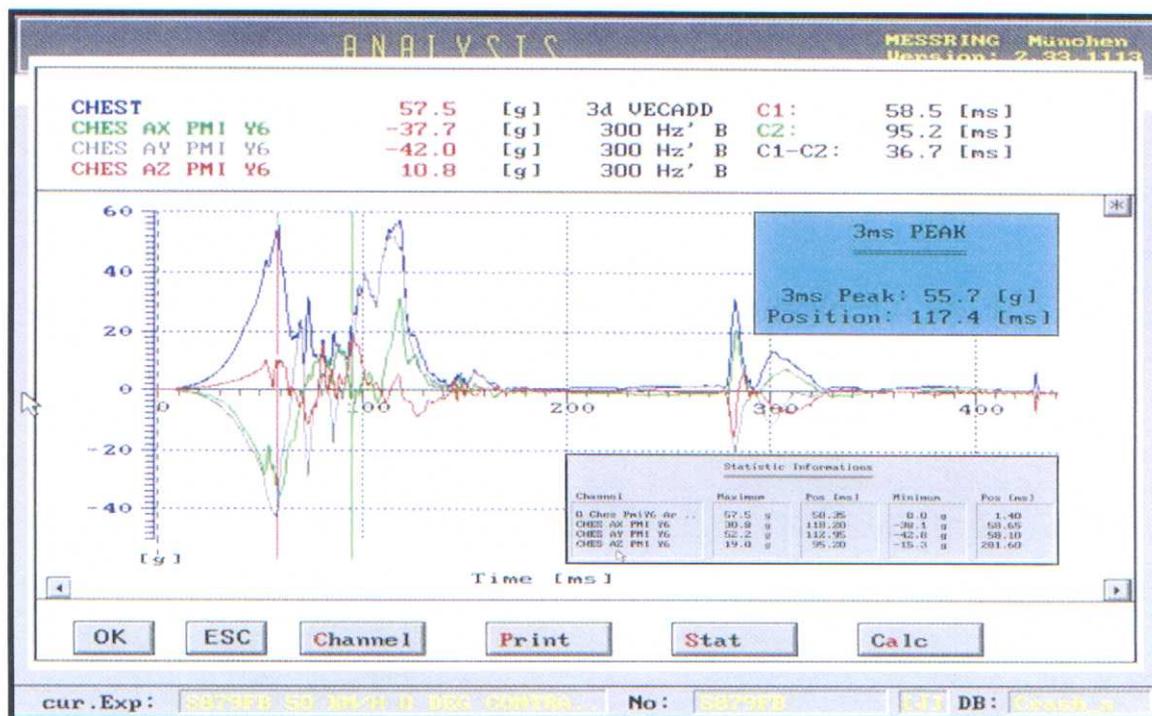
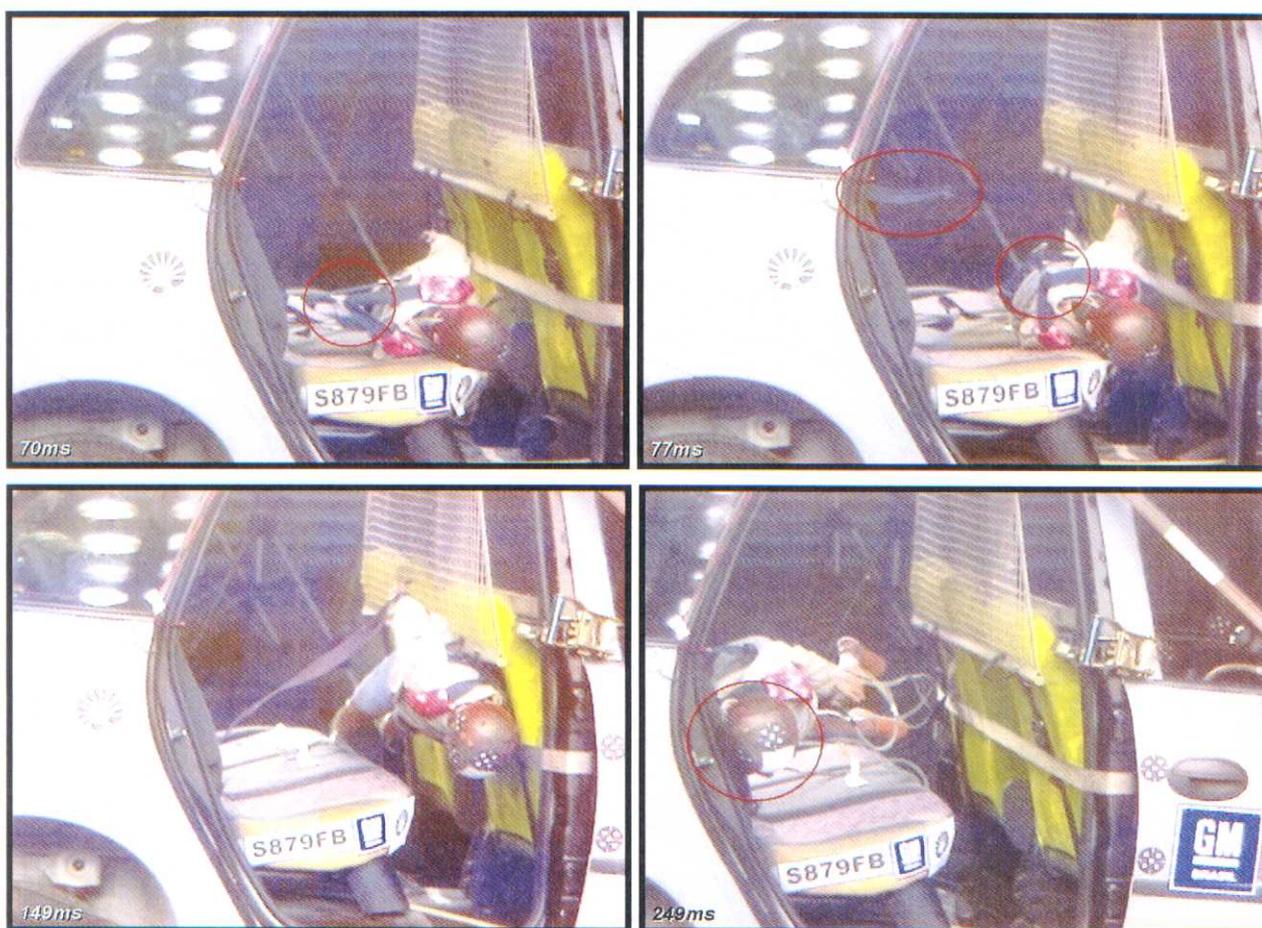


Figura 47. Teste III: Curvas de aceleração (triaxial) medidas no tórax do 'dummy'



Figuras 49 a 52. Teste III: Movimentação do ‘dummy’ para a frente (‘ação’) e posterior ‘ricochete’ para trás (‘reação’) durante o teste, colidindo com a cabeça na coluna ‘C’ do veículo



Figuras 53 e 54. Teste III: Cadastrar e fecho do cinto de segurança infantil rompidos

4.4 Teste IV: Marca '2' – SENTADO III

- **Teste de Impacto Frontal com Veículo Completo / Barreira Rígida / 50 km/h / 0°** (*sem ângulo em relação à longitudinal*), 100% 'offset' (*toda a frente do veículo*)
- 'Dummy' 6Y posicionado **sentado no lado esquerdo do banco traseiro**

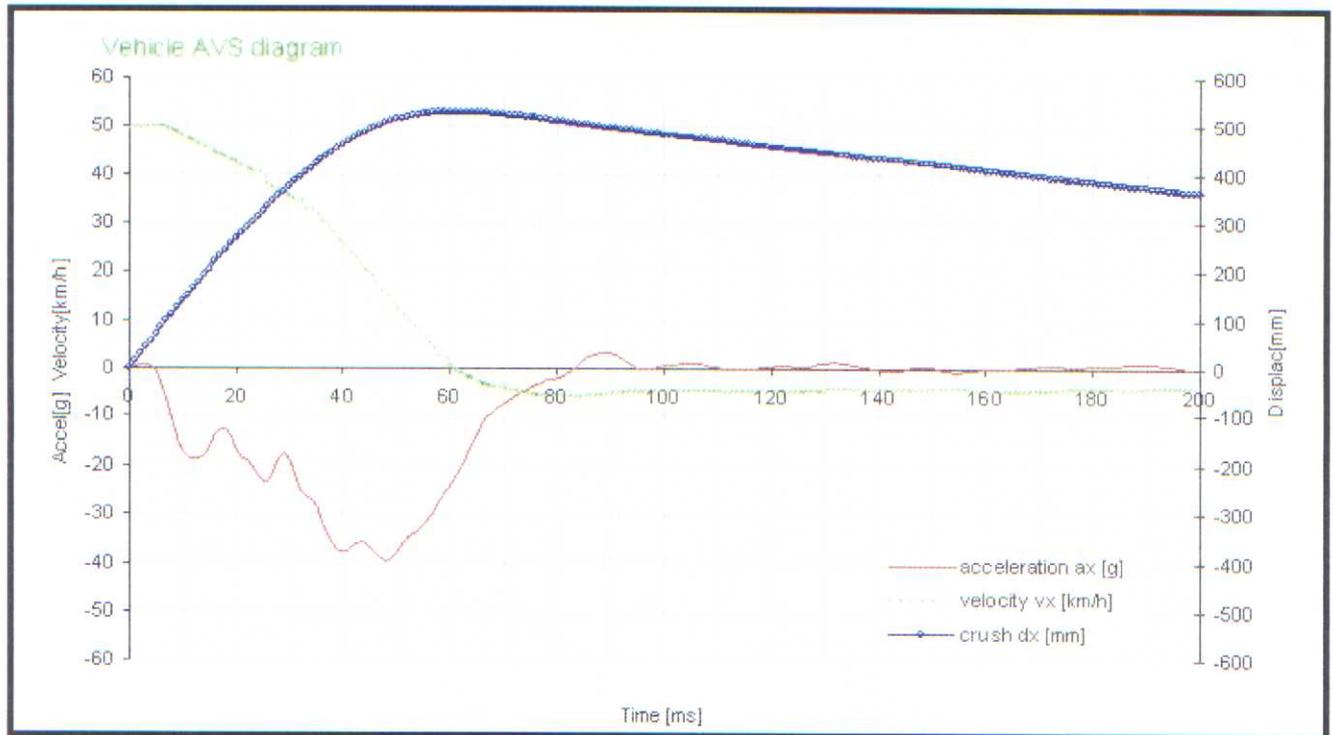


Figura 55. Teste IV: Curva Aceleração x Velocidade x Deformação Dinâmica

RESULTADOS

Ruptura parcial da costura de uma das fixações do cinto infantil (que o liga à carroceria do veículo), com grande movimentação para a frente, posterior 'ricochete' para trás e finalizando com o 'dummy' caído de cabeça para baixo.

Body region	Injury Criterion	[Dim]	In-house	Position
			H3-6Y	Pass Le
Head	HIC	[-]	700 (10 ms)	945
	Max. Acceleration >3ms Peak	[g]	-	100,0
Neck	Moment Flexion [+My]	[Nm]	45	127,0
	Extension [-My]	[Nm]	13	13
	Moment Lateral [+Mx]	[Nm]	42 (10 ms)	10
	Moment Rotat. [+Mz]	[Nm]	24 (10 ms)	9
	* Shear Load [Fx]	[N]	-	289
	* Compr. Load [-Fz]	[N]	1920 (10 ms)	892
Chest	* Tensile Load [+Fz]	[N]	1490 (10 ms)	2196
	TE	[-]	1	0
	TF	[-]	1	0
	CE	[-]	1	0
Chest	CF	[-]	1	0
	Max. acceleration > 3ms	[g]	60	59,0
	Compression	[mm]	40	16,0
	Viscous Criterion	[m/s]	-	-

Tabela 10. Teste IV: Índices de lesão do 'dummy'

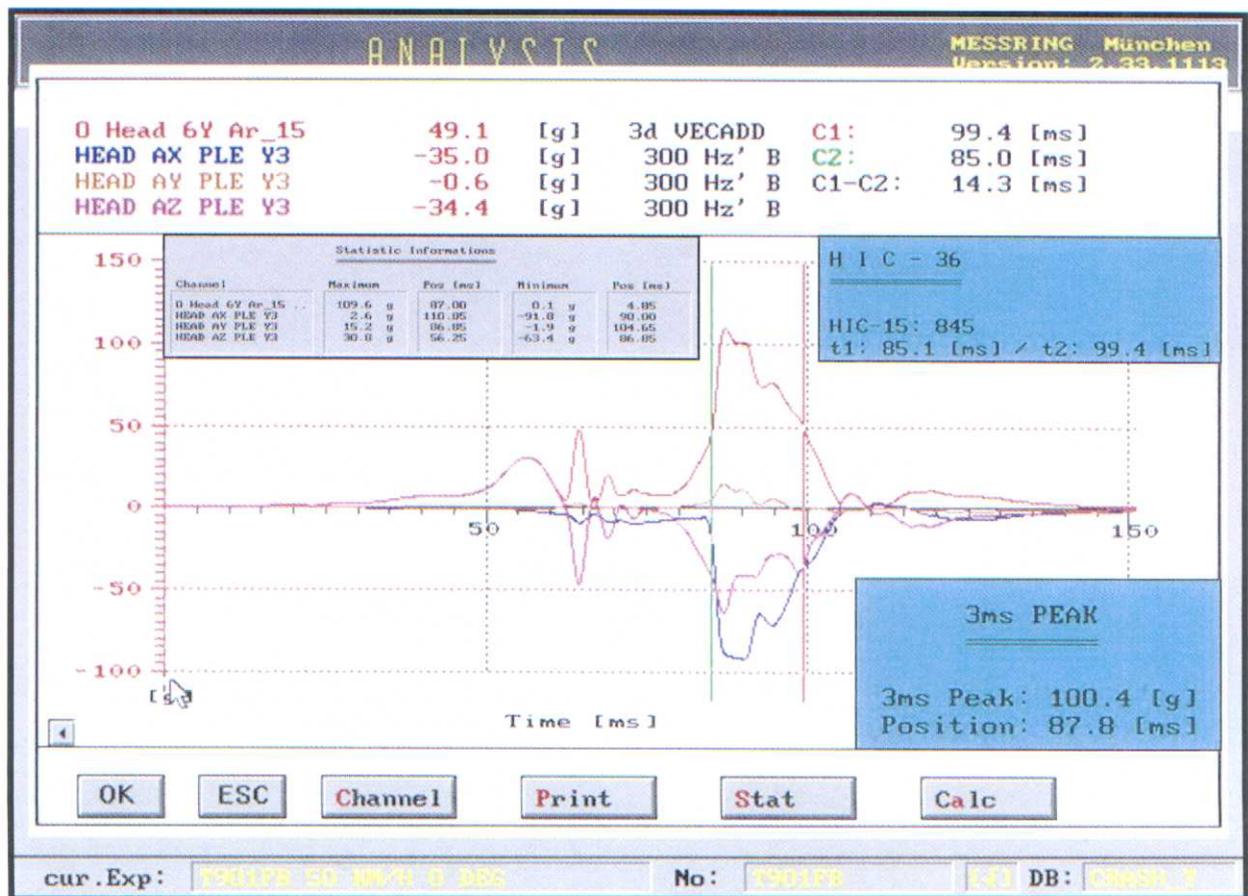


Figura 56. Teste IV: Curvas de aceleração (triaxial) medidas na cabeça do 'dummy'

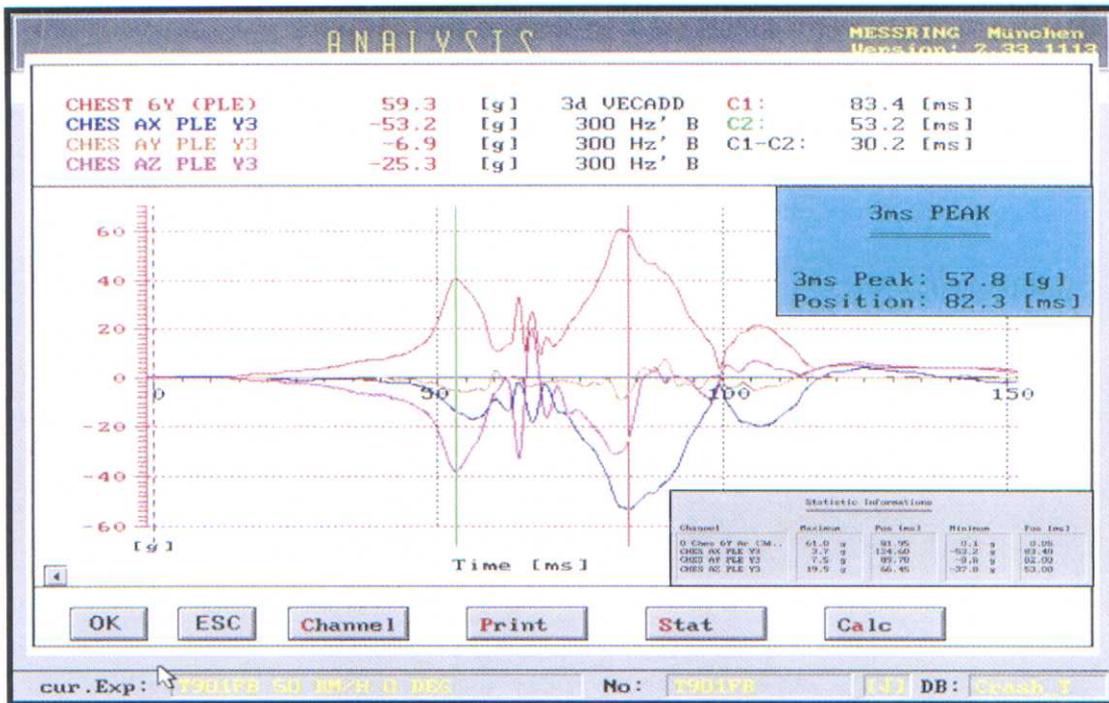


Figura 57. Teste IV: Curvas de aceleração (triaxial) medidas no tórax do 'dummy'

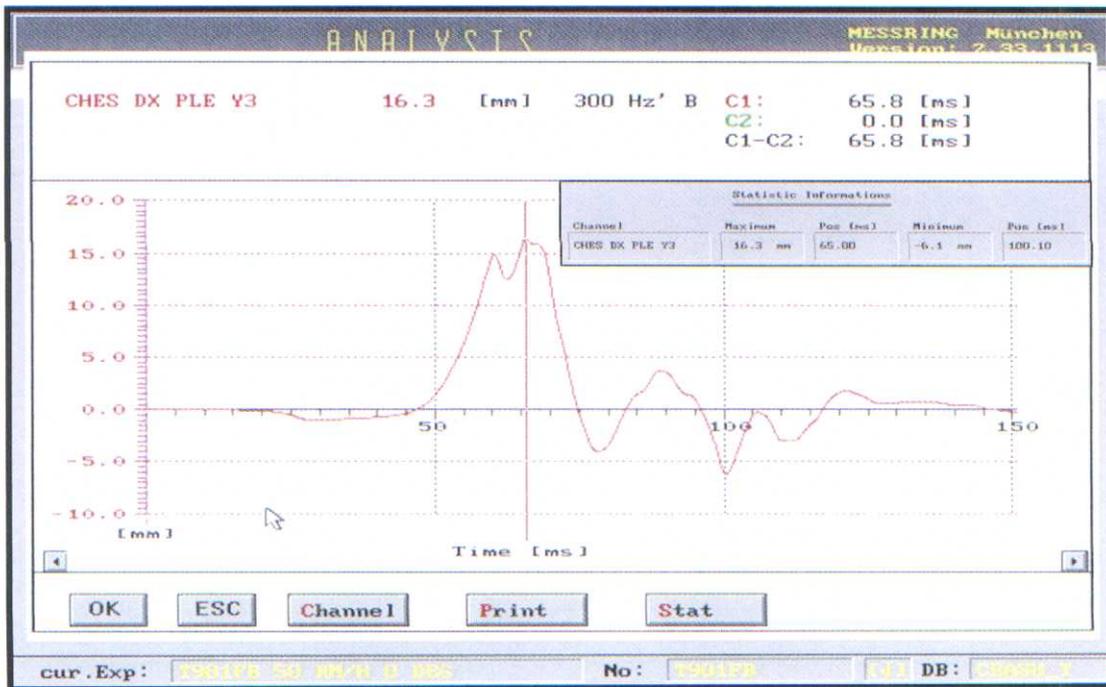


Figura 58. Teste IV: Curva de deformação longitudinal do tórax do 'dummy'

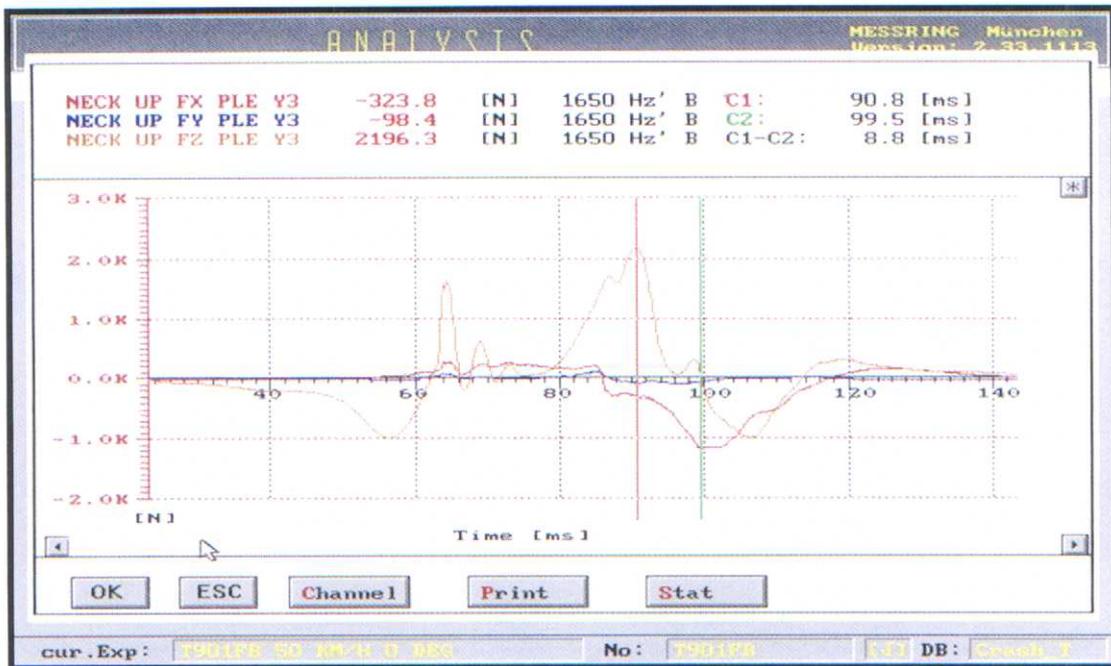


Figura 59. Teste IV: Curvas de força (triaxial) medidas no pescoço do 'dummy'

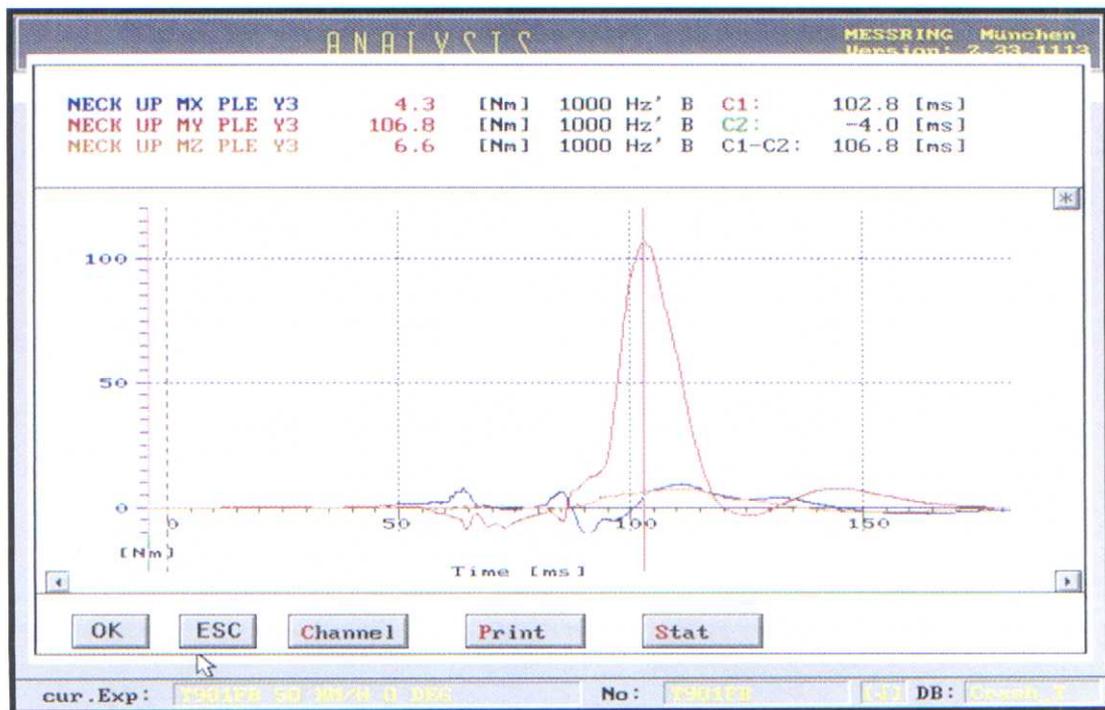


Figura 60. Teste IV: Curvas de momento (triaxial) medidas no pescoço do 'dummy'

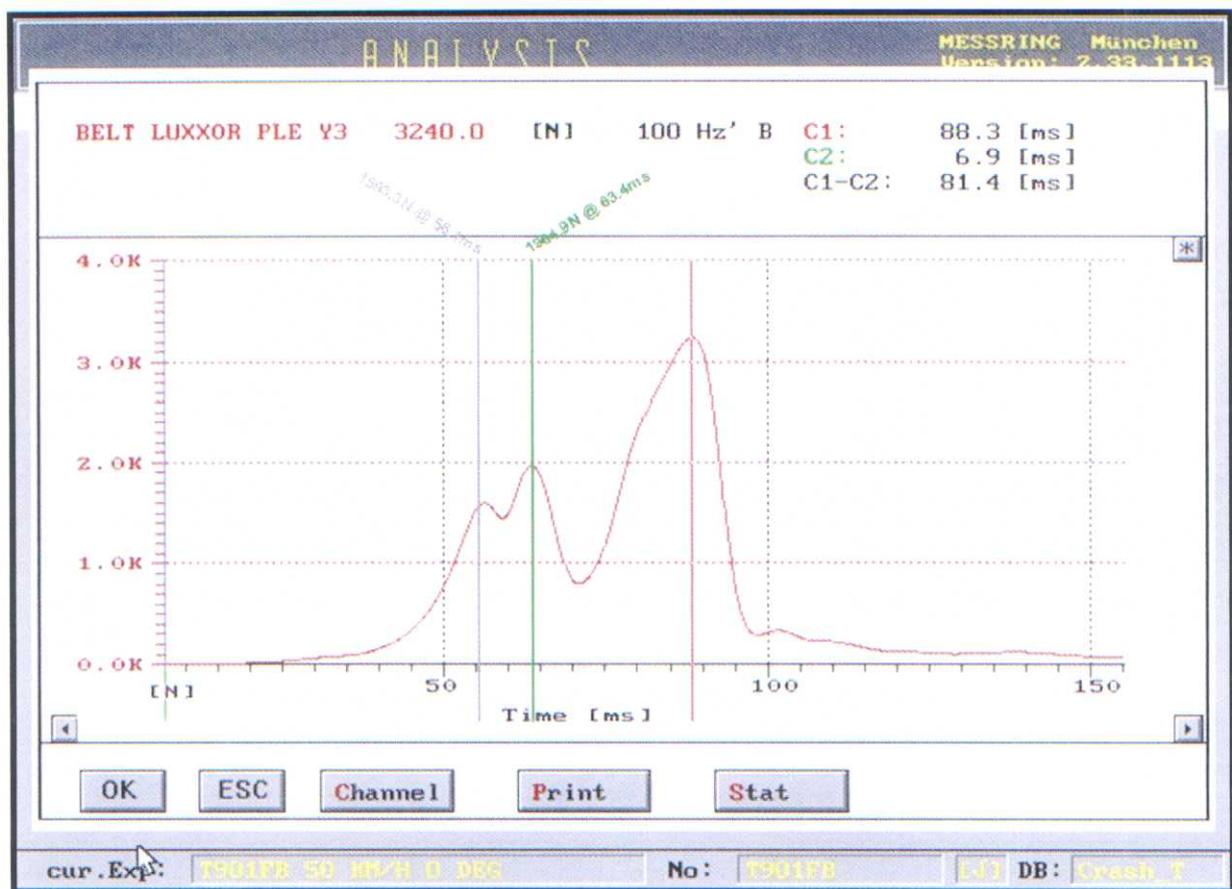
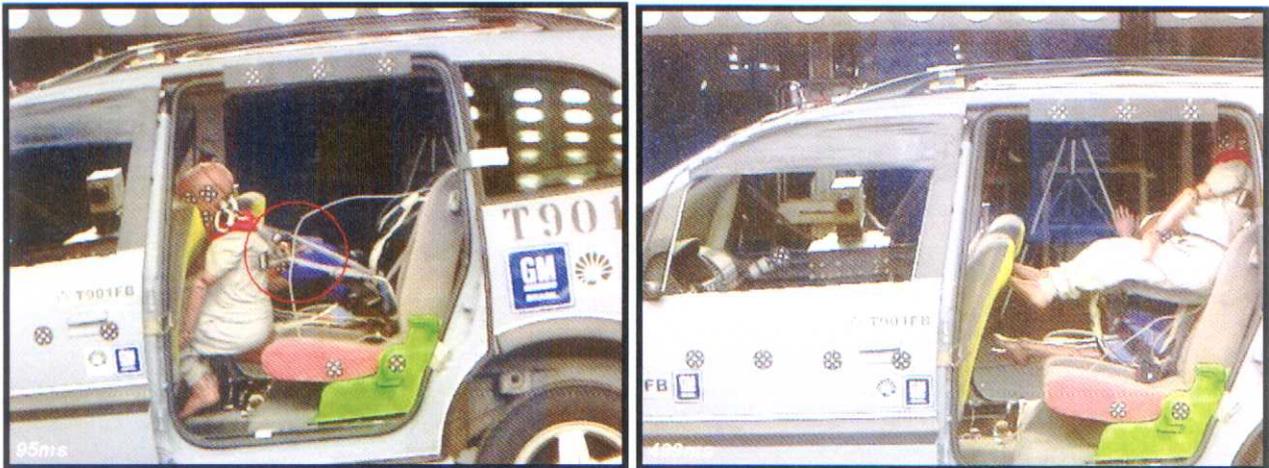


Figura 61. Teste IV: Forças medidas no cadoço traseiro do cinto infantil



Figuras 62 e 63. Teste IV: Impacto dos joelhos e cabeça do ‘dummy’ na parte traseira do encosto do banco dianteiro lado esquerdo



Figuras 64 e 65. Teste IV: Movimentação do 'dummy' para a frente e 'ricochete' para trás



Figuras 66 a 70. Teste IV: Posição final do 'dummy' após o teste

Capítulo 5

Discussão dos Resultados

O objetivo principal deste trabalho, foi o de confrontar os cintos de segurança infantis com os requisitos especificados no item 5.1.4 (*ensaios dinâmicos*) da Norma NBR 14400 ¹ da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a qual estabelece os 'Requisitos de Segurança para Dispositivos de Retenção para Crianças em Veículos Rodoviários'.

Como critério de seleção dos dispositivos ensaiados, optou-se por se avaliar os extremos compreendidos entre o 'mais' e o 'menos' resistente dos produtos disponíveis no mercado, através de uma avaliação técnica subjetiva do projeto, manufatura e dos materiais empregados em sua fabricação.

Muito embora a quantidade de testes seja relativamente pequena visando também a redução dos custos deste trabalho, os resultados são representativos porque:

- Demonstram que o conceito de 'retenção' não é atendido, em diferentes situações de impacto, posicionamento da criança e/ou marca/modelo de cinto infantil
- A realização dos testes segue um procedimento rígido preservando-se a representatividade e repetibilidade, cujos ensaios são executados procurando-se manter sempre a mesma configuração do anteriormente realizado visando a obtenção de um mesmo comportamento
- Qualquer falha ocorrida em algum componente voltado à proteção dos ocupantes, mesmo que única, deve ser analisada com rigor e solucionada, visando-se a preservação da vida

Especificamente com relação ao ‘ensaio dinâmico’, é possível definir 3 níveis de critérios na aprovação de um dispositivo de retenção para crianças:

- 1º Não pode ocorrer qualquer ruptura no dispositivo que venha a comprometer a retenção da criança, estando automaticamente reprovado caso isto venha a ocorrer
- 2º O deslocamento da cabeça do boneco de teste deve ser inferior a 550mm durante o impacto (para dispositivos voltados para a frente do veículo), estando automaticamente reprovado caso ultrapasse este valor
- 3º Níveis de lesão (cabeça, tórax e abdômen) devem estar abaixo dos limites especificados

Foi possível perceber através dos testes, o risco no qual as crianças estão sujeitas com o uso deste tipo de dispositivo, uma vez que não garantem a retenção necessária em caso de acidente de trânsito real, sendo muitas vezes construídos com materiais que não oferecem qualquer resistência às solicitações dinâmicas envolvidas em uma colisão veicular (vide tabela 11).

TESTE		I	II	III	IV	LIMITES			
DESCRIÇÃO		'SLED' (Pulso NBR 14400)	IMPACTO FRONTAL 50 km/h / 0°			1 N 4 B 4 R 0 0	FMVSS 208 ⁽¹⁾		
CINTO INFANTIL		Marca '1'			Marca '2'				
'DUMMY'		3Y			6Y		3Y	6Y	
POSIÇÃO (banco traseiro)		Sentado / Centro	Sentado / LE	Deitado	Sentado / LE				
P E R F O R M A N C E	CADARÇO	Ruptura	Fixação Traseira	Fixação Traseira	Fixação Traseira	Costura Fix. Traseira:	Sem Ruptura		
		Máx. Força (kgf)	153,8@105,6ms	217,7@85,1ms	99,7@68,2ms		162,7@56,1ms /		
	FECHO	Ruptura	Sim	Sim	Sim	220,5@63,4ms /	Sem Ruptura		
Máx. Força (kgf)		135,8@87,8ms	126,5@61,6ms	94,1@52,2ms	330,6@88,3ms				
ACELERAÇÃO VEÍCULO _{pico} (g)		26,0@64ms	60,5@36ms	37,6@48ms	39,5@48ms				
L E S Õ E S	CABEÇA	HIC _{15ms}	175	460	259 / 355 ⁽²⁾	845		570	700
		Aceleração Resultante _{pico} (g)	50,9@108,7ms	72,0@79,8ms	95,5@118,2ms / 124,7@279,2ms ⁽²⁾	100,4@82,3ms			
		Aceleração Resultante _{>3ms} (g)	46,8@107,8ms	66,4@80,2ms	73,4@118,3ms / 74,7@280,0ms ⁽²⁾	109,6@87,0ms			
	TÓRAX	Aceleração Resultante _{>3ms} (g)	29,0@105,4ms	49,8@86,9ms	55,7@117,4ms	57,8@82,3ms	55	55	60
		Aceleração Vertical _{máxima} (g)	18,9@77,1ms	50,2@58,2ms	19,0@95,2ms ('dummy' deitado)	37,7@53,2ms	30		
		Compressão (mm)				16@???		34	40
PESCOÇO	Força Tração (kgf)				224,1@90,8ms		115,2	151,9	
	Momento Extensão (Nm)				127,0@102,8ms ⁽³⁾		68	93	

(1) Norma americana que especifica requisitos de lesão para 'dummies' infantis, em testes de impacto frontal / 50 km/h / 0° / 100% 'offset' / Barreira Rígida

(2) Níveis de lesão calculados considerando-se apenas o tempo da 'ação' / tempo total ('ação e-reação')

(3) Momento de Extensão do pescoço é calculado através da somatória $My + 0,01778Fx$

Tabela 11. Resultados comparativos dos testes

Pela tabela 11, pode-se ainda observar que os índices de lesão a serem medidos de acordo com a Norma NBR 14400 ¹ não são completos, uma vez que levam em consideração apenas os órgãos internos do tórax e deslocamento da cabeça da criança, não considerando lesões internas à cabeça (muito embora o HIC tenha sido considerado neste trabalho), deformação do tórax (apenas do abdômen), lesões no pescoço (forças de tração / compressão / cisalhamento e/ou momento de flexão / extensão) e/ou membros inferiores.

Os dummies utilizados também não são capazes de:

1. Avaliar rupturas gerais na estrutura óssea do corpo humano (nariz, osso da face, clavícula, costelas, membros superiores, etc)
2. Medir a penetração abdominal em cada um dos testes, uma vez que os ‘dummies’ utilizados não eram dotados da massa moldável especificada na norma ECE R44.03 ²
3. Representar lesões nos olhos, pele e etc

Além disso, e como em praticamente todos os casos houve a ruptura do cinto de segurança e/ou do fecho do cinto infantil com baixa sollicitação relativa (menos de 100kgf nos casos aqui analisados, quando cada cinto de um cinto de segurança que normalmente equipa os veículos nacionais deva suportar uma força estática de 1350kgf de acordo com a Norma NBR 6091 ⁵ da ABNT (‘Veículos Rodoviários - Ancoragem dos cintos de segurança - Localização e resistência à tração’), ou seja, com pouca ou nenhuma retenção do corpo do ‘dummy’ que pudesse gerar desacelerações e/ou deformações no esqueleto perigosas aos órgãos internos do corpo da criança.

Isto nos dá um forte indicativo do porquê que, nos testes realizados, alguns dos índices de lesão ficaram abaixo dos limites especificados, apesar do grande risco causado pelos impactos generalizados do ‘dummy’ contra o encosto dos bancos dianteiros, colunas e etc devido ao seu excessivo deslocamento à frente (*muito embora os componentes internos dos veículos atuais sejam normalmente projetados para não oferecerem riscos adicionais ao corpo dos ocupantes em caso de contato extremo*).

É importante destacar no entanto que, atualmente no Brasil, não há qualquer laboratório capacitado para executar o item ‘ensaio dinâmico’ exatamente de acordo com a Norma NBR 14400¹, seja pela falta de dispositivos universais, procedimentos de execução/medição e/ou pela falta dos ‘dummies’ corretos (vide item 3.3).

Devido a isso, conclui-se que os testes dinâmicos executados visando a certificação de dispositivos de retenção de crianças servem apenas para a ‘reprovação’ destes, não sendo suficientes para a sua ‘aprovação’, enquanto não houver um laboratório devidamente equipado para atender com rigor a todos os requisitos especificados na Norma, fato este que também pode colocar em dúvida a eficácia dos dispositivos certificados no país até o momento.

Apesar disso, a recomendação é de que sejam adquiridas somente cadeiras de criança com selo de certificação, seja do INMETRO (testadas pela Norma NBR 14400¹ brasileira pois de qualquer maneira têm condições de proporcionar um melhor nível de proteção uma vez que mantêm a criança numa posição correta, mais confortável e garantem sua retenção em caso de colisão do veículo), seja pelas equivalentes Normas ECE R44 europeia² e/ou FMVSS 213 americana³ conforme já comentado neste trabalho.

Faz-se necessário ressaltar ainda, que é um grande equívoco dos pais acharem que seus filhos não querem ficar sentados nas cadeirinhas por ficarem ‘presos’ e, por isso, ‘incomodados’.

Por não se sentirem confortáveis e devidamente estáveis nos assentos dos automóveis (uma vez que estes foram projetados para adultos de estatura mediana - vide pág. 51, item 1), e por serem naturalmente curiosos e irrequietos, tornam-se ainda mais agitados, colocando em risco sua própria segurança e a de todos os ocupantes do veículo, na medida em que podem vir a causar um acidente ao distrair a atenção do motorista.

Ao passo que, correta e confortavelmente instaladas em cadeiras de criança especialmente projetadas para seu tipo físico, com sua visão restringida a praticamente um ‘ponto único’ e acalentadas pelo ruído constante do motor, provavelmente adormecerão com facilidade e em pouco tempo, tornando a viagem muito mais segura e agradável a todos, especialmente às próprias crianças.

Capítulo 6

Conclusões

Foi comprovado por meio dos ensaios dinâmicos realizados em confrontação à Norma NBR 14400¹, que os cintos de segurança infantis não garantem a necessária proteção da criança em situações de colisão frontal de trânsito:

1. Seja pelo excessivo deslocamento do ‘dummy’, causado pela ineficiência do sistema de retenção
2. Seja pela baixa qualidade dos materiais utilizados, apresentando rupturas generalizadas por não suportarem as solicitações dinâmicas envolvidas
3. Seja por sobrecarregar o encosto do banco traseiro do veículo, o qual não foi projetado para a função de fixação de quaisquer tipos de cintos de segurança na maioria dos veículos nacionais
4. Seja por não permitir uma posição estável e segura que minimize as conseqüências do impacto do veículo no corpo da criança

Torna-se necessário destacar ainda que, analisando-se os cintos de segurança infantis à luz das outras exigências de projeto e construção também especificadas na Norma NBR 14400¹ e da biomecânica do corpo humano, estes dispositivos não poderiam ser aprovados mesmo sem a realização de qualquer tipo de ensaio dinâmico, pelos seguintes fatos:

1. Os assentos dos veículos automotores são projetados considerando principalmente o posicionamento do 'Ponto H' (*centro de articulação da pelvis*) de pessoas adultas de estatura mediana, garantindo conforto e estabilidade adequados durante a rodagem normal do veículo; por isso, como as dimensões de uma criança são significativamente diferentes das de um adulto, os cintos infantis não garantem essas condições, as quais só poderão ser atingidas com assentos desenvolvidos especialmente para o biotipo delas
2. Como é utilizado um cadarço que envolve o encosto do banco traseiro do veículo para a fixação das tiras do cinto de segurança infantil, a probabilidade de que ocorra uma deformação excessiva e/ou soltura completa do encosto durante a colisão é grande, uma vez que não foi projetado para suportar a carga adicional da inércia do corpo da criança, aumentando conseqüentemente o risco de lesões graves ou até mesmo fatais
3. A rigor, este tipo de fixação também não pode ser permitido, uma vez que todas as ancoragens (fixações) de cintos de segurança veiculares devam atender aos requisitos de resistência à tração da Norma NBR 6091 ⁵ e pela qual o banco traseiro não foi projetado
4. Como as alças dos cintos infantis deslocam-se livres através do cadarço montado no encosto do banco traseiro do veículo, é bem provável que não se consiga atender ao requisito de capotamento estático descrito nos itens 5.1.3 e 7.1.2 da Norma NBR 14400 ¹, para o qual a cabeça do 'dummy' não deva se deslocar mais do que 300mm na direção vertical da sua posição original em relação ao banco de ensaio, ao se rotacionar o conjunto em 360° para ambos os lados esquerdo e direito
5. O cinto de segurança infantil permite que a criança fique deitada no banco traseiro ao adormecer, posição esta que não atende ao item 4.2.1.4 Norma NBR 14400 ¹, que especifica que '*os dispositivos de retenção dos grupos 0, 0+ e I devem manter a criança em posição tal que garanta a proteção necessária quando a criança estiver adormecida*', o que vai ao encontro do observado no teste III (vide item 4.3)

6. De acordo com os itens 4.2.3 e 4.2.4 da Norma NBR 14400¹, o dispositivo de retenção não deve causar incômodo, assumir uma configuração perigosa e/ou submeter as partes frágeis do corpo da criança (abdômen, região entre as pernas, etc) a solicitações excessivas
7. Esta Norma ainda exige no item 4.2.1.5, que *‘todos os dispositivos de retenção para crianças voltados para a frente do grupo I’* tenham uma tira entre as pernas para evitar que a criança escorregue do dispositivo durante a colisão e/ou pela sua própria movimentação
8. Assim, como os cintos de segurança infantis não possuem esta tira, que também evite que o dispositivo se movimente para cima ou para baixo e venha conseqüentemente a pressionar a região do abdômen, púbis e/ou parte de baixo dos braços, não há qualquer garantia de que as cargas dinâmicas sofridas sejam efetivamente transmitidas para os pontos mais fortes do corpo da criança (clavícula e pélvis), o que já pôde ser verificado durante a instalação, ajuste e aperto dos dispositivos no ‘dummy’ e confirmado durante os testes realizados:



Figuras 71 a 74. Posicionamento das tiras e fecho dos cintos de segurança infantis por sobre o abdômen e por baixo dos braços do ‘dummy’

Capítulo 7

Sugestões para Futuros Trabalhos

A Norma NBR 14400 ¹, apesar de especificar '*Requisitos de Segurança para Dispositivos de Retenção para Crianças em Veículos Rodoviários*', trata apenas de casos de colisão frontal do veículo, não cobrindo outras configurações de acidentes de trânsito, como laterais, traseiros (este é considerado apenas para dispositivos voltados para a traseira do veículo) e/ou capotamento dinâmico (significativamente mais severo do que o requisito de capotamento estático nela especificado).

Muito embora não haja regulamentação específica a respeito até o momento, uma proteção eficiente em impactos laterais é um tópico muito importante, sendo objeto de estudos por diversas entidades internacionais, das quais citamos a ISO ('International Organisation for Standardisation'), ADAC ('Allgemeiner Deutscher Automobil-Club') e TUB-SIPCRS ('Technische Universität Berlin – Side Impact Test Procedure for Child Restraint Systems') ¹⁹.

Assim sendo, estudos adicionais com cadeiras de criança previamente certificadas pela Norma NBR 14400 ¹ poderiam ser desenvolvidos, submetendo-as a outros tipos de colisão (frontais em ângulo e/ou 'offset', laterais, traseiros, capotamento dinâmico e etc), visando a obtenção de parâmetros adicionais para a definição de requisitos de segurança mais completos e eficientes para o projeto e construção de qualquer tipo de dispositivo de retenção para crianças no futuro.

Referências Bibliográficas

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Veículos rodoviários - Dispositivos de Retenção para Crianças - Requisitos de segurança: NBR 14400. Rio de Janeiro, 1999. 49p.
2. ECONOMIC COMMISSION EUROPE. Uniform Provisions Concerning the Approval of Restraining Devices for Child Occupants in Power-Driven Vehicles ('Child Restraint System'): ECE R44.03. United Nations, 2000. 130p.
3. FEDERAL MOTOR VEHICLE SAFETY STANDARD. Child Restraint System for Use in Motor Vehicles and Aircraft: FMVSS 213. USA, 2004. 47p.
4. FEDERAL REGISTER Test Dummy Specifications: PART 572. USA. 2000.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Veículos Rodoviários - Ancoragem dos cintos de segurança - Localização e resistência à tração: NBR 6091. Rio de Janeiro, 1999. 12p.
6. RESOLUÇÃO N° 15/98. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Brasília, 1998. 2p.

7. The History of Car Seats – The Ride That Saves Lives. Disponível em:
[http://www.pregnancy-place.com/The History of Car Seats The Ride That Saves Lives.html](http://www.pregnancy-place.com/The_History_of_Car_Seats_The_Ride_That_Saves_Lives.html). Acesso em: 04 Junho 2005.
8. Cadeirinhas Salva-Vidas. Disponível em:
http://www.amputadosvencedores.com.br/cadeirinhas_salva.htm. Acesso em: 04 Junho 2005.
9. Children – Traffic Safety Facts 1996. Disponível em
<http://www.usroads.com/journals/aruj/9802/ru980201.htm> Acesso em: 04 Junho 2005.
10. Suportes de Elevação Protegem Crianças em Acidentes de Carro. Disponível em
http://ultimosegundo.ig.com.br/materias/nytimes/1223001-1223500/1223474/1223474_1.xml. Acesso em: 04 Junho 2005.
11. Mellander, H., The History of Automotive Safety, In: CHALMERS, The Global Automotive Safety Engineering. USA. 2004.
12. Arruda, A. C. F., Romaro, M. Projeto Criança & Segurança, In: XV PRÊMIO VOLVO DE SEGURANÇA NO TRÂNSITO. Menção Honrosa. Curitiba. 2004.
13. Romaro, M., Arruda, A. C. F. COMPORTAMENTO DOS CINTOS DE SEGURANÇA INFANTIS EM IMPACTOS VEICULARES (CONFRONTAÇÃO COM OS REQUISITOS DE SEGURANÇA VEICULAR DA NORMA NBR 14400 DA ABNT), In: CONGRESSO SAE BRASIL 2004. Anais... São Paulo: SAE 2004-01-3375P.

14. Brandão, A. C., Mendes, C. N. R. P., Ruiz, D. C., Martins, E. R., Rutkauskas, M. G., Massarani, M. Aplicação da Engenharia do Valor na utilização de um Assento de Segurança Infantil. In: Congresso SAE BRASIL 2004, São Paulo, 2004. Anais... São Paulo.

15. Gaspar V. L. V., Lamounier, J. A., Cunha, F. M., Gaspar, J. C. Fatores relacionados a Hospitalizações por Injúrias em Crianças e Adolescentes. *Jornal de Pediatria*, Vol.8, Nº6, 2004. pp. 447-412.

16. ADAC-Kindersitztest 2004. Disponível em <http://www.adac.de/Tests/Kindersitze/default.asp> . Acesso: 01 julho 2004.

17. Ono, Y., Hosono, T., Kimura, Y., Takatori, O. Child Restraint System Assessment Program in Japan. Japan Automobile Research Institute. Japan. 2004. 11p.

18. Peden M, Scurfield R, Sleet D, Mohan D, Hyder AA, Jarawan E, et al. The fundamentals. In: World report on road traffic injury prevention. Geneva: World Health Organization; 2004. pp. 3-29.

19. Johanssen, H., Schöneich O., Gehre, C., Schindlre, V. Restrained Children in Side Impacts – Cashtests and Simulation. In: Protection of Children in Cars, 2003, Cologne. Berlin: Technische Universität Berlin, 2003, 15p.

20. Eichelberger M.D., M. R. The Vaccine that Prevents “Accidents”. In: ANNUAL MEETING OF THE DIRECTING COUNCIL of the Pan American Health Organization. Washington, DC. 2003. 5p.

21. NATIONAL ORGANIZATION FOR AUTOMOTIVE SAFETY AND VICTIM’S AID (OSA). Child Seat Safety Performance Comparison Tests. Japan. 2003. 5p.

22. Blank D. Prevenção e controle de injúrias físicas: saímos ou não do século 20? J Pediatric (Rio J). 2002;78:84-6.
23. Peden M, McGee K, Sharma G. The injury chart book: a graphical overview of the global burden of injuries [revista eletrônica].[citado 3 de julho de 2004]; Geneva: World Health Organization; 2002; [aproximadamente 76 p.]. Disponível em: http://www5.who.int/violence_injury_prevention. Acesso em: 04 Junho 2005.
24. Agran PF, Winn D, Anderson C, Trent R, Walton-Haynes L. Rates of pediatric and adolescent injuries by year of age. Pediatrics. 2001;108(3):E45.
25. Martin, A. Child Safety TopTech for Child Passenger Safety Project. SAE Forum, Philadelphia, 1998. 5p.
26. Charlton, J. L., Fildes, B., Olsson, T., Truedsson, N., Smith, S., Kobus, J., Kelly, P. Evaluation of Child Restraints for Holden Commodores, Australia Paper N° 474. 5p.
27. Romaro, M. Segurança Veicular: A Contribuição da Correta divulgação de seus Conceitos para a Segurança no Trânsito. In: Congresso SAE BRASIL 98, São Paulo, 1998. Anais... São Paulo.
28. Beel, R., Burleigh, D. An Empirical Comparison of the FMVSS 213 and ECE 44.03 Standards for Child Restraints. In: Second Child Occupant Protection Symposium Lake Buena Vista, 1997, Florida. *Proceedings...* Warrendale: USA Society of Automotive Engineers, Inc., 1997, pp. 195-205.

29. Hummel, Th., Langwieder, K., Finkbeiner, F., Hell, W. Injury Risks, Misuse Rates and the Effect of Misuse depending on the Kind of Child Restraint System. In: Second Child Occupant Protection Symposium Lake Buena Vista, 1997, Florida. *Proceedings...* Warrendale: USA Society of Automotive Engineers, Inc., 1997, pp. 165-180.
30. Romaro, M. Saiba como Transportar Crianças com Segurança. ANTECIPAR. Boletim Informativo CIPA. Itáú Seguros. São Paulo, 1995.
31. Romaro, M.; Onusic, H.; Fiehl G. Accident Analysis with Commercial Vehicles and its Contribution to the Development of Vehicle Safety. In: Congresso SAE BRASIL 95, São Paulo, 1995. Anais... São Paulo: SAE 952193E.
32. Romaro, M., Onusic, H., Fiehl, G. Considerations Concerning of Traffic Accident Analysis. In: World Congress of the International Association of Accident and Traffic Medicine, 13., São Paulo, 1994. *Proceedings...*
33. Birch, S. Safety and its progress. *Automotive Engineering International*. Brimfield OH, v. 72, n. 9, p. 33-39, 1993.
34. Huijskens, C. G., Janssen, E. G., Verschut, R. The Influence of Asymmetrical Lower Belt Anchorage Locations on the Crash Performance of Child Restraint Systems. In: International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impacts, 1993, Netherlands. *Proceedings...* Bron: France International Research Council of Biokinetics of Impacts, 1993, pp. 407-420.
35. Nahum, A. M; Melvin, J. W. Accidental Injury - Biomechanics and Prevention. 1993, pp. 151-197.

36. Hyde, A. S., Ph.d, M.D. Crash Injuries: How and Why They Happen - A Primer for Anyone Cares about People in Cars. 1992, pp. 211-259.
37. Langwieder, K., Hummel, Th. New Aspects for Optimizing Child Restarint Systems: Experiences from Accidents, Trolley Tests and Interviews. In: 13th International technical Conference on Experimental Safety Vehicles, 1991, Paris. *Proceedings...* Warrendale: USA National Highway Traffic Safety Adminitration, 1991, pp. 330-340.
38. Lehfeld, G. M. Uma Abordagem sobre a Evolução da Segurança Veicular. In: Seminário de Segurança Veicular, Associação Brasileira de Eng^a Automotiva (AEA), São Paulo, 1991. Resumos... São Paulo: Publicações AEA, 1991, pp. 20-44.
39. Roy, A. P., Hill, K. J., Lowne, R. W. The Performance of Child Restarint Systems in Side Impacts. In: Twelfth International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles, Gotebörg, 1989. *Proceedings...* USA: National Highway Traffic Safety Administration, 1989, pp. 55-61.
40. Robbins, W.J., Brody, S., Hogan, A.G., et al: Growth. New Haven, Yale, University Press, 1928.