

**ANDRÉ RICARDO LIMA**

**ESTUDO INTRODUTÓRIO DAS VARIÁVEIS QUE  
INFLUENCIAM O CONFORTO ERGONÔMICO DE  
ASSENTOS AUTOMOTIVOS DURANTE O  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção  
do Título de Mestre Profissional em  
Engenharia Automotiva

São Paulo

2006

**ANDRÉ RICARDO LIMA**

**ESTUDO INTRODUTÓRIO DAS VARIÁVEIS QUE  
INFLUENCIAM O CONFORTO ERGONÔMICO DE  
ASSENTOS AUTOMOTIVOS DURANTE O  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção  
do título de Mestre Profissional em  
Engenharia Automotiva

Área de Concentração:  
Engenharia Automotiva

Orientador:  
Arlindo Tribess

São Paulo

2006

## DEDICATÓRIA

Ao meu amado filho Tarik S. F. Lima pelo incentivo “Papai você nunca desisti” e que desde os primeiros momentos de sua vida tem sido a maior fonte de motivação, sustentação e amor que me impulsiona a “nunca desistir”.

A Valéria Zerbini de Souza, minha amada e meu anjo protetor, que durante todo o curso, com muita paciência e amor sempre me motivou e ajudou a superar todos os obstáculos.

A minha mãe Maria inicialmente pelo amor, depois pelo constante apoio e confiança em toda minha formação acadêmica e por fim como exemplo de ser humano.

A minha avó Flor pela educação e eterno carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Arlindo Tribess, pela paciência, compreensão, confiança e apoio durante todo o desenvolvimento e concretização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Laerte Idal Sznelwar pelo direcionamento e discussões técnicas.

Aos professores da Escola Politécnica da USP e colegas, pelos momentos de troca de conhecimento e experiência presentes em todas as disciplinas, trabalhos e pesquisas.

Aos colegas de trabalho e profissionais da área por cada contribuição ao longo desta jornada, especialmente ao amigo Sérgio Mitsuo Hatano pela paciência e conselhos.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.

Uma menção especial àqueles que sempre estiveram ao meu lado, confiantes e sempre dispostos a ajudar-me nesse caminho nada trivial, repleto de tantos obstáculos e desafios.

Um forte e carinhoso abraço!

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Contexto .....	1
1.2 Objetivo do Estudo .....	3
1.3 Organização do trabalho .....	5
2. CONCEITOS DE ERGONOMIA .....	6
2.1 Introdução.....	6
2.2 Fundamentos da Ergonomia.....	7
2.3 Ação Ergonômica .....	9
2.4 Fadiga / Biomecânica .....	12
2.5 Aspectos da Posição Sentada .....	14
3. ASSENTOS AUTOMOTIVOS.....	19
3.1 Assentos x Ergonomia.....	19
3.2 Funções.....	22
3.3 Componentes .....	24
3.3.1 Estrutura Metálicas .....	24
3.3.2 Mecanismos .....	27
3.3.3 Espumas .....	32
3.3.4 Revestimentos.....	39
4. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO .....	42

4.1 Definições.....	42
4.2 Fases .....	43
4.3 Desenvolvimento de assentos automotivos.....	45
4.3.1 Recomendações técnicas .....	51
4.4 Usabilidade.....	57
5. Análise das variáveis ergonômicas em assentos automotivos.....	61
5.1 Introdução .....	61
5.2 Variável 01: A opinião e percepção do condutor .....	61
5.3 Variável 02: Antropometria dos condutores.....	65
5.4 Variável 03: Vibrações sobre os condutores .....	73
5.5 Avaliação Estática: Conforto ergonômico do assento motorista não considerando previamente as variáveis de conforto.....	80
5.5.1 Objetivo da avaliação.....	80
5.5.2 Descrição dos veículos e assentos.....	80
5.5.3 Procedimento de avaliação .....	87
5.5.4 Perfil dos avaliadores .....	90
5.5.5 Resultados .....	90
6. CONCLUSÕES .....	99
7. BIBLIOGRAFIA .....	102
ANEXO A.....	105
ANEXO B.....	108
ANEXO C.....	110

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Visão simplificada da constituição muscular e óssea.	1
Figura 1.2	Assento Automotivo	4
Figura 2.1	Carro popular / Foco em sistemas básicos de ajuste do assento	6
Figura 2.2	Interdisciplinaridade da Ergonomia	8
Figura 2.3	Classificações da Ergonomia	11
Figura 2.4	Áreas para a complexa análise biomecânica do movimento humano	13
Figura 2.5	Representação da posição angular / Definição do modelo	14
Figura 2.6	Dores do sentado	15
Figura 3.1	Assento completo	20
Figura 3.2	Assento individual	20
Figura 3.3	Assento 100%.	23
Figura 3.4	Assento bi-partido	23
Figura 3.5	Assento integrado	23
Figura 3.6	Percentis 95, 50 e 5%.	23
Figura 3.7	Principais componentes de uma estrutura	25
Figura 3.8	Aplicação da mola ondulada	26
Figura 3.9	Aplicação de tela flexível como suspensão	26
Figura 3.10	Mecanismo reclinador linear (Modelo L2000 / Fonte: Empresa Keiper)	27
Figura 3.11	Mecanismo reclinador linear	28
Figura 3.12	Mecanismo infinitesimal (Modelo T2000 / Fonte: Empresa Keiper)	28
Figura 3.13	Aplicação do mecanismo infinitesimal	28

Figura 3.14	Trilho 2 vias (Fonte: Empresa Keiper)	29
Figura 3.15	Sistema lombar mecânico	30
Figura 3.16	Sistema lombar pneumático	30
Figura 3.17	Apoio de braço	31
Figura 3.18	Catraca do regulador de altura (vistas laterais)	32
Figura 3.19	Aplicação do mecanismo catracado	32
Figura 3.20	Espuma do assento	33
Figura 3.21	Espuma do encosto	34
Figura 3.22	Comparação entre efeito mola e histerese	36
Figura 3.23	Ilustração das reações de polimerização de isocianato e polioliol	36
Figura 3.24	Operação de vazamento da mistura	37
Figura 4.1	Exemplo da postura e interações do condutor	47
Figura 4.2	Dispositivo tridimensional Oscar	53
Figura 5.1	Exemplo de medidas antropométricas	65
Figura 5.2	Interação do sistema CAD	74
Figura 5.3	Evolução dos Sistemas CAD de análise	74
Figura 5.4	Zonas de Desconforto	76
Figura 5.5	Distribuição das frequências naturais de assentos, ocupantes e veículos.	76
Figura 5.6	Assento V1	81
Figura 5.7	Assento V2	82
Figura 5.8	Assento V3	83
Figura 5.9	Altura do habitáculo	84
Figura 5.10	Distância entre assento e teto	84
Figura 5.11	Distância entre assento e volante	84
Figura 5.12	Altura poplíteia	84

Figura 5.13	Largura do inserto do assento	85
Figura 5.14	Largura do inserto do encosto	85
Figura 5.16	Largura total do assento	85
Figura 5.17	Comprimento do assento	85
Figura 5.18	Altura do encosto	85
Figura 5.19	Altura da banana do encosto	86
Figura 5.20	Altura da banana do assento	86
Figura 5.21	Dispersão de notas / V1.	91
Figura 5.22	Dispersão de notas / V2.	91
Figura 5.23	Dispersão de notas / V3.	92
Figura 5.24	Comparação da nota total / V1, V2 e V3.	92
Figura 5.25	Questão 7 / V1.	94
Figura 5.26	Questão 8 / V1.	95
Figura 5.27	Questão 11 / V1	95
Figura 5.28	Questão 3 / V3.	96
Figura 5.29	Questão 06 / V3.	96
Figura 5.30	Questão 09 / V3.	97
Figura 5.31	Questão 10 / V3.	97

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Espuma – Propriedades físicas x unidades	38
Tabela 4.1	Componentes de interface com o assento	57
Tabela 4.2	Efeitos das frequências no organismo humano	57
Tabela 5.1	Medidas de antropometria estática, resumidas da norma alemã DIN 33402	68
Tabela 5.2	Medidas de antropometria estática da população norte-americana	58
Tabela 5.3	Espectro de frequências e suas conseqüências no corpo humano	78
Tabela 5.4	Densidade e dureza das espumas	83
Tabela 5.5	Medidas x Itens – V1, V2 e V3	86

## LISTA DE SÍMBOLOS

AET	Análise Ergonômica do Trabalho
ABERGO	Associação brasileira de Ergonomia
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health, USA
IEA	Associação Internacional de Ergonomia
LER	Lesões por esforço repetitivo
Ponto H	Ponto de referência para o desenvolvimento de projeto
ILD	Deflexão por força de indentação
CLD	Deflexão por força de compressão
TDI	Di-isocianato de Tolueno
MDI	Di-isocianato Difenil Metileno
QFD	Quality Function Deployment
CAD	Computer Aid Design
SAE	Sociedade de Engenharia Automotiva

## RESUMO

Os principais objetivos da engenharia de desenvolvimento de assentos automotivos, durante anos, visava apenas atender requisitos governamentais e especificados pelos clientes nas áreas de segurança e posicionamento dos ocupantes. Com o aumento do nível de exigências dos clientes e do crescimento da competitividade do mercado automotivo brasileiro, outras características dos assentos passaram a ser avaliadas e destacadas pelos consumidores finais.

Atenção especial foi direcionada ao conforto ergonômico proporcionado pelos assentos, especialmente após certo período de exposição. O desenvolvimento de assentos automotivos focado no conforto ergonômico pode tornar-se um diferencial de produto. No entanto, os projetos desenvolvidos nos últimos anos adaptaram-se rapidamente ao contexto automobilístico nacional: redução de custos. Projetar assentos confortáveis e de baixo custo passou a ser um grande desafio.

Os processos de desenvolvimento e avaliação do nível de conforto dos assentos são muitas vezes conduzidos sem análise prévia de importantes variáveis. Por meio do presente trabalho introdutório enfatiza-se a importância e entendimento básico dos principais conceitos relacionados às variáveis: opinião e percepção do condutor, antropometria e vibrações. Dessa forma pode-se direcionar o desenvolvimento de assentos automotivos confortáveis e de baixo custo avaliando antecipadamente o impacto de certas decisões de projeto sobre o conforto de novos produtos.

A análise das variáveis destacadas propiciou ao autor apresentar recomendações relacionadas à ergonomia de produto e avaliações subjetivas realizadas durante a fase de desenvolvimento. Dentre estas recomendações destacam-se: definição do biótipo foco do estudo, levantamento e pesquisa de opinião e percepção do público alvo, análise das propriedades dos componentes dos assentos visando reduzir vibrações e análise do ambiente do veículo foco.

## ABSTRACT

During years, the main objectives of the automotive seat development engineering were to respond to government requirements also specified by customers on safety and body positioning areas. Due to the increase of requirements from customers and to the competitiveness in the Brazilian automotive market other characteristics of automotive seat became important and began to be considered within evaluations, also being point-out by end-users.

Special attention was directed to ergonomic comfort provided by automotive seats, especially after a specific exposition period of time. The automotive seat development focused on ergonomic comfort can become a “stand-out” for the product. However, projects developed during the last years have been quickly adapted to the national automotive context: cost reduction. To design comfortable and low cost automotive seats have become the greatest challenge.

Processes of development and evaluation of comfort level for automotive seats are, many times, conducted without proper previous analysis of many variables. The current introductory work emphasizes the importance and basic understanding of the main concepts related to such variables: driver’s opinion and perception, anthropometry and vibrations, thus directing the development of comfortable and low-cost automotive seats, previously evaluating the impact of certain project decisions about the comfort of new products.

The analysis of the referred variables has allowed the author to present recommendations regarding product ergonomics and subjective evaluations performed during the development stage. Among these recommendations some stand-out: definition of focus-biotype for the study, survey and intended public opinion and perception researches, seat properties analysis aiming to reduce vibrations, and directed vehicle environment analysis.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto

O desenvolvimento de assentos automotivos é focado principalmente nas características e especificações ligadas à segurança dos usuários, ao atendimento a normas governamentais e requisitos de clientes. Com a competição cada vez mais intensa e a necessidade de produtos com menor custo, o grande desafio dos fornecedores de autopeças é identificar novas oportunidades e melhorias. Além disso, a crescente exigência de maior nível de qualidade demanda das empresas constantes inovações e pesquisas na área de desenvolvimento (Barnett e Clark, 1998).

Um contexto importante a considerar é o acompanhamento das tendências de mercado. Diversas modificações são necessárias, exigindo também, um realinhamento dos processos de projeto. Nesse sentido nota-se atualmente que os produtos apresentam alta precisão, envolvem várias frentes de conhecimento, sofrem freqüentes modificações e são duráveis. Por outro lado, em função do baixo número de pesquisas, o entendimento técnico sobre algumas características dos produtos é baixo e a compreensão da importância da interface entre usuário e produto não atende as expectativas. Ferreira (1993) cita que a causa comum de falhas de campo deve-se, basicamente, às inconsistências de projeto. Enfim, com a alteração do perfil dos produtos, em função da evolução do mercado nacional, novas análises e considerações de projeto passaram a ser relevantes.

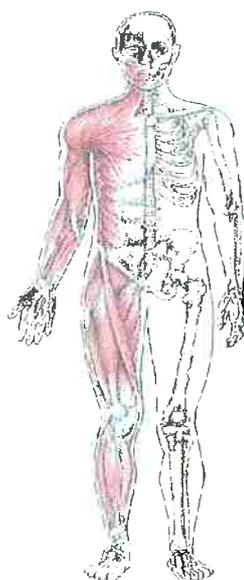
Assim, o estudo de aspectos ergonômicos ligados ao desenvolvimento de assentos automotivos, como por exemplo, a percepção do condutor, postura do corpo humano na posição sentada, medidas do corpo humano, movimentos, o veículo e a interface com o meio, estão diretamente relacionadas à fadiga do corpo e mente e, portanto, ao conforto dos usuários.

Atualmente não existe uma padronização quanto à metodologia de avaliação de conforto em assentos automotivos. As avaliações que são realizadas pelos fabricantes de veículos locados no Brasil são diferentes, não seguem um mesmo procedimento. Embora estas avaliações forneçam um importante direcionamento durante o desenvolvimento de um novo produto, existem poucos estudos sobre a correlação dessas análises com a literatura e pesquisas que descrevam importantes condições de conforto ergonômico na posição

sentada. Além disso, a flexibilidade dos critérios de análise durante as avaliações, pode invalidar todo o processo.

Com relação ao corpo humano, certas regiões estão diretamente relacionadas à análise ergonômica de assentos. Dentre elas a coluna é uma região na qual podem ocorrer manifestações de sintomas álgicos significativos, apesar da aparente robustez dos seus conjuntos de ossos (vértebras empilhadas); esta região é considerada uma das mais frágeis do corpo humano. A posição sentada representa para o organismo humano um acúmulo de tensões consideráveis em relação à posição ereta. Em função da posição dos usuários durante a condução de veículos, dorsalgias podem surgir ou ser potencializados. Além disso, esta atividade demanda a realização de operações complexas, que solicitam dos motoristas atenções diversificadas. Estes precisam estar atentos a condições ambientais e operacionais que influenciam suas decisões.

A posição sentada também é caracterizada como aquela na qual o peso do corpo é apoiado por uma área onde se situam as tuberosidades isquiais e os tecidos macios circundantes. Ao contrário do que muitos pensam, não deve ser encarada como uma posição completamente estática se levarmos em conta as diversas posturas assumidas em conjunto com a atividade muscular envolvida. O entendimento dos aspectos de funcionamento e dinâmica do corpo humano apresenta-se como fundamental para o projeto de assentos ergonômicos (figura 1.1).



**Figura 1.1** – Visão simplificada da constituição muscular e óssea.

É importante definir que a postura é a orientação espacial dos membros de uma pessoa, ou seja, as formas como os segmentos corporais se organizam no espaço. As melhores posturas são definidas pela posição do corpo no espaço, devendo haver assim, equilíbrio entre os diversos segmentos de forma tal que o esforço seja minimizado, evitando-se fadiga. No entanto, não é possível definir uma postura padrão para todos os indivíduos, pois cada um tem características físicas e perceptivas distintas. Pode-se dizer também que o corpo humano procura adotar, quando não está completamente relaxado, a postura do “menor inconveniente”.

Viel e Esnault (2000, p. 123-125) apresentaram em seu trabalho que as montadoras não estariam atendendo as necessidades de conforto das pessoas que apresentam percentis extremos. Usuários mais baixos teriam dificuldades para alcançar os pedais, enquanto pessoas mais altas não teriam o devido apoio e posicionamento dos assentos. Santos e Fialho (1995, p.37) em seu estudo recomendam a utilização de biótipos extremos para análise de padrões dimensionais:

“Uma amostragem rigorosa não é sempre possível, (...). De qualquer forma deve-se na medida do possível, comparar trabalhadores com diferenças significativas (...)”.

Lida (2005, p151), por sua vez, recomenda que os projetos veiculares deveriam contemplar as necessidades dos percentis 5 e 95%, abrangendo dessa maneira 90% da população.

Além dos aspectos antropométricos citados, são de fundamental relevância as questões relacionadas à biomecânica do corpo humano. As forças internas e externas que atuam sobre o usuário, durante a condução de veículos, têm importante impacto sobre o nível de conforto por ele percebido.

## **1.2 Objetivo do Estudo**

Pretende-se com o desenvolvimento desse trabalho realizar um estudo introdutório sobre as variáveis que influenciam o conforto ergonômico em assentos automotivos no desenvolvimento de produto. As variáveis foram avaliadas e selecionadas com base nos principais conceitos de ergonomia e experiência profissional do autor. O foco do estudo foi direcionado na interação entre usuário, assentos e veículo, ou seja, uma análise da atividade de condução de veículos.

A determinação da influência dessas variáveis no nível de conforto ergonômico dos assentos automotivos poderá auxiliar não apenas na concepção de novos produtos, mas também na intervenção de produtos correntes.

O desenvolvimento do trabalho foi realizado com espírito crítico privilegiando-se a busca de uma incessante identificação dos aspectos relevantes em assentos automotivos (figura 1.2). As análises foram estruturadas de forma metódica, fundamentando-se em critérios científicos, procurando contemplar o maior número de perspectivas possíveis. A revisão bibliográfica objetivou a geração de amplas possibilidades para a exploração das oportunidades de análise das variáveis propostas.



**Figura 1.2 – Assento Automotivo**

Espera-se com o desenvolvimento deste trabalho fornecer às montadoras e fornecedores de assentos automotivos uma abordagem técnica e científica a ser utilizada na fase de concepção de projetos. Além disso, espera-se disponibilizar recomendações concretas ao engenheiro de produto quanto à realização de processos eficazes de avaliação de conforto ergonômico.

Foi encontrada certa dificuldade para obtenção de maior bibliografia específica sobre postos de condução de veículos; escassez também relatada por outros pesquisadores.

### **1.3 Organização do trabalho**

No capítulo 1 é apresentado o contexto das análises ergonômicas realizadas em assentos automotivos e dos estudos e implicações relacionadas à definição das variáveis. Aspectos fundamentais quanto ao desenvolvimento de produto de assentos, posicionamento do usuário, movimentos e interface com o meio são destacados. São também apresentados os objetivos do trabalho.

No capítulo 2, são apresentados os principais campos, conceitos e análises relacionadas à ergonomia. Com o objetivo de relacionar esses conceitos às avaliações realizadas, nesse capítulo são apresentadas as influências e aplicações dos diversos aspectos da ergonomia no desenvolvimento de produtos. São descritos também fundamentos relacionados à fadiga, biomecânica e aqueles relacionados à posição sentada.

No capítulo 3, é descrito o processo de desenvolvimento de assentos automotivos e seus componentes. Os esclarecimentos dessas características técnicas têm como objetivo ampliar o entendimento sobre o produto e sua interação com o usuário.

Apresenta-se no capítulo 4, o processo de desenvolvimento de produto utilizado no ramo automobilístico, com destaque para a definição, descrição e importância de cada fase. Aplica-se esta divisão e seqüência como base geral para o projeto de assentos automotivos.

No capítulo 5, após uma breve introdução, cada uma das variáveis propostas pelo autor é apresentada e discutida sobre a luz dos principais conceitos. São descritas a relação e importância de cada variável com o desenvolvimento de assentos confortáveis. Justifica-se a escolha das variáveis. No final do capítulo são apresentados resultados de uma avaliação de conforto ergonômico realizada em 03 veículos com o objetivo de avaliar as conseqüências de não se considerar as variáveis apresentadas no estudo.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões baseadas no estudo dos conceitos teóricos, o resultado da avaliação realizada e a experiência do autor em desenvolvimento de assentos automotivos. São recomendados alguns cuidados genéricos relacionados a ergonomia do produto e um fluxo de desenvolvimento composto pelas fases tradicionais e variáveis discutidas no presente trabalho.

## 2. CONCEITOS DE ERGONOMIA

### 2.1 Introdução

O usuário de veículo automotor deve estar ciente que o trabalho de dirigir demanda a realização de atividades complexas, que solicitam dos motoristas diversificadas atenções. Eles estão submetidos a situações que geram tensões, a exemplo das suas constantes vigílias no sentido de antever situações potencialmente perigosas, tais como congestionamentos em locais perigosos, acidentes e assaltos. Necessitam, também, monitorar continuamente as condições ambientais e operacionais que influenciam suas decisões sobre roteiros e objetivos. Além disso, os estímulos táteis permitem o monitoramento da transmissão de forças dos segmentos corporais aos equipamentos como: câmbio de transmissão, freios, embreagens e volante.

Nos últimos anos diversos fatores vêm contribuindo no sentido de uma progressiva restrição do espaço interno dos veículos. Nesse aspecto os chamados “carros populares” são os mais críticos, pois seu desenvolvimento é focado em baixo custo e seu volume de produção representativo; 50% dos carros vendidos em 2005 foram com motor de 1000cc (ANFAVEA, ano). Estes modelos são em sua grande maioria modelos básicos, não contemplam sistemas de regulagem de altura do banco, ajuste lombar, ajuste da altura e profundidade do volante. Apenas sistemas básicos, como regulagem longitudinal do banco e ângulo do encosto (figura 2.1) são contemplados. Este contexto potencializa a ocorrência de reclamações quanto ao conforto propiciado pelos assentos.



**Figura 2.1** – Carro popular / Foco em sistemas básicos de ajuste do assento

## 2.2 Fundamentos da Ergonomia

Para uma análise detalhada das variáveis que influenciam o conforto ergonômico em assentos automotivos é fundamental compreender os principais conceitos e implicações da ligadas a ergonomia (Anexo A).

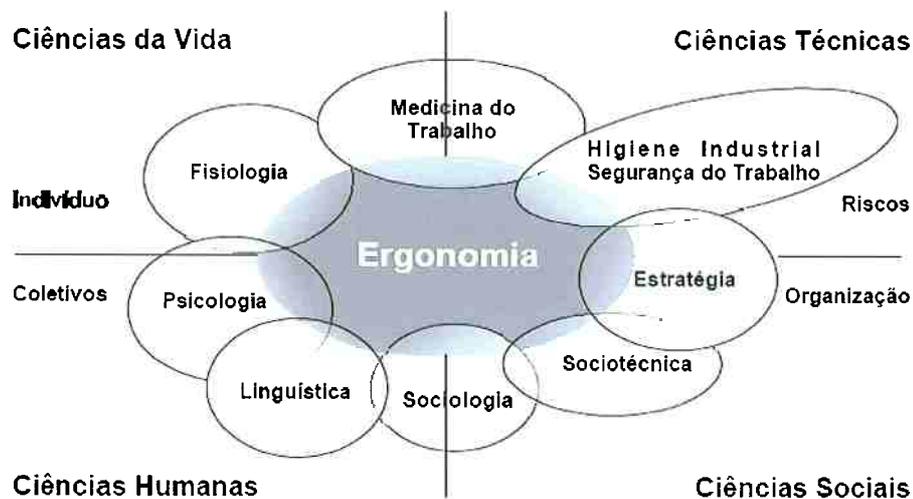
Nota-se na literatura que a ergonomia tem ao menos duas abordagens, uma **abordagem clássica**, de natureza experimental, onde se tenta gerar dados sobre o ser humano para o projeto de produtos e postos de trabalho por meio de pesquisas em laboratório, e uma **abordagem situada**, onde o principal informador para o projeto se constitui na modelagem operante do trabalho, por meio da integração da observação do comportamento e do entendimento das condutas das pessoas em situação real de trabalho. A **corrente clássica** é muito disseminada nos países anglo-saxões (EUA, Inglaterra, Alemanha), conquanto a **corrente situada** é mais freqüente em países de língua francesa. No Brasil a **corrente situada** acabou por se impor, dado o elevado custo da pesquisa laboratorial, mas também por opção metodológica. Os primeiros trabalhos em ergonomia se pautaram por uma abordagem experimentalista. Entretanto, a prática da ergonomia na engenharia de produção, fundamentada no trabalho de campo cedo levou ao questionamento da abordagem experimentalista, e do modelo de sistema homem-máquina para uma perspectiva de observação antropológica.

Em agosto de 2000, a IEA - Associação Internacional de Ergonomia adotou a definição oficial apresentada a seguir.

“A Ergonomia é caracterizado por sua intedisplinaridade relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos, a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema (figura 2.2). Os ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas, de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas.”

A palavra *Ergonomia* deriva do grego Ergon [trabalho] e nomos [normas, regras, leis]. Trata-se de uma disciplina orientada para uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana. Para darem conta da amplitude dessa dimensão e poderem intervir nas atividades do trabalho e projetos é preciso que todos os envolvidos tenham uma

abordagem holística de todo o campo de ação da disciplina, tanto em seus aspectos físicos e cognitivos, como sociais, organizacionais, ambientais, etc. (figura 2.2).



**Figura 2.2** – Interdisciplinaridade da ergonomia (Hubault, 1992, modificado por Vidal, 1998).

De maneira geral, os domínios de especialização da ergonomia são:

**Ergonomia física** está relacionada com as características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação à atividade física. Os tópicos relevantes incluem o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e saúde.

**Ergonomia cognitiva** refere-se aos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora conforme afetem as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem o estudo da carga mental de trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem computador, estresse e treinamento conforme esses se relacionem a projetos envolvendo seres humanos e sistemas.

**Ergonomia organizacional** concerne à otimização dos sistemas sócio-técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e de processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, novos paradigmas do trabalho, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, tele-trabalho e gestão da qualidade.

Com relação ao tipo de abordagem, vários modelos são analisados.

Quanto à abrangência:

- ✓ Ergonomia do posto de trabalho: abordagem microergonômica.
- ✓ Ergonomia de sistemas de produção: abordagem macroergonômica.

Quanto à contribuição:

- ✓ Ergonomia de concepção: normas e especificações de projeto.
- ✓ Ergonomia de correção: modificações de situações existentes.
- ✓ Ergonomia de arranjo físico: melhoria de seqüências e fluxos de produção.
- ✓ Ergonomia de conscientização: capacitação em ergonomia.

Quanto à interdisciplinaridade:

- ✓ Engenharia: projeto e produção ergonomicamente seguros.
- ✓ Design: metodologia de projeto e design do produto.
- ✓ Psicologia: treinamento e motivação do pessoal.
- ✓ Medicina e enfermagem: prevenção de acidentes e doenças do trabalho.
- ✓ Administração: projetos organizacionais e gestão de recursos humanos - R.H.

### **2.3 Ação Ergonômica**

O conceito de ação ergonômica é intrínseca à análise das variáveis que influenciam o conforto em assentos. Por meio de um conjunto de princípios e conceitos eficazes, a ação ergonômica procura viabilizar as mudanças necessárias para a adequação do trabalho às características, habilidades e limitações dos agentes no processo de produção de bens, serviços e realização de atividades como a condução de veículos. Nesse sentido, a ação ergonômica:

- ✓ parte dos fundamentos da ergonomia: ou seja, dos diversos conhecimentos sobre as características, habilidades e limitações da pessoa humana envolvida num processo de produção – o que constitui o campo da ergonomia física, onde se

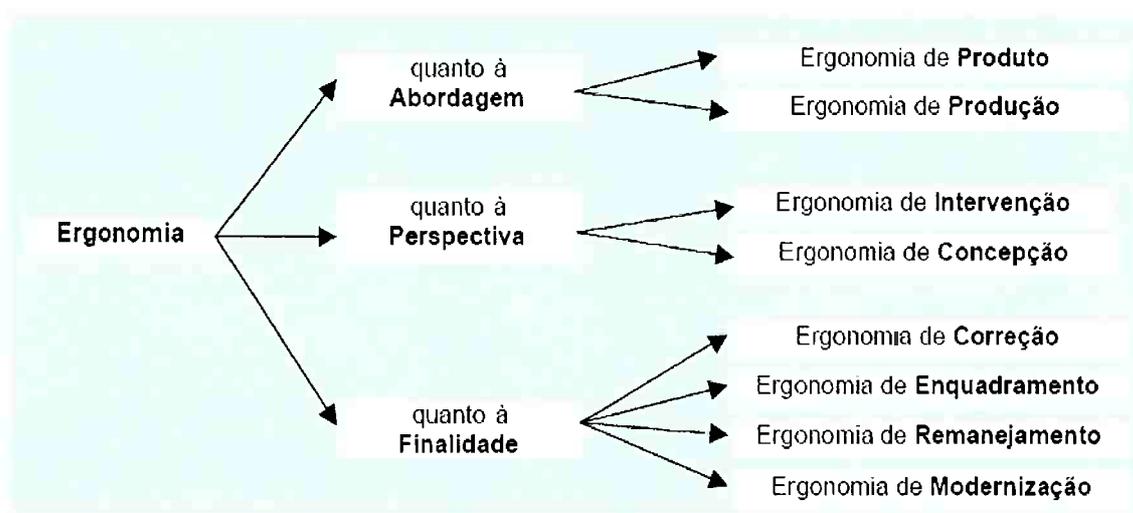
estabelece uma visão do operador e de seu posto de trabalho como unidades elementares do sistema de trabalho;

- ✓ se alimenta da abordagem cognitiva do trabalho: ou seja, das diversas modelagens sobre a natureza e o processo de tomada de decisão individual e coletiva que requer a execução das atividades de trabalho - o que constitui o campo da ergonomia cognitiva, onde o trabalhador é concebido como um agente competente e organizado num sistema de produção
- ✓ se estabelece com foco na organização do trabalho: ou seja busca descrever as atividades de trabalho como uma resposta do operador às exigências da produção – o que constitui o campo da ergonomia situada, onde se modela a organização baseada na atividade e, mais ainda, qual o lugar da modelagem da atividade na concepção da organização.
- ✓ se conduz na perspectiva da avaliação custo-efetividade: ou seja, busca ao longo da ação avaliar o custo e o retorno propiciado pela ergonomia para a organização - o que constitui o campo da macroergonomia.
- ✓ produz resultados no nível de negócios: ou seja, busca inserir as necessidades de mudanças estabelecidas nos campos clássicos, cognitivos e situados numa perspectiva maior da estratégia e da organização da empresa, suas contingências e de mudanças de cultura da organização – o que constitui o campo da antropotecnologia, onde se constrói uma engenharia simultânea de produto, de processo e de gestão da produção centrada na atividade de trabalho.

Nos termos contemporâneos da ergonomia olha-se o operador – individualmente ou em coletivo – como uma pessoa que realiza sua atividade em situação de trabalho socialmente determinada. A pergunta chave da ação ergonômica é, portanto: Como transformar as situações de trabalho em nossa sociedade? Naturalmente, a resposta não é simples e nem imediata, requerendo de todos aos que se dediquem a respondê-la uma postura aberta e dinâmica.

Conforme descrito em diversas referências, a ação ergonômica se caracteriza como uma consultoria dinâmica, que parte das definições inicialmente delineadas pela organização (Anexo B). Paulatinamente vai construindo um objeto preciso de intervenção, focos definidos de sua ação e modalidades ajustadas de atuação. Todo este funcionamento pode

ser simbolizado por um itinerário que evita perigosos atalhos causadores de insucesso. Busca-se a instrução da demanda para permitir se trabalhar com problemas reais, efetivos e cujo tratamento seja possível pela organização; isso feito, não se procura a passagem imediata a uma solução de algébrica, mas se deflagra todo um processo de análise e modelagem que permite à organização assenhorar-se do resultado, inclusive tomando parte ativa na especificação e implantação da mesma. O resultado é uma abordagem adaptada às necessidades das pessoas e focada em uma classificação ergonômica coerente (figura 2.3).



**Figura 2.3** – Classificações da ergonomia (Vidal, 1999).

## 2.4 Fadiga / Biomecânica

A atividade de conduzir veículos invariavelmente implica em conseqüências não desejáveis ao corpo humano, como é o caso de dores na região lombar. Os conceitos de fadiga e biomecânica ligados à ergonomia ajudam a avaliar essas conseqüências. Conforme Lida (2005), “Fadiga é o efeito do trabalho continuado, que provoca uma redução reversível da capacidade do organismo e uma degradação qualitativa desse trabalho”. O termo em geral denota uma perda de eficiência e um desinteresse para qualquer atividade, mas não é um estado único e definido. É causada por um conjunto complexo de fatores, cujos efeitos são cumulativos. Para entender estes efeitos uma distinção é feita por grande parte da literatura: fadiga muscular e geral.

A fadiga muscular é caracterizada pela redução do desempenho muscular e apresenta sintomas externos como a redução da força e da velocidade do movimento. Mudanças bioquímicas também ocorrem em função do desequilíbrio metabólico, como por exemplo, a aumento dos resíduos, sendo os mais importantes o ácido lático e o dióxido de carbono.

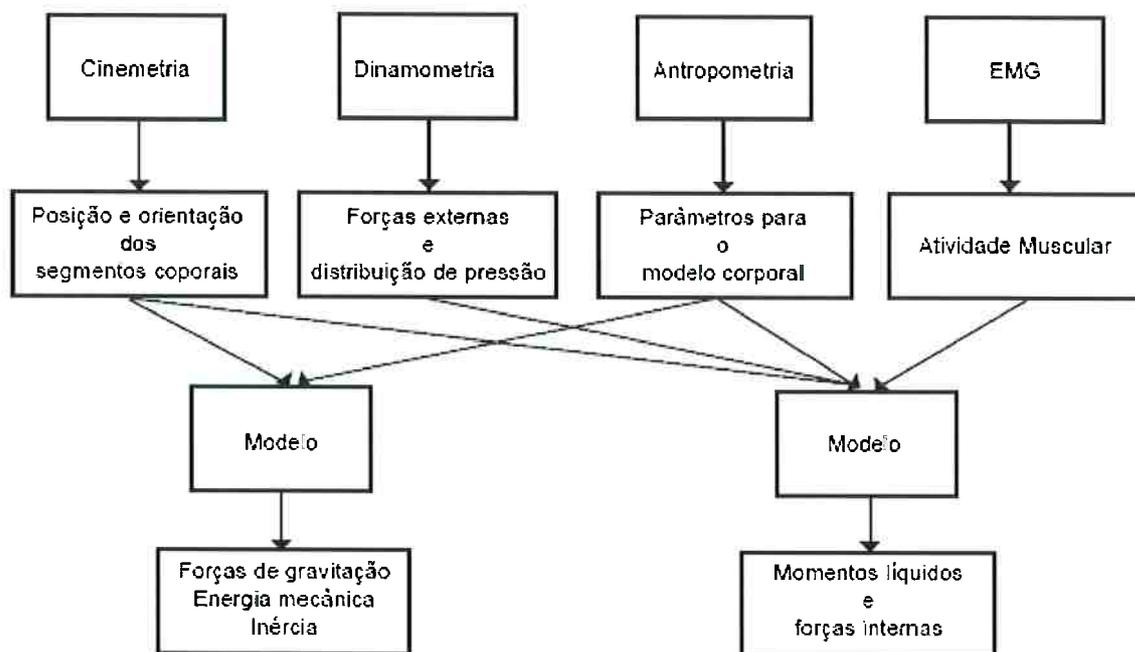
A fadiga geral é caracterizada por uma sensação geral de cansaço. Nesse caso as atividades podem ser até suspensas em função do desgaste físico e mental. No entanto, é prudente destacar que esta sensação de cansaço também funciona como mecanismo de proteção, ou seja, mostra à pessoa a necessidade de um tempo para recuperação.

Existem também sintomas ligados à fadiga psicológica como sentimento de cansaço geral, aumento da irritabilidade, desinteresse e maior sensibilidade a certos estímulos como fome má postura, calor e frio. Este tipo de fadiga está relacionado à monotonia, motivação, relacionamento social e outros. Também ocorre em situações onde predomina o trabalho mental, com poucas solicitações de esforços musculares.

Embora os mecanismos causadores da fadiga não sejam totalmente conhecidos, há uma razoável descrição das conseqüências associadas. Uma pessoa fatigada tende a aceitar menores padrões de precisão e segurança. Ela começa a simplificar sua tarefa, eliminando tudo o que não for essencial para a execução da atividade. Pensando na atividade de conduzir um veículo, o condutor fatigado perde parte do reflexo e reduz inclusive a frequência de troca de marcha.

Uma análise importante voltada a assentos automotivos está ligada à condução do veículo por um certo tempo. A cada momento o organismo encontra-se em um determinado estado funcional, situado entre dois extremos: o sono, de um lado, e o estado de alerta, do outro. Entre os dois pólos existe uma variedade de estados, como pouca atenção, relaxado e atento. Logo, compreender o processo que leva à fadiga no trânsito é fundamental na prevenção de erros e acidentes. Estudos realizados na década de 1930, com motoristas de caminhões, mostraram que períodos longos na direção levavam à redução da habilidade de discriminar sobre certas impressões sensoriais e perda da eficiência de algumas funções motoras. Muitos autores defendem que mais do que quatro horas de direção ininterrupta são suficientes para reduzir o nível de alerta do condutor. Neste caso este tipo de fadiga é caracterizado pela fadiga subjetiva, redução da decisão no dirigir (Grandjean, 2005).

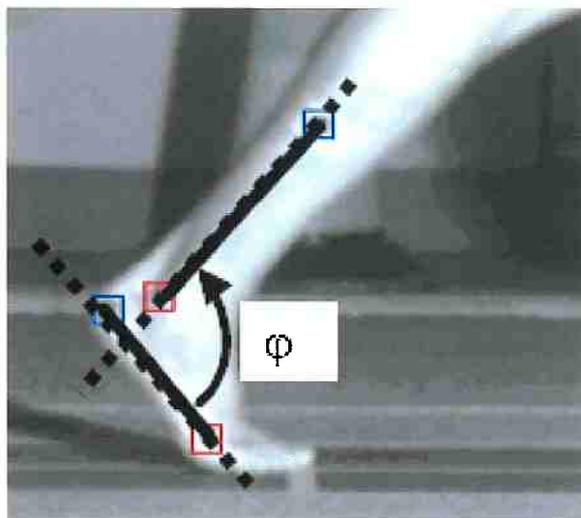
Outro campo de conhecimento, a biomecânica (figura 2.4), pode contribuir para o desenvolvimento de assentos automotivos confortáveis, que atendam as necessidades dos usuários. O objeto de estudo dessa área é a produção motora de seres vivos. Constitui-se e tem os respectivos fundamentos conceituais em conhecimentos da morfologia, da cibernética e da mecânica.



**Figura 2.4** – Áreas para a complexa análise biomecânica do movimento humano segundo Baumann (1995)

Em Biomecânica estudam-se ações das forças externas ao corpo humano conjugadas com as ações das forças inerentes ao sistema locomotor, que são decididas e geradas antes e durante a função de transferência controlada pelo sistema de controle. O agente de controle é intrínseco ao próprio sistema e é capaz de, caso a caso, analisar e definir as condições iniciais do sistema geral e conduzi-lo, muitas vezes de modo original, às condições finais que correspondam ao objetivo de relação mecânica com o exterior.

Referenciam-se, simultaneamente, duas realidades do processo biomecânico. Um relativo ao executante e outro relativo ao observador. No processo biomecânico relativo ao executante, este avalia as condições iniciais, escolhe e decide a melhor função para concretizar as condições finais desejadas. No processo relativo ao observador, a execução é estudada na relação hipotética dedutiva a que corresponde um modelo numérico. O modelo é o meio de tentar traduzir os limites determinísticos em que se encontra a associação do conjunto de variáveis estudadas, ou se deveriam encontrar, e traduz a organização geral do sistema biomecânico para cada caso em estudo (figura 2.5).



**Figura 2.5** – Representação da posição angular / Definição do modelo

Conforme destacado na literatura, a biomecânica enquadra-se no grupo estrito das Ciências da Motricidade. No entanto, não se pode esquecer sua característica, determinante, de que é igualmente um meio apto a fornecer poderosos instrumentos de observação e análise quando as respectivas metodologias são adaptadas a realidades bem referenciadas pelo respectivo enquadramento social e de interface com outros conhecimentos científicos. Sejam exemplos, o Desporto, a Indústria ou a Saúde. Em muitos casos, portanto, o conhecimento biomecânico é um potente meio complementar de diagnóstico.

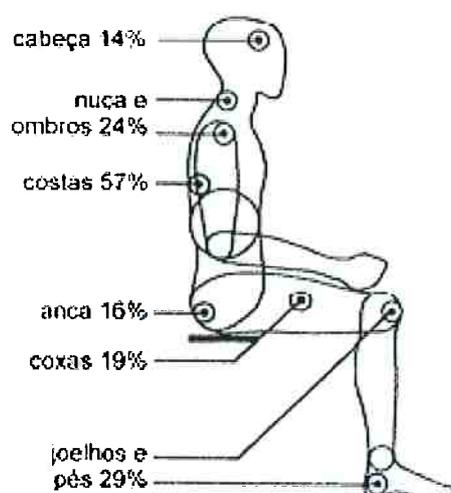
Na biomecânica usa-se o conceito de função de transferência, que tem como objetivo associar o conjunto de processos biomecânicos a uma única função matemática. Estes processos são a fonte de informação mais importante para o autocontrole que o executante realiza. Durante cada função de transferência o executante tem ou não oportunidade de reorganizar os processos biomecânicos. A função matemática traduz o comportamento de um único ponto do corpo. Estas posições do corpo dizem respeito a uma tarefa ou a uma fase de uma tarefa. Portanto, a cada função de transferência corresponde uma fase da tarefa. Os processos biomecânicos são desenvolvidos de acordo com o objetivo da tarefa e são condicionados pelos dados morfológicos, pelas forças internas e pelas forças externas.

### **2.5 Aspectos da posição sentada**

Para a engenharia de produto que atua no desenvolvimento de assentos automotivos, os conceitos e pesquisas relacionadas à posição sentada tem grande relação com os resultados finais que serão obtidos quanto ao nível de conforto de um determinado produto. Pode-se definir a postura sentada como uma posição onde o peso corporal é suportado

principalmente pelas tuberosidades isquiáticas da pelve e seus tecidos moles adjacentes, onde algumas porções do corpo suportam maior ou menor carga. A postura sentada padrão é aquela em que o sujeito está sentado ereto sobre uma superfície horizontal, distendido até a sua altura máxima, olhando para frente, ombros relaxados, com o braço caído verticalmente e antebraço horizontal, onde a altura do assento é ajustada até que as coxas estejam horizontais e as pernas verticais. O homem na postura sentada tenta manter o tronco ereto, submetendo os músculos paravertebrais, que são responsáveis pela diminuição da flexibilidade do sistema locomotor, a uma tensão constante. O aumento da pressão nos discos, coxas e nádegas, acrescido de uma postura inadequada, quando mantida por longos períodos de tempo, são fatores fundamentais no surgimento de problemas físicos, fadiga e sintomatologia de desconforto.

GRANDJEAN (1997), pesquisou 246 trabalhadoras que executavam suas atividades sentadas, verificando que a lombalgia é o desconforto que mais afeta a saúde do trabalhador, com 57% das queixas (figura 2.6).



**Figura 2.6** – Dores de uma pessoa sentada (Grandjean, 1997).

A posição sentada apresenta três variações fundamentais de posturas, classificáveis conforme movimentos de rotação da região lombar da espinha. Chaffin e Andersson (1991) destacam estas posições:

- ✓ Postura sentada anterior: caracteriza-se por uma postura centralizada que provoca um movimento de rotação da pelve, fazendo com que a espinha assumira uma

posição em leve ou acentuada cifose. Neste caso o centro de massas das tuberosidades isquiáticas suporta mais do que 25% da massa corporal.

- ✓ Postura centralizada (relaxada): o centro de massas posiciona-se diretamente acima das tuberosidades isquiáticas e a região lombar da espinha tende a permanecer reta ou com leve cifose. Neste caso o centro de massas suporta cerca de 25% da massa corporal.
- ✓ Postura posterior (inclinada): neste caso pode ocorrer uma rotação da pelve, ocorrendo uma cifose na espinha. O centro de massas situa-se atrás das tuberosidades isquiáticas suportando menos do que 25% da massa corporal.

A posição sentada pode levar à realização de trabalhos musculares estáticos (em regime contínuo), podendo causar fadiga fisiológica ao serem interrompidos os fluxos de fluidos corporais durante as compressões de tecidos (Grandjean, 1998). A redução da circulação sanguínea causada pelo bloqueio dos vasos capilares afeta as terminações nervosas locais, resultando em desconforto. Esta situação pode acontecer quando o condutor permanece dirigindo por muito tempo; fadiga dos músculos eretores da espinha foram constatados por Krogh-Lund (apud Bovenzi; Betta, 1994) após 3 horas de atividades de condução de veículos.

O esforço postural (estático) e as solicitações sobre as articulações são mais limitados na postura sentada que naquela em pé. A postura sentada permite melhor controle dos movimentos, pois o esforço de equilíbrio é reduzido. É, sem sombra de dúvida, a melhor postura para trabalhos que exijam precisão. Em determinadas atividades ocupacionais (escritórios, trabalho com computadores, administrativo etc.), a tendência é de se permanecer sentado por longos períodos. Grande número de pessoas considera que as dores da região dorsal são agravadas pela manutenção da postura sentada.

De maneira geral, os problemas lombares advindos da postura sentada são justificados pelo fato de a compressão dos discos intervertebrais ser maior na posição sentada que na posição em pé. No entanto, tais problemas não são apenas decorrentes das cargas que atuam sobre a coluna vertebral, mas, principalmente, da manutenção da postura estática. A imobilidade postural constitui um fator desfavorável para a nutrição do disco intervertebral, que é dependente do movimento e da variação da postura. A incidência de dores lombares é menor quando a posição sentada é alternada com a posição em pé, e

menor ainda quando se podem movimentar os demais segmentos corporais como em pequenos deslocamentos.

A postura de trabalho sentado, se bem concebida (com apoios e inclinações adequados), pode apresentar até pressões intradisciais inferiores à posição em pé imóvel, desde que o esforço postural estático e as solicitações articulares sejam reduzidos ao mínimo. Trabalhar sentado permite maior controle dos movimentos porque o esforço para manter o equilíbrio postural é reduzido. As vantagens da posição sentada são:

- ✓ baixa solicitação da musculatura dos membros inferiores, reduzindo, assim, a sensação de desconforto e cansaço;
- ✓ possibilidade de evitar posições forçadas do corpo;
- ✓ menor consumo de energia;
- ✓ facilitação da circulação sanguínea pelos membros inferiores.

As desvantagens são:

- ✓ pequena atividade física geral (sedentarismo);
- ✓ adoção de posturas desfavoráveis: lordose ou cifoses excessivas;
- ✓ circulação sanguínea prejudicada nos membros inferiores; situação agravada quando há compressão da face posterior das coxas ou da panturrilha contra a cadeira, se esta estiver mal posicionada.

Pode-se concluir que a postura sentada é particularmente agressiva ao organismo humano. Diversos autores apontam para a ocorrência de maiores disfunções na coluna, decorrentes da manutenção de uma postura sentada:

- ✓ A posição sentada causa um flexionamento da coluna, modificando a repartição das pressões, concentrando cargas maiores sobre determinadas superfícies do corpo (Viel; Esnault, 2000).
- ✓ A manutenção de uma postura sentada-ereta (com o corpo inclinado para frente) exerce maiores pressões intradisciais em relação à posição ereta (Nachemson; Elfstrom apud Grandjean, 1998).

- ✓ A postura ereta causa menores pressões nos discos vertebrais do que as existentes em uma posição sentada (sem suporte dorsal) (Chaffin; Anderson, 1991).

A natureza da tarefa ou posto de trabalho frequentemente determina a postura. Diversos fatores influenciam as posturas dos usuários, ressaltando as exigências relativas à visibilidade, à precisão dos movimentos, à magnitude e direção das forças a serem aplicadas, aos ritmos de execução das tarefas, ao dimensionamento dos planos de trabalho, bem como à disposição dos instrumentos. A postura sentada-baixa, típica dos usuários de veículos é bastante prejudicial à saúde.

Além de todos os aspectos citados referentes à posição sentada, estudos relativos às condições de conforto, dependendo do contexto, devem analisar outros fatores tais como: alterações transitórias dos biótipos causadas por gravidez e doenças, localizações geográficas quanto à antropometria da população, mudanças antropométricas relativas aos descendentes de miscigenações raciais e processo de envelhecimento das pessoas etc.

### 3. ASSENTOS AUTOMOTIVOS

#### 3.1 Assentos x Ergonomia

O sistema de assento é composto por um assento completo, pronto para ser instalado num veículo. Conforme sua posição no veículo tem-se os sistemas de assento dianteiro, do motorista, do passageiro e o sistema de assento traseiro (figura 3.1).

O tipo de assento que será desenvolvido é definido pelo fabricante de veículos e depende principalmente do estilo, funcionalidade e do tipo de mercado ao qual o veículo é direcionado.



**Figura 3.1** – Assento completo.

Assentos dianteiros são normalmente ajustáveis, enquanto os assentos traseiros são geralmente fixos e são suportados pela estrutura do veículo. É comum que os assentos traseiros permitam escamotear o encosto e às vezes também a almofada a fim de aumentar o volume disponível para bagagem. Segue abaixo descrição dos principais modelos:

- ✓ Assento individual: composto pelos conjuntos da almofada e o encosto, é montado no assoalho do veículo (figura 3.2).



**Figura 3.2** – Assento individual.

- ✓ Assento 100%: tem uma almofada que pode acomodar dois ou mais passageiros conforme apresentado na figura 3.3. O encosto pode ser inteiriço ou dividido, fixo ou dobrável.



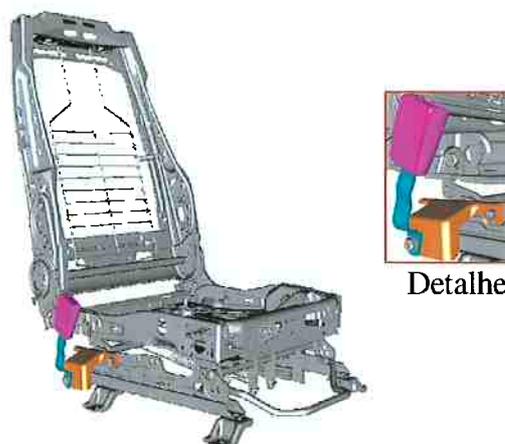
**Figura 3.3** – Assento 100%.

- ✓ Assento bi-partido: permite a cada ocupante um ajuste independente no sentido longitudinal, no encosto ou na altura (figura 3.4). Há inúmeras variações de assentos bi-partidos, alguns ao meio (50% / 50%) e outros com divisão assimétrica (60% / 40%).



**Figura 3.4** – Assento bi-partido.

- ✓ Assento integrado: tem o sistema de ancoragem do cinto de segurança completo preso no assento, conforme apresentado na figura 3.5. Nesse caso os requisitos de segurança do assento são específicos e exigentes.



**Figura 3.5** – Assento integrado.

- ✓ Assento integrado para crianças: integrado no assento do passageiro. É usualmente retrátil, para permitir o uso normal quando não utilizado por uma criança.

Em função da variedade de assentos automotivos destinados a mercados específicos, a engenharia de produto, responsável pelo desenvolvimento desse sistema, deveria incluir em seu processo a análise da ergonomia de produto voltada para o cliente final. Em especial a ergonomia automotiva apresenta um fértil campo para se evitar problemas que poderiam gerar inadequações dos produtos em relação às características do público alvo. A importância da ergonomia é salientada por Wisner (1994, p.91), que denuncia a existência de deficiências em muitos projetos de produtos:

“(...) a ignorância do funcionamento do homem é tão profunda na maioria dos planejadores que algumas contribuições da ergonomia, mesmo modestas ou até desajeitadas, tem efeito muito positivo. Basta pensar nos enormes erros dimensionais na concepção das máquinas e dos produtos, quando o simples conhecimento das normas antropométricas bastaria para evitar a maioria deles.”

A condução de projetos no campo automobilístico é criticada por Viel e Esnault (2000), que exibem uma dissociação entre necessidades dos usuários e ofertas das empresas no mercado.

A natureza da tarefa ou do posto de trabalho frequentemente determina a postura do usuário. Diversos fatores influenciam esta postura, ressaltando-se as exigências relativas à visibilidade, à precisão das movimentações, à magnitude e direção das forças a serem aplicadas, aos ritmos de execução das tarefas, ao dimensionamento dos planos de trabalho, bem como à disposição dos instrumentos. A postura sentada-baixa, típica dos condutores de veículos de passeio, é classificada pela literatura como bastante prejudicial à saúde humana. Também, devido à exposição dos usuários a fatores que contribuem para problemas de saúde na região do tronco, podem ocorrer disfunções, tais como limitação articular, deformação da espinha e hérnias de disco.

### **3.2 Funções**

A seguir são destacadas as principais funções dos assentos automotivos. O projeto dos assentos requer uma grande interação com outros conjuntos e componentes. Esta interação visa proporcionar aos assentos desempenhar as seguintes funções:

#### **1. Suportar o condutor**

O assento deve manter o ocupante em posição estável por longos períodos, e deve acomodar pessoas de diferentes biótipos, sem perdas significativas de funcionalidade. Os sistemas de ajuste devem suportar o ocupante em cada uma das posições previstas. Suporte inadequado irá gerar implicações negativas quanto à posição, conforto e segurança dos usuários.

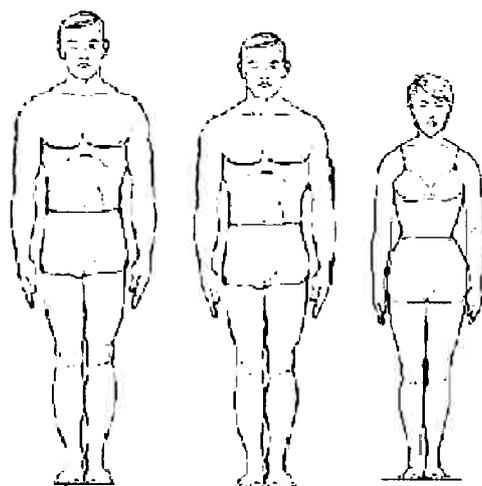
#### **2. Posicionar o condutor**

Com relação ao posicionamento do ocupante no veículo, existem três grupos chave: grupo 1 formado pela cabeça, braços e espaço para as pernas; grupo 2 formado pelo campo de visão e grupo 3 formado pelo acesso do motorista aos instrumentos. O espaço para a cabeça deve ser adequado para evitar câimbras ou desconforto, e ao mesmo tempo permitir um campo de visão apropriado. A cabeça não deve tocar o teto, mesmo em condições de solavancos. O espaço para as pernas deve permitir o alcance dos pedais e do assoalho, mas evitando câimbras ou desconfortos. Deve haver folga suficiente entre a coxa do condutor e o volante. Quanto ao campo de visão, este deve ser limpo e livre; essencial para a realização de operações seguras. Da mesma forma, a movimentação dos braços e mãos deve ser livre e totalmente desobstruída. A linha de visão dianteira não poderá ser obstruída pelo volante, painel de instrumentos, teto e colunas. O motorista deve visualizar claramente os espelhos retrovisores. A proximidade do motorista aos controles é outra característica fundamental no projeto de assentos automotivos. Há dois tipos de controles e instrumentos: primários e secundários.

Os controles primários são aqueles essenciais para a operação do veículo. O assento deve ser projetado de forma a permitir o acesso a estes controles. São eles: controles no volante, alavanca de câmbio, indicador direcional, chave de ignição, buzina, comando dos faróis, limpador de pára-brisa, desembaçador, luz de emergência, freio de estacionamento e levantadores dos vidros.

Os controles secundários têm por função o conforto e a conveniência. O condutor deve ter pleno acesso aos seguintes controles: regulação dos faróis, climatização, controles do rádio, acendedor de cigarros e cinzeiro e controle de acessórios.

Para definir a posição relativa entre os assentos e os controles é necessário levar em consideração os diferentes biótipos presentes na população. Geralmente os assentos são projetados para acomodar a faixa desde o percentil 5% feminino até o percentil 95% masculino (figura 3.6).



**Figura 3.6** – Percentis 95, 50 e 5%.

### 3. Prover conforto ao condutor

O assento automotivo é um sistema projetado para que, tanto o condutor como e os passageiros, viagem confortavelmente, não apenas por curtos períodos, mas também em viagens longas. No entanto, projetar um assento automotivo confortável não é uma ciência exata, pois conforto é um aspecto subjetivo. Como mostram algumas pesquisas, alguns usuários preferem assentos “duros”, enquanto outros optam pelos “macios”. Esta variabilidade é uma realidade de mercado, que precisa ser considerada durante o desenvolvimento do produto com base no entendimento das principais variáveis que influenciam o conforto ergonômico em assentos automotivos. Esta é a proposta desse trabalho: identificar estas variáveis a fim de que o engenheiro possa incluí-las em seus estudos.

Pesquisas devem ser feitas junto aos clientes potenciais do veículo para determinar, entre outros itens, as medidas antropométricas relevantes. Por meio dessa análise, do

conhecimento dos conceitos de ergonomia e da familiaridade com os últimos estudos da área, metas poderão ser definidas para o projeto, como por exemplo, altura e largura do assento, ângulo do encosto, pressão lombar e outras.

#### **4. Proteger o ocupante**

Existem vários aspectos no projeto do assento que tem impacto sobre a segurança do usuário. Alguns desses aspectos são:

- ✓ O projeto do sistema assento deve evitar que o ocupante se movimente inadvertidamente para frente, para trás ou lateralmente. Isso poderia resultar na perda do controle do veículo ou em acidente.
- ✓ O projeto deve evitar que o ocupante possa “submergir” (efeito submarino), ou seja, escorregar sob o cinto de segurança; o que poderia resultar em graves ferimentos.
- ✓ Assentos ajustáveis não podem se deslocar para frente e para trás inadvertidamente.
- ✓ Os assentos que incorporam sistema de ancoragem dos cintos devem ser capazes de absorver energias de impacto, evitando-se assim falhas na retenção dos usuários.
- ✓ Os encostos de cabeça são projetados para prevenir danos ao pescoço durante acidentes. Eles podem ser integrados ao assento ou ajustáveis.

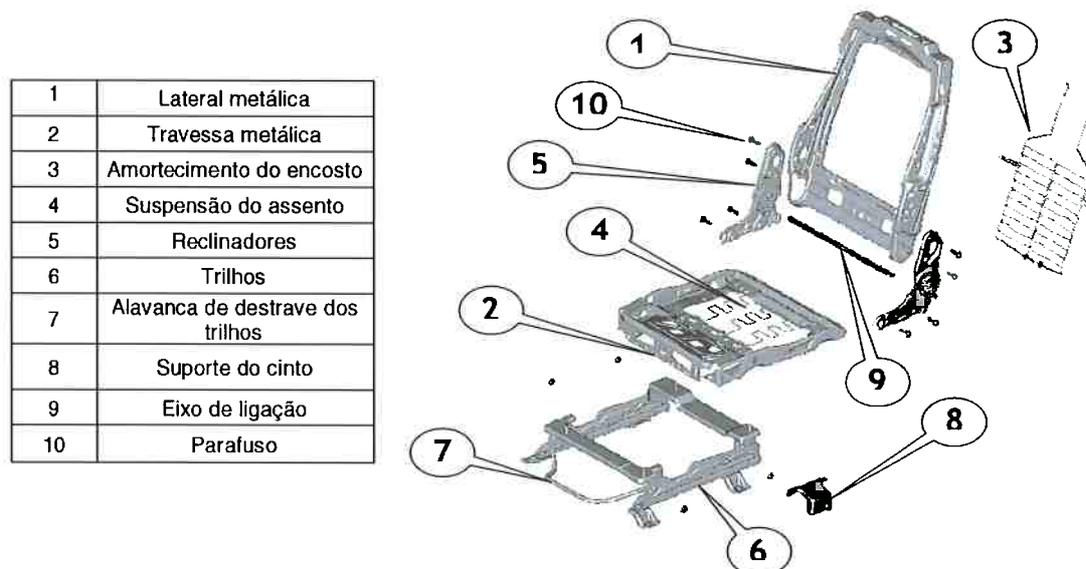
### **3.3 Componentes**

O assento completo é composto de várias componentes, dos quais, os principais são: estrutura do assento, estrutura do encosto, espuma do assento, espuma do encosto, mecanismo de ajuste do ângulo do encosto (reclinador), mecanismo trilho, apoio de cabeça, peças plásticas e capas. Outros componentes podem ser agregados ao sistema como sistema de regulagem de altura, apoio de braços, apoio lombar, controles elétricos, controles de temperatura e outros.

#### **3.3.1 Estrutura metálica**

O conjunto estrutura é composto principalmente por travessas e laterais metálicas, parafusos, regiões soldadas, mecanismos de trilho e reclinador, alavanca de destrave do trilho, eixo de ligação, suporte do cinto, trava do cinto de segurança, sistemas de

amortecimento no encosto e suspensão no assento (figura 3.7). Este conjunto deve ser capaz de resistir a todas as solicitações estáticas, dinâmicas e funcionais especificadas pelos fabricantes de veículos e por normas governamentais. Este sistema também proporciona suporte às espumas e meios para fixar as capas, acessórios, cintos de segurança, peças plásticas e outros componentes.



**Figura 3.7** – Principais componentes de uma estrutura.

As estruturas podem ser construídas utilizando-se perfis tubulares ou estampadas. Esta definição está relacionada principalmente com os critérios de segurança que deverão ser atendidos, custos, processos de montagem e disponibilidade de material.

A principal vantagem da estrutura tubular é seu baixo custo, se comparado com outros tipos de construção. No entanto este tipo de perfil não permite uma distribuição uniforme das tensões durante os carregamentos; característica importante do perfil estampado. Embora a estrutura tubular seja usada com mais frequência, seu controle dimensional é mais difícil. Além desse inconveniente, em função da legislação se tornar mais severa a cada dia quanto aos critérios de segurança, as estruturas tubulares tendem a ser substituídas por perfis estampados, especialmente nos assentos dianteiros, por absorverem melhor elevadas energias geradas durante impactos. Laterais e travessas estampadas são dominantes no mercado europeu e americano.

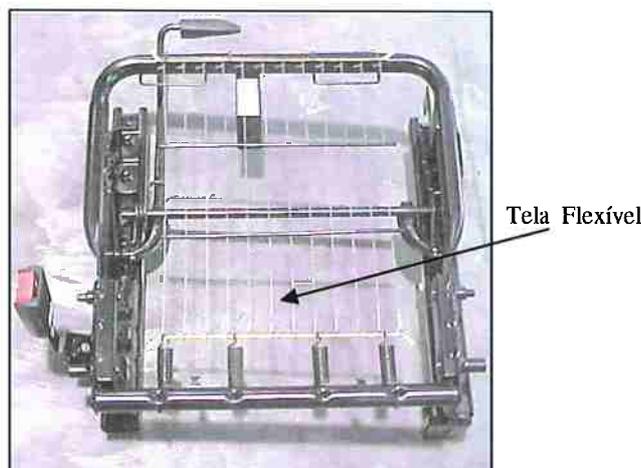
**Suspensão:** sua função é suportar o ocupante na posição de projeto. Deve atender os seguintes requisitos: manter o Ponto H, providenciar distribuição de pressões adequadas, mínima deformação plástica, não gerar ruídos, absorver choques e vibrações, manter a forma do revestimento. Algumas opções são:

- ✓ Mola ondulada: existem dois tipos de mola ondulada para suspensões. A mola zig-zag tem um passo constante feito por semi-elos (figura 3.8). A mola formada tem passo e formato dos semi-elos variáveis.



**Figura 3.8** – Aplicação de mola ondulada como suspensão.

- ✓ Tela flexível: composta de uma grade de arame presa ao quadro por meio de molas espirais (figura 3.9). Os arames da grade estão frequentemente cobertos com papel ou teflon para evitar ruídos. As molas espirais podem ser do tipo a tração ou compressão.



**Figura 3.9** – Aplicação de tela flexível como suspensão.

- ✓ **Tela de fibras:** trata-se de suspensão composta de uma tela de fibras orgânicas moldada em borracha e presa por meio de ganchos (figura 3.10). Esta tela, por ser de alto custo, é muito pouca utilizada como alternativa de suspensão.



**Figura 3.10** – Aplicação de tela de fibras como suspensão.

### 3.3.2 Mecanismos

Grande parte dos mecanismos utilizados em assentos automotivos são patenteados, os “black-box”. Os principais mecanismos usados são: reclináveis, trilhos, reguladores de altura, apoio de braço, trava do encosto traseiro e ajuste lombar.

Reclinador: permite que o ângulo do encosto seja ajustado. O ângulo de giro do encosto pode variar significativamente em função do contato com outros componentes do veículo e por isso é especificado pelo cliente (figura 3.11). Os principais modelos reclinadores são:

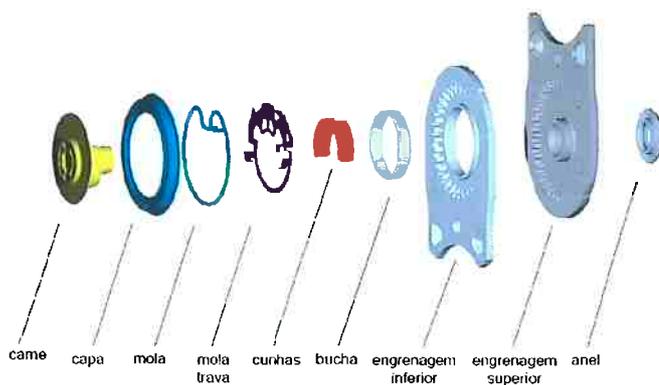
- ✓ **Individual:** o reclinador individual é mais leve e de custo mais baixo. O projeto reclinador individual deve ser mais robusto, pois todas as cargas são transmitidas para um só lado da estrutura metálica do encosto.
- ✓ **Duplo:** o reclinador duplo distribui igualmente as cargas sobre os dois lados da estrutura do encosto. Isso, porém, exige que os dois mecanismos estejam sincronizados e ligados por um eixo. Os reclinadores podem ter controle manual ou serem assistidos por meio de um motor elétrico.

- ✓ **Linear (Alavanca):** este mecanismo apresenta um movimento linear que é transformado em movimento angular por meio de uma alavanca pivotada.



**Figura 3.11** – Mecanismo reclinador linear (Modelo L2000 / Fonte: Empresa Keiper)

- ✓ **Ajuste infinitesimal:** este reclinador permite um ajuste contínuo em qualquer posição dentro da faixa de atuação do encosto. O mecanismo calibrado atua em função de uma série de ranhuras estampadas, cujo passo determina o valor mínimo de ajuste do encosto (figuras 3.12 e 3.13). É o modelo mais usado mundialmente e no Brasil.



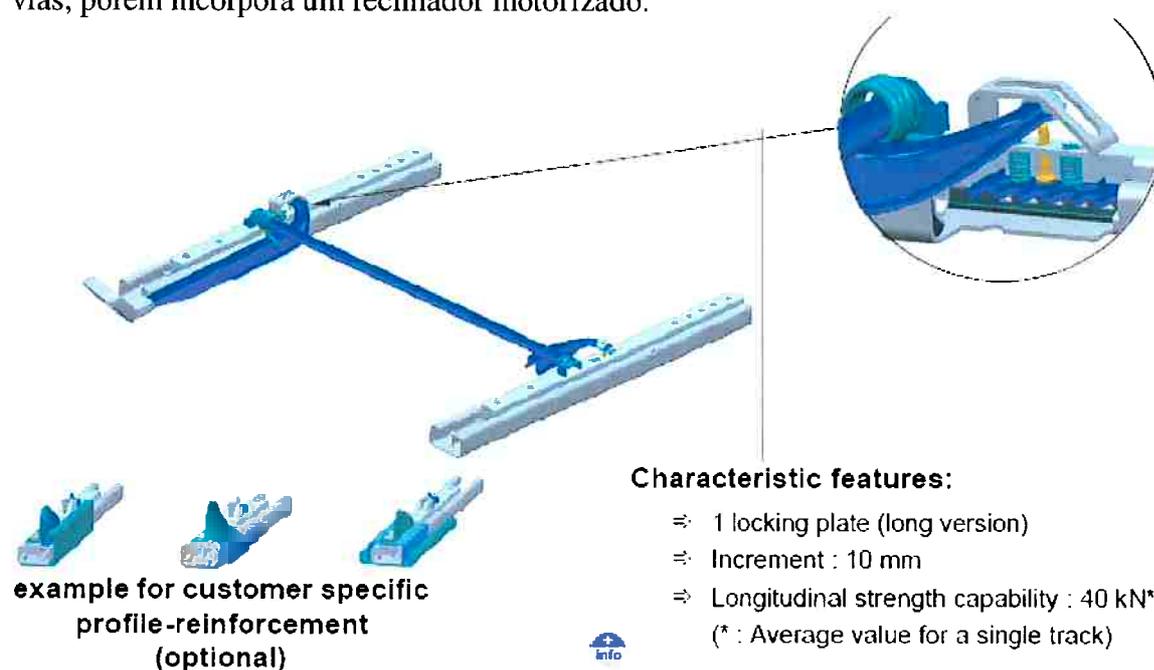
**Figura 3.12** – Mecanismo infinitesimal (Modelo T2000 / Fonte: Empresa Keiper)

Aplicação do mecanismo infinitesimal conforme figura 3.13.



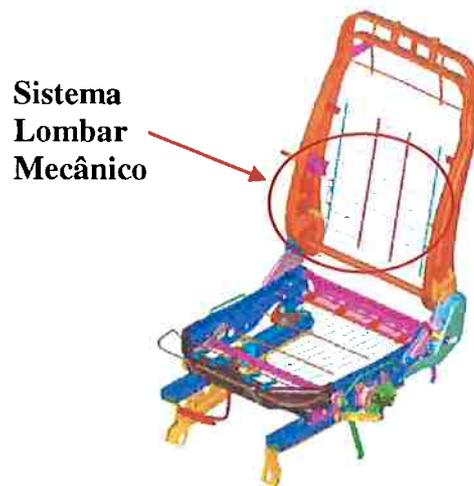
**Figura 3.13** – Aplicação do mecanismo infinitesimal

**Trilhos:** é um mecanismo que suporta toda a estrutura, permite a fixação do assento ao assoalho do veículo e providencia o ajuste longitudinal. Existem vários tipos de trilhos, mas os principais são: 2 vias, 4 vias, 6 vias e 8 vias. O mecanismo de 2 vias é o modelo mais utilizado no Brasil e permite o ajuste do assento somente para frente e para trás (figura 3.14). O trilho 4 vias ajusta o assento para frente, para trás, para cima e para baixo. O trilho 6 vias ajusta o assento para frente, para trás e ajusta independentemente as partes dianteira e traseira da espuma para cima e para baixo. O trilho 8 vias é semelhante ao de 6 vias, porém incorpora um reclinador motorizado.



**Figura 3.14** – Trilho 2 vias (Fonte: Empresa Keiper)

**Mecanismo de ajuste lombar:** o dispositivo de ajuste lombar pode ser do tipo mecânico ou pneumático. O tipo mecânico utiliza componentes mecânicos para movimentar a região lombar do encosto (figura 3.15). O mecanismo pneumático é utilizado em veículos modelo luxo de alto custo e é composto por uma ou mais bolhas infláveis (figura 3.16).



**Figura 3.15** – Sistema lombar mecânico



**Figura 3.16** – Sistema lombar pneumático

**Apoio de braço:** é um mecanismo que permite o apoio do braço durante a condução. Existem três tipos de apoio de braço. O tipo independente não está integrado ao encosto do banco, pode estar integrado à porta ou ao painel de porta do veículo. O tipo integrado pode ter a opção de ajuste do ângulo de uso. O modelo que não proporciona este ajuste apresenta alteração do seu ângulo à medida que o usuário ajusta o ângulo do encosto. Se o condutor não deseja utilizá-lo, pode posicioná-lo paralelo com a superfície do encosto (figura 3.17). Um importante inconveniente de projeto a ser avaliado pelo engenheiro de produto, está relacionado à altura ideal de fixação do apoio de braço. Estudos mostram que, em relação ao percentil 5% feminino e 95% masculino, a diferença de altura pode variar de 10mm para cima ou para baixo.

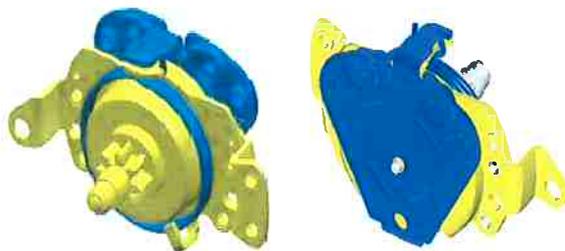


**Figura 3.17 – Apoio de braço**

**Regulador de altura do assento:** este mecanismo tem a função de permitir ao condutor ajustar sua altura em relação ao piso do veículo. O curso máximo de ajuste, para baixo e para cima, é definido entre os departamentos de engenharia do fabricante de assento e do veículo. Pode-se destacar 03 modelos principais:

- ✓ **Mecanismo catracado:** o ajuste é realizado por meio do acionamento de uma alavanca que transmite momento a uma catraca, que por sua vez o transmite a placas dentadas rebitadas à lateral do assento (figura 3.18). Permite parar em qualquer posição entre o curso disponibilizado pelo sistema. Modelo mais utilizado no mercado brasileiro (figura 3.19).
- ✓ **Mecanismo não catracado:** transmite momento diretamente a uma placa dentada por meio de uma alavanca que é acoplada e desacoplada à placa. Transmissão e opções de ajuste semelhante ao catracado.
- ✓ **Mecanismo “up-down”:** a alavanca deste mecanismo não transmite momento, apenas destrava o sistema. O assento é sempre deslocado até o limite permitido, ou seja, totalmente para cima ou para baixo; não existem regulagens intermediárias. Como não há transmissão de esforços, uma mola tem a função de impulsionar o banco para cima e o peso do próprio ocupante, para baixo. No entanto, para posicioná-lo todo acima é necessário o condutor descarregar o sistema, ou seja, levantar alguns milímetros do assento com a alavanca acionada.
- ✓ **Mecanismo duplo:** o ajuste de regulagem de altura do assento é realizado independentemente na região traseira e dianteira. Este processo é realizado pelo

condutor ao acionar manoplas independentes. Transmissão e opções de regulação semelhante ao catracado.



**Figura 3.18** – Catraca do regulador de altura (vistas laterais)



**Catraca  
montada**

**Figura 3.19** – Aplicação do mecanismo catracado

### 3.3.3 Espumas

Em função da relevância desse componente sobre o conforto de assentos automotivos, é apropriado que sejam destacados alguns conceitos relacionados à sua composição, processo de fabricação e a influência de suas principais características físicas (dureza e densidade).

Na década 50 houve o aparecimento de uma variedade de polióis poliéteres, tendo não somente vantagens de custo, mas produtos com melhores propriedades físicas, incentivando o rápido crescimento da indústria de espumas de poliuretano. Poliuretano flexível é geralmente utilizado para sustentação, sendo semi-rígido com pele integral (camada superficial com características diferentes) para componentes de assentos automotivos.

O poliuretano difere da maioria de outros polímeros tais como polietileno, poliestireno e cloreto de polivinila, que são polímeros de unidades monoméricas, etileno, estireno e cloreto de vinila respectivamente. Poliuretanas não são polímeros de unidades repetitivas de uretana em uma maneira regular e não possuem uma fórmula empírica que seja representativa de um todo. Elas são basicamente produtos de reações de polímeros polihidroxílicos, tais como polióis poliéteres e isocianatos. Em suma, eles são polímeros contendo predominantemente a ligação uretana (-HN-CO-O-), que é de alguma maneira a ligação predominante no polímero. As espumas poliuretanas podem variar desde supermacias e flexíveis até duras e rígidas. Elas podem ser produzidas em blocos ou moldadas em diferentes formatos e tamanhos.

Espuma da almofada: é o componente do assento que suporta o peso do tronco aliviando a pressão sobre os membros inferiores e também contribui para o amortecimento do usuário quando sob vibrações (figura 3.20). O corpo entra em contato com a almofada por meio das tuberosidades isquiáticas, dois ossos de forma arredondada que distam, entre si, de 7 a 12 cm. Este componente pode apresentar ajustes longitudinais, verticais, de pressão nas coxas ou ainda nas laterais. A espuma, após ser revestida com uma capa, é montada sobre a estrutura do assento.



**Figura 3.20** – Espuma do assento

Espuma do encosto: é o componente que fornece suporte e posicionamento à coluna vertebral do condutor. Sua forma tem grande impacto sobre o conforto do assento (figura 3.21). Este componente pode apresentar ajustes laterais e de pressão lombar. A espuma, após ser revestida com uma capa, é montada sobre a estrutura do encosto.



**Figura 3.21** – Espuma do encosto

Quanto ao processo de fabricação, há dois tipos principais: espumas encapsuladas e espumas revestidas. A espuma encapsulada é moldada sobre a estrutura metálica, solução técnica muito utilizada em assentos traseiros (aramados). A estrutura é posicionada em um molde onde é injetada a composição química da espuma seguida por uma reação química que provoca a expansão. A espuma revestida, no entanto, é simplesmente montada sobre o quadro e moldada separadamente, mas pode ter outros componentes incorporados, tais como arames ou velcros para fixação das capas. A espuma revestida facilita a montagem e reciclagem do assento completo. Superfícies A e B são definidas pela linha que divide o molde em duas partes. A superfície A é a parte superior da espuma, aquela que ficará em contato com o ocupante. A superfície B é a parte traseira ou inferior da espuma que ficará em contato com a estrutura.

Quanto à composição química é importante destacar os isocianatos compostos que contém um ou mais grupos altamente reativos de isocianato ( $-N=C=O$ ) que não deve ser confundido com o grupo cianeto ( $-C \equiv N$ ) ou o grupo isomérico cianato ( $-O-C \equiv N$ ). Um hidrogênio ativo é geralmente aquele ligado a um átomo eletronegativo tal como nitrogênio (N), oxigênio (O), enxofre (S) ou cloro (Cl). É geralmente conhecida como reação de gelificação (ou polimerização), com o produto final, uma uretana. Em suma, uretanas são compostos contendo o grupo  $-NH-C-O$ . Se esta simples reação é estendida a reagentes di ou polifuncionais, obtém-se um polímero complexo, que geralmente é conhecido como poliuretana.

A reação de expansão ou espumação é necessária para gerar bolhas internas na mistura polimerizante. Tal ação de expansão ou espumação pode ser obtida pelo uso de qualquer uma ou ambas das seguintes alternativas:

- ✓ Um agente de expansão físico, geralmente um solvente de ponto de ebulição baixo que evapora pelo calor da reação (CFC, Cloreto de Metileno, CO<sub>2</sub>).
- ✓ Um agente de expansão químico que sofre reações químicas com o isocianato para liberar um produto gasoso (água).

Agentes de expansão são produtos de baixo ponto de ebulição, que devido à exotermia da reação, são volatilizados. Sua função básica é conferir densidade à espuma. Assim, quanto mais agente de expansão presente, menor será a densidade. Alguns produtos, tais como a glicerina, são adicionados à mistura que, ao reagir com o isocianato forma um reticulado, que confere à espuma maior estabilidade e dureza.

A reação entre um isocianato e água forma uma uréia dissubstituída. Decompõe-se espontaneamente para formar dióxido de carbono e uma amina primária, que reage com outra molécula de isocianato para formar a uréia dissubstituída. Uma nova reação da uréia dissubstituída com isocianato forma um biureto. É importante notar que a dureza de uma espuma de poliuretano depende da quantidade relativa de grupos de uréia contidos no polímero.

Uma das grandes vantagens da utilização da espuma de poliuretano é a sua capacidade de combinar os efeitos de mola e histerese, que são de fundamental importância no conforto ergonômico dos assentos em geral. No efeito mola a força exercida para compressão é exatamente a mesma carga que a mola exerce para a descompressão, sendo diretamente proporcional à sua deformação (constante da mola). Quando há diferenças entre a força de compressão e descompressão se diz haver o efeito de histerese (figura 3.22).

É importante enfatizar que poliuretanos são obtidos por uma reação de polimerização de dois componentes básicos: o isocianato e o poliols. Estas reações, ilustradas na figura 3.23, ocorrem com grande expansão volumétrica. A ordem da reação é:

- ✓ **Crepe:** é o primeiro estágio da reação, onde se inicia a formação do gás e pode ser medido por meio do tempo a contar do início da mistura até a mudança na coloração;
- ✓ **Gel:** é o período de formação da célula, que pode ser medido pelo tempo a contar do início da mistura até a formação de um fio, quando tocada a superfície da espuma levemente com algum objeto;

- ✓ **Crescimento:** é a fase final da primeira etapa da formação da poliuretana, que pode ser medida a contar do início da mistura até o final do crescimento;
- ✓ **Pega:** é a etapa em que a espuma pode ser desmoldada;
- ✓ **Cura:** ocorre ao longo de pelo menos 24 horas em exposição ao ar para finalização das reações, conferindo dureza à espuma;

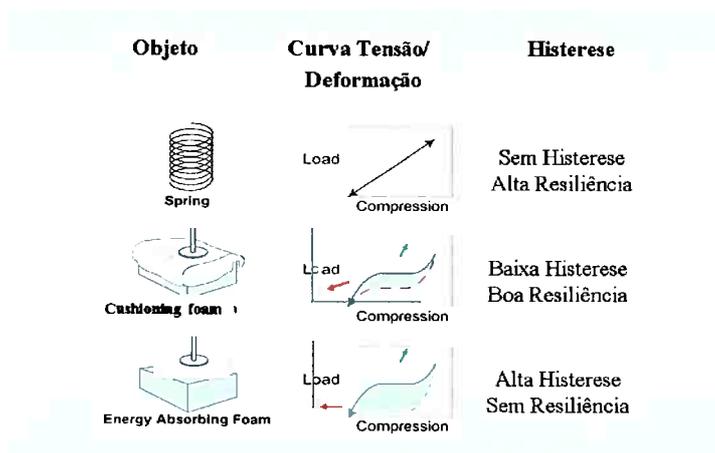


Figura 3.22 Comparação entre efeito mola e histerese

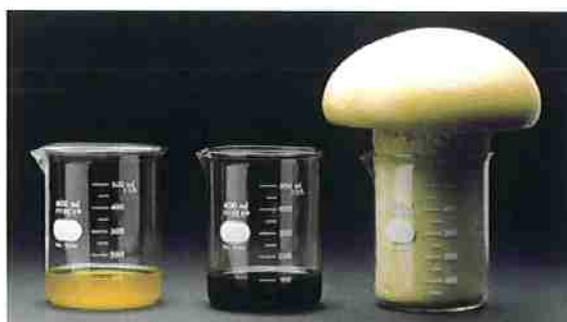
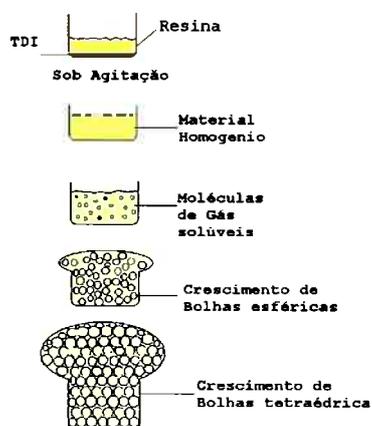


Figura 3.23 Ilustração das reações de polimerização de isocianato e poliál

A maioria dos isocianatos usados na formulação de poliuretanos são compostos aromáticos, distinguindo-se dois tipos: o Di-isocianato de Tolueno (TDI) que responde pela maioria da produção e o Di-isocianato Difenil Metileno (MDI), ambos obtidos do óleo cru.

Os polióis mais usados são os polióis poliéter derivados de óxido de propileno e óxido de etileno, podendo ser modificados por processos como o grafitemento de outro polímero,

cujo objetivo é conferir à espuma capacidade de aumento de dureza, células mais abertas e melhora de rasgo e tensão de ruptura.

Alguns produtos, tais como a glicerina, são adicionados à mistura que, ao reagir com o isocianato formando um reticulado, confere à espuma maior estabilidade e dureza. Agentes de expansão são produtos de baixo ponto de ebulição, que devido à exotermia da reação são volatilizados. As técnicas de produção mais comuns são: sistemas contínuos ou de fase única, envolvendo o bombeamento e medições simultâneas dos ingredientes, que são pré-preparados em um número de componentes líquidos ou fluxos ao misturador, onde são totalmente misturados e depois vazados em moldes aquecidos (figura 3.24).



**Figura 3.24** Operação de vazamento da mistura

As variáveis de processamento gerais estão listadas a seguir:

1. Tipo da máquina para produção de espuma.
2. Dosificação.
3. Número de componentes e sua composição e temperatura.
4. Desenho do cabeçote misturador.
5. Desenho do misturador e a velocidade do misturador (máquina de baixa pressão).
6. Injeção de ar.
7. Desenho dos bocais de dispensa dos componentes.
8. Ângulo e velocidade da esteira rolante.
9. Velocidade do curso do dispensador.
10. Mecanismo alimentador de papel e qualidade do mesmo.

### 11. Temperatura ambiente, pressão e umidade.

As duas propriedades físicas mais importantes da espuma de poliuretano são a densidade e a dureza. Outras propriedades, tais como passagem de ar, tensão de ruptura, alongação, resistência ao rasgamento, deformação permanente à compressão, resiliência e fadiga dinâmica, devem ser consideradas durante o desenvolvimento de produto. A tabela 3.1 apresenta as unidades das principais propriedades.

**Tabela 3.1** Espuma - Propriedades físicas x unidades

PROPRIEDADE	UNIDADE
Densidade	Kg/m <sup>3</sup>
Dureza: ILD / CLD	N/0.0323 m <sup>2</sup> – g/cm <sup>2</sup>
Tensão	kPa
Elongação	%
Resistência ao rasgamento	N/cm ou kN/m
Resiliência	%

A medição da densidade é realizada com uma amostra de espuma de forma retangular e tamanho apropriado, que é pesada e medida. A densidade deve então ser calculada por meio da expressão: Densidade = massa/volume. Quanto maior a amostra maior será a precisão da densidade medida.

A medição da dureza é realizada através de dois tipos de testes físicos de deflexão sob carga. São eles:

1. Deflexão por força de indentação (ILD).
2. Deflexão por força de compressão (CLD).

A principal diferença entre eles é a área do corpo de prova sujeita à carga. No teste de ILD somente 323cm<sup>2</sup> da amostra são comprimidos, enquanto que a amostra toda é comprimida no teste de CLD. Atualmente o teste de CLD vem sendo menos utilizado e, por essa razão, não será descrito aqui. No teste de ILD uma amostra de espuma de 38 cm x 38 cm x 5 cm (15" x 15" x 2") é pré-flexionada 2 vezes, abaixando-se o indutor até 75% da espessura da amostra. A carga é removida e a amostra fica cerca de 10 minutos em repouso.

A medição da resiliência consiste de uma esfera de aço de peso especificado que é solta de certa altura e cai sobre a amostra de espuma dentro de um tubo transparente de acrílico. O ressalto desta esfera é a medida da resiliência em porcentagem no tubo graduado.

É importante destacar o efeito de algumas interações:

- ✓ A densidade de uma espuma é determinada pela quantidade de agente de expansão na sua formulação. Esta relação empírica é totalmente dependente das condições ambientais e trabalha relativamente bem em máquinas onde existe um bom controle de temperatura nos componentes. Algumas variações são esperadas em países tropicais ou mesmo em países de elevada altitude. Em geral quanto maior o índice de expansão menor será sua densidade. Com índices de expansão muito altos, o decréscimo na densidade é muito menor.
- ✓ Quanto aos efeitos dos tipos de agentes de expansão na dureza da espuma, a formação de uma uréia dissubstituída e de maneira menos acentuada, biuretos e alofanatos, contribuem para o aumento da dureza da espuma por meio de uma maior densidade de ligações cruzadas. Um aumento no nível de água na formulação irá aumentar o teor de uréia, aumentando, portanto, a dureza da espuma. Ao mesmo tempo, a densidade da espuma também decresce e as estruturas celulares tornam-se menores e mais fracas, diminuindo, portanto a capacidade de suporte de carga.
- ✓ Quanto ao efeito do índice de isocianato na dureza da espuma, a escolha apropriada do índice de isocianato em uma formulação de espuma tem um efeito significativo na dureza da espuma produzida. Em geral, a espuma se torna mais dura à medida que o índice de TDI aumenta. Existe, entretanto, um ponto acima do qual a dureza não aumenta significativamente, enquanto outras propriedades tais como alongação, resistência à tração e resiliência tornam-se piores. Em contraste, a variação de dureza é frequentemente menos aparente devido à menor ou maior quantidade de formulação geralmente colocada nos moldes.

### **3.3.4 Revestimentos**

#### **Tecidos**

Os tecidos utilizados em assentos automotivos têm grande relação com o conforto ergonômico em assentos automotivos. Isto porque em função de algumas propriedades físicas, como o alongamento, e também da maneira como a capa é fixada, pode-se variar a penetração do ocupante no assento e o amortecimento do conjunto.

Destacam-se três principais tipos de fabricação de tecidos:

- ✓ **Tear:** é um processo relativamente simples, pois é o entrelaçamento entre o urdume (fios no sentido longitudinal do tecido) e a trama (fios no sentido transversal do tecido) formando um ângulo de 90°. A trama tem o seu tamanho limitado à largura do tear. A tecnologia dos teares se divide em: plano e jacquards, conforme o equipamento de produção. O tear plano tem seus desenhos limitados aos números de quadros, geralmente são utilizados para tecido com design simples, enquanto no tear jacquard é possível introduzir desenhos mais complexos.
- ✓ **Malharia Circular:** os tecidos provenientes dessa tecnologia têm como principal característica a sua forma de tecimento, que é a partir de um único fio entrelaçado nele mesmo formando a malha. Neste tipo de tecnologia os tecidos saem em forma tubular devido às máquinas serem circulares, daí o nome malharia circular, tendo que ser abertos para serem trabalhados. A largura dos tecidos varia conforme o diâmetro das máquinas. Assim como no tear, pode ser plana ou Jacquard.
- ✓ **Malharia de Urdume:** na malharia de urdume a tecnologia de formação do tecido ocorre no sentido do urdume. Basicamente, distinguem-se o Raschel, onde os tecidos podem ser duplos (dois desenhos espelhados nas duas faces) e, posteriormente são partidos, ou Kettenstuhl, onde os tecidos possuem apenas um lado.

O beneficiamento têxtil é um conjunto de operações que visam conferir aos artigos têxteis características específicas tais como cor, brilho, toque e caimento. É dividido em duas fases: o beneficiamento primário e o secundário. O beneficiamento primário constitui a fase inicial do processamento do material pelo setor de acabamento. São operações realizadas como base para as operações seguintes, como por exemplo, a navalhagem. O beneficiamento secundário compreende várias etapas, das quais se destacam a lavagem, pré-fixação, tingimento, realizado em autoclaves para fios, rolos ou malha solta.

### **Couro bovino**

É um produto utilizado na confecção de revestimentos de assento de veículos de luxo que, além das restrições ambientais no processo de produção, possui custos muito elevados. A primeira grande atenção está na seleção do rebanho; o que pode incorrer em grandes perdas no processo causadas por danos à pele por insetos ou pelas cercas limítrofes dos

locais de confinamento. O processo é iniciado logo após o recebimento das peles com mergulhos em produtos químicos nos tambores rotativos. As peles então são aparadas e passam através de rolos com o objetivo de remover restos de carne e gorduras na operação denominada “descarne”. Em seguida as peles são divididas em partes nobres, chamadas de flor, e raspas de qualidade secundária. As peles voltam ao tambor rotativo, onde se dá o curtimento por 18 horas. A partir desta etapa do processo de beneficiamento, as peles passam a ser denominadas couro. Após a descarga, o couro é empilhado e embalado.

Uma vez classificado, o couro passa pelo processo de “remolho” num equipamento chamado charuto, cujo objetivo é a equalização da umidade, característica importante para operações posteriores. Enxugado em estufas horizontais do tipo esteira, o couro passa por operações mecânicas de rebaixamento com o objetivo de uniformização e definição de espessura. O couro então, retorna ao tambor para tingimento com produtos químicos, seguido de enxugamento em fornos tipo esteira para remoção do excesso de umidade e por fim, com o couro esticado em suportes, passa-se através de câmaras climatizadas, obtendo-se a umidade desejada para a operação de amaciamento. O amaciamento consta de uma operação mecânica que, por meio de lubrificantes incorporados ao couro ao longo do processo, permite conferir ao produto a maciez desejada. A próxima operação é o processo de lixar o couro para melhorar o acabamento superficial e classificação segundo a cor, maciez, classe do couro e espessura. Em seguida, o couro recebe uma camada superficial de tinta para acabamento final e procede-se posteriormente à gravação mecânica por meio de cilindros que conferem a textura final ao couro. A última operação é a “pulverização” de cobertura de produto à base de PVC, que define a resistência ao uso. O produto acabado deve ser embalado e despachado para os clientes.

### **Couro sintético ou laminado vinílico**

O laminado vinílico pode ser obtido por três processos distintos de fabricação: espalmagem, calandragem ou extrusão. A base deste produto é a resina vinílica (PVC), que para ser utilizada no processo de espalmagem necessita ser misturada a outros produtos químicos formando o composto vinílico chamado de Plastisol. Os componentes usados são: resina de policloreto de vinila (PVC), plastificante orgânico (maleabilidade e maciez), estabilizante térmica, pigmentos, agentes anti-chama, filtro ultravioleta e expansores.

## 4. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

### 4.1 Conceitos e definições

A crescente necessidade de oferecer ao mercado produtos inovadores que atendam às expectativas dos consumidores nas características de design, rendimento e conforto, desenvolvidos em prazos cada vez menores, com preços que o mercado está disposto a pagar, tornam-se pré-condições para que o processo de desenvolvimento do produto busque alternativas para aperfeiçoar as suas várias fases e integrar os envolvidos, desde as fases iniciais.

Algumas vantagens em reduzir o tempo de desenvolvimento de um novo produto são:

- A possibilidade de praticar preços mais altos, enquanto não for estabelecida uma concorrência;
- A possibilidade de aumentar a participação no mercado;
- Expectativa de tornar-se líder no segmento;
- Lançar-se como empresa a ser copiada pela concorrência.

O conceito de integrar todos os envolvidos, desde as fases iniciais do desenvolvimento, com o intuito de buscar as melhores soluções para o produto e em condições de mantê-lo exequível, são características importantes obtidas com a aplicação da Engenharia Simultânea.

Calabrese (1999) aponta que é objetivo da Engenharia Simultânea desenvolver projetos ou produtos com a contribuição dos profissionais ligados à manufatura, garantindo a confiabilidade das operações que irão formar o produto. O autor também acrescenta que a melhor oportunidade para atuar nos custos de produção situa-se nas primeiras fases do projeto, quando entre 70 e 80% dos custos são estabelecidos.

Ainda considerando atender às expectativas dos clientes, outro conceito deve ser destacado, devido à sua importância em buscar alternativas para aprimoramento do ciclo de desenvolvimento. Uma das alternativas é apresentar aos grupos, que trabalham neste desenvolvimento, avaliações e necessidades dos clientes, além de eventuais problemas que devem ser solucionados no novo produto; aspecto este diretamente relacionado ao desenvolvimento de assentos automotivos confortáveis.

Ao processo de buscar no uso do produto esta série de informações, transformar em especificações, e garantir que sejam levadas até as fases de produção, percorrendo toda

cadeia de desenvolvimento, define-se como QFD (Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade) e tem sido suporte importante para desenvolver produtos voltados ao mercado.

## 4.2 Fases

Na escala de tempo, desenvolver um produto passa pelas fases:

- Levantamento das premissas do programa;
- Análise de viabilidade;
- Definição de produto;
- Validação e estudos virtuais;
- Detalhamento e especificações;
- Fabricação;
- Validação final.

O desenvolvimento de um novo produto e, em especial, de assentos automotivos é um conjunto de atividades que se inicia com a identificação de uma oportunidade para criação de um novo modelo, após a análise de mercado, com a transformação desta oportunidade em idéia e com a viabilização desta idéia em projeto de produto, até a sua fabricação. Envolve, portanto, o conhecimento de uma série de informações como: características do produto a serem atendidas, variações, demanda prevista, mercados que receberão o produto, preço baseado em produtos da concorrência ou da própria empresa, legislações e regulamentações a serem obedecidas, além de informações da manufatura da própria da companhia, para melhor utilização dos recursos já existentes e que, porventura, podem ser reaproveitados caso algumas similaridades entre os produtos sejam mantidas.

Participam da atividade vários setores da empresa, como: Marketing, Engenharia de Produto, Engenharia de Manufatura, Qualidade, Suprimentos, Recursos Humanos, entre outros. Também uma série de atividades e eventos, balizados por esta base de dados e desenvolvimentos intra e interdepartamentalmente, têm como funções principais estabelecer parâmetros ao longo do processo, para comprovar se os objetivos do programa estão sendo atingidos.

Como ponto de partida para o desenvolvimento de um novo produto, alguns conjuntos de informações são fundamentais. Devem ser estabelecidas as características que o produto deve oferecer, baseado em históricos de desenvolvimentos anteriores, por meio de

pesquisas de mercado, análise da concorrência, aprimoramentos internos e em parceria com fornecedores. Também devem ser consideradas normas que regem tanto quesitos de segurança e legislação, quanto procedimentos da qualidade. Fazendo ainda parte desta base, existem algumas características que dizem respeito aos volumes de produção, local a ser produzido e mercados de destino. Todo esse conjunto de informações gera o que se pode chamar como Premissas de Programa e constitui a base de dados para uma estimativa do custo de desenvolvimento e de verificação da viabilidade do programa.

A etapa seguinte chamada de Análise de Viabilidade é realizada da seguinte forma: os vários setores e departamentos da empresa, de posse das Premissas de Programa, apresentam os custos estimados necessários para os detalhamentos, planejamento e desenvolvimentos avançados, testes, implantação das linhas de manufatura, gastos com pessoal, viagens, etc. Com base no estudo de retorno de investimento, pode se fazer necessário rever o conjunto de premissas. Novas rodadas de cálculos de investimentos são realizadas até que se atinja um custo por veículo que represente uma relação satisfatória para a companhia. Como exemplos da geração de novas premissas, pode haver: redução nas variações de modelos, eliminação de itens de acabamento, revisão em graus de automação, alteração nos locais a serem produzidos, redefinição de conceitos logísticos empregados, redefinição de fontes produtivas, com “insourcing” ou “outsourcing”. Após ser alcançada a meta do custo para este desenvolvimento, são iniciadas as atividades para definição do produto.

Existindo, portanto, um conjunto de premissas de programa que demonstram um resultado econômico satisfatório, forma-se um conjunto de características que são chamadas de Definições de Produto e constituem a primeira aprovação para que se inicie o detalhamento do produto.

A Engenharia do Produto, com a participação dos demais setores da empresa tem um produto, que é o próprio processo de desenvolvimento do produto, a ser medido nas variáveis: tempo, custo e qualidade. Trata-se das informações geradas em formas de especificações, desenhos e instruções.

Inicia-se então a fase de Detalhamento do Produto e Processo, ou seja, o detalhamento dos componentes, estruturas, sistemas e peças que permitirão à Engenharia de Manufatura definir como serão estampadas as peças, armados os conjuntos e montados os vários

componentes. Também são definidos meios e sistemas de controles, fluxos logísticos e processos.

Após a definição dos processos, implantadas as linhas, atingidas as características de qualidade e desempenho necessárias, inicia-se a fabricação, normalmente, a partir de uma curva de aceleração, ou seja, paulatinamente as quantidades produzidas vão aumentando até atingir a capacidade da linha ou a quantidade que o mercado solicita.

### **4.3 Desenvolvimento de assentos automotivos**

No processo de desenvolvimento de assentos automotivos muitos fatores contribuem para a realização de modificações que contemplam as necessidades dos seus usuários (conforto, segurança, por exemplo). Estratégias que objetivam prazos mais breves para amortizações de investimentos corporativos, também podem levar à realização de limitações da quantidade de alterações nos projetos; procurando-se desta forma uma redução do custeio dos produtos.

Os fatores que inibem a realização das alterações nos projetos deixam pouco lugar para que os produtos possam contemplar a variabilidade característica dos seres humanos e dos veículos. Neste sentido, uma investigação realizada por McFarland e Dorney (in Murrel, 1965 p. 46-7) apontou para importantes inadequações dos assentos de veículos norte-americanos, que podem causar significativo desconforto para grande número de usuários. Em sua investigação, os autores identificaram a existência de um número significativo de produtos (a maioria dos modelos oferecidos no mercado), que não seriam adequados para amplos estratos populacionais. Os erros mais freqüentes foram relativos à inobservância das medidas antropométricas dos usuários nos projetos. Identificaram-se problemas nas seguintes dimensões relativas aos postos de condução:

- ✓ Alturas inadequadas de bancos (dianteiros e traseiros).
- ✓ Constrangimentos quanto à entrada e saída dos condutores nos veículos (espaço reduzido entre assento e volante).
- ✓ Dificuldades de acomodação de pessoas com elevada estatura, em virtude da existência de habitáculo baixos, em alguns veículos.

Um dos fatores que está impedindo o desenvolvimento de produtos mais adequados aos usuários é a tendência de uma excessiva padronização dos projetos. Esta tendência ocorreria em razão da globalização das atividades comerciais, que segundo Wisner (1987, p.137-8), adotam projetos padronizados em regiões diversas. Ocorre também uma tendência do deslocamento das responsabilidades de concepção e produção de componentes para os fornecedores das montadoras automobilísticas. Desde os anos 1990, os projetos de bancos automotivos vêm sendo produzidos e desenvolvidos integralmente em empresas fornecedoras. Diversas interferências, tais como problemas de comunicação, planejamento das atividades e pressões temporais podem impedir que os parceiros (montadoras e fornecedores) possam contemplar com mais intensidade a opinião dos clientes. Para as frequentes dissociações entre necessidades dos clientes e empresas, os trabalhadores deveriam ser consultados sobre as condições consideradas mais confortáveis.

É necessário avaliar o conjunto das atividades diretamente relacionadas à postura sobre o assento do condutor (figura 4.1). Durante a redução da velocidade do veículo, é necessário acionar o pedal da embreagem (pela perna esquerda), ao mesmo tempo em que a perna direita provoca uma redução da aceleração do veículo, atuando no pedal do freio. Nesta operação o braço direito se desloca da empunhadura do volante para acionar a troca do posicionamento das marchas para uma posição neutra. Desta forma, o braço esquerdo passa a controlar, por um breve período, exclusivamente o volante. Durante esta complexa situação, o organismo continua exercendo vigilância sobre as condições ambientais. Os sentidos monitoram continuamente os ruídos, as condições ambientais, a dosagem da transmissão das forças durante acionamentos e as condições do próprio condutor e ocupantes. Ao serem detectadas irregularidades são tomadas decisões sobre as correções necessárias ao funcionamento do sistema homem-máquina. A condução de automóveis demanda a atuação coordenada de diversos segmentos corporais, observando-se frequentemente estratégias alternativas que permitam a consecução de objetivos idênticos. Em decorrência de situações emergenciais (que causam a realização de reflexos involuntários), podem ocorrer situações potencialmente danosas à saúde: uma movimentação súbita pode implicar na realização de simultâneas torções e flexões do tronco, que podem levar a perigosas lesões.

Os equipamentos que compõem os postos de condução devem ser projetados com o intuito da prevenção de problemas de saúde. Neste sentido, espelhos retrovisores bem dimensionados podem evitar que o motorista tenha que girar e flexionar frequentemente o

tronco e painéis de instrumentos bem desenhados podem evitar que o condutor leve muito tempo para procurar determinado indicador, realizando movimentos (oculares, cervicais e dorsais) em demasia. Os assentos também podem ser concebidos para facilitar uma freqüente alternância de posturas, com equipamentos que garantam acomodações confortáveis para um variado espectro de medidas antropométricas da população.



**Figura 4.1** – Exemplo da postura e interações do condutor

Os aspectos relacionados a opiniões e percepções dos usuários de assentos automotivos, em especial quanto à ergonomia destes produtos, deveriam ser explorados com mais intensidade durante o planejamento e desenvolvimento de produto. Uma importante base para estudos e pesquisas pode ser obtida por meio da aplicação do conhecimento relativo ao campo do trabalho. Estudos sobre as condições do trabalho humano contribuíram para o desenvolvimento da ergonomia, que atualmente contempla conhecimentos oriundos de diversos campos, tais como a antropometria, a biomecânica, a medicina, a gestão administrativa e a sociologia, entre outros.

Sell (2000, p.124) aponta para definições sobre ergonomia, emitidas por diferentes organismos, que contemplaram as relações entre os seres humanos, as máquinas e equipamentos e o ambiente, mediante a adoção de análises fisiológicas e também psicológicas. Para a autora, um número crescente de estudos volta-se para a realização de análises não diretamente relacionadas ao trabalho humano, a exemplo da concepção de produtos [ERGONOMICS around (...), dez.1969]. No entanto, no campo automotivo, destaca-se a criação de um centro de pesquisas para a melhoria do conforto e segurança dos veículos pela empresa Renault em 1954 [ERGONOMICS around (...), set.1971].

Os estudos que levam em conta conhecimentos oriundos da ergonomia podem apresentar tendências para a adoção de ênfases de índole prescritivas ou descritivas. Algumas linhas de pesquisa tendem a privilegiar a realização de experimentos em laboratórios, contemplando interfaces entre componentes materiais e fatores humanos, enquanto que outras se voltam para a realização de análises que objetivam a observação de situações reais (Mascia; Sznelwar, Contador et alii, 1998, p.166-8). Segundo Guérin e colaboradores (2001, p.44), a prática da ergonomia só se justifica quando visa a transformação das situações de trabalho. Para eles uma ação é “ergonômica” quando comporta análises das atividades do trabalho, que contribuem para desvelar as estratégias adotadas pelos operadores para atingirem os objetivos que lhes foram fixados em determinadas condições. Desta forma, a ergonomia aplicada no campo do desenvolvimento de produtos atribuiria uma importância destacada aos interesses dos usuários.

Pelo exposto, as atenções dos estudos relativos à ergonomia partem da observação dos usuários de produtos ou trabalhadores. A aplicação de critérios voltados para a satisfação das necessidades dos clientes para os projetos de produtos, permite a geração de vantagens que podem ser potencializadas mediante a aplicação de conhecimentos oriundos da ergonomia. O escopo destas atividades vem sendo continuamente ampliado, contemplando também, a título de exemplificação, investigações relativas à toxicologia dos produtos químicos, que podem prejudicar a saúde dos trabalhadores (Sznelwar, 1992). A ergonomia contempla aspectos multidisciplinares, abordando uma diversidade de informações relativas ao funcionamento do corpo humano, a equipamentos, a instalações mecânicas e processos comunicativos entre outros assuntos. Para Wisner (apud Santos e Fialho, 1995, p.9), o campo das aplicações da ergonomia de produtos é muito amplo:

“(...) o conjunto dos conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas, dispositivos que possam ser utilizados com máximo de conforto, de segurança e eficácia.”

A ergonomia vem apresentando uma contínua aplicação do seu escopo, com diversas linhas de pesquisa introduzindo novos objetivos de estudo. As investigações deste campo apresentam acentuado caráter multidisciplinar. Wisner (1987, p.13) atesta a importância da ergonomia para a concepção de produtos de consumo. O autor aponta para três modalidades de intervenções que podem ser implementadas durante o ciclo de vida de produtos (Wisner, 1987 p.20-1):

- ✓ **Intervenções voltadas para a concepção:** são ações de caráter pró-ativo, que podem influir decisivamente para evitar o surgimento de problemas durante fases mais avançadas do desenvolvimento de produtos. Estas ações podem incorporar alterações planejadas para serem implementadas durante os ciclos de vida dos produtos. A prevenção, o planejamento e as estratégias em relação aos concorrentes e os diferenciais competitivos, são características desta modalidade prática da ergonomia.
- ✓ **Intervenções voltadas para a correção:** atividades baseadas nesse modelo de intervenção fundamentam-se na ocorrência de problemas que ocorrem após a consolidação dos projetos, em decorrência do uso dos produtos pelos clientes. As mudanças são incrementais, sendo implementadas conforme a identificação das demandas relativas à funcionalidade dos produtos: à medida que os problemas vão surgindo, são encaminhadas soluções. Esta modalidade pode ocasionar elevados custos, devido a investimentos adicionais acrescidos aos investimentos de concepção já realizados, consolidados nas diversas áreas.
- ✓ **Intervenções voltadas para a realização de mudanças:** é uma fase posterior à concepção dos produtos, na qual são aplicados recursos técnicos e financeiros para a realização de ajustes, que poderiam ter sido anteriormente planejados. As estimativas sobre a duração dos projetos de automóveis nas mídias jornalísticas vêm apontando uma permanência menor dos modelos nos mercados. A introdução de mudanças nos projetos pode fazer parte de estratégias que enfatizam a realização de aperfeiçoamentos contínuos durante a existência dos produtos.

Segundo Wisner (1987, p.17-8 e 136), desenvolvimentos realizados em automóveis, aviões e outros produtos, ocasionaram aumentos nas unidades vendidas. Nesse sentido, as características que Silva e colaboradores (in Sznelwar; Zidan, 2000, p.375) atribuem ao campo da ergonomia do trabalho também são relevantes nos projetos voltados para o desenvolvimento de produtos de assentos automotivos:

- ✓ A vinculação das atividades de pesquisa a princípios científicos e a métodos e dados subtraídos das diversas disciplinas.
- ✓ A adoção aos projetos de critérios relativos à eficiência e segurança das pessoas.

- ✓ O elevado valor atribuído à humanização dos projetos, sendo priorizadas as necessidades das pessoas. Desta forma, o homem seria contemplado como o componente mais importante de um sistema. Guérin e colaboradores (2001, p.1).também enfatizam esta característica.

Fatores de outras naturezas também influem nas decisões relativas ao desenvolvimento de novos produtos, como:

- ✓ Natureza econômica
- ✓ Natureza mercadológica
- ✓ Natureza estética.

Durante todo o processo são de extrema importância as decisões empresariais que orientam o desenvolvimento dos projetos. A seguir, segundo Wisner (1987 p.136-410), algumas questões relevantes são:

- ✓ **Prazos para a amortização de projetos:** estes prazos influenciam a frequência da realização de alterações nos produtos, que podem constituir elevações significativas de custos. O autor explica que devido à escala de produção e complexidade dos produtos, a produção de automóveis e, conseqüentemente, de assentos, tenderiam a permitir a realização de menor número de alterações, do que a outras indústrias como, por exemplo, a eletrônica ou os setores industriais que apresentam menores investimentos financeiros. Nestes casos estariam atuantes critérios relativos à obtenção de economias de escala advindas da produção de produtos padronizados, em grandes volumes. Assim, quanto menor o número de modificações nos padrões de produção durante a existência de um determinado produto, maiores seriam os ganhos financeiros em virtude de reduções de custos.
- ✓ **Modificações radicais de produtos:** mudanças de produtos acarretam custos mais elevados relativos aos projetos e às modificações dos equipamentos e ferramentas de produção. Eventualmente as vantagens mercadológicas, tais como maiores índices de preferência dos clientes, poderão compensar estes gastos adicionais.
- ✓ **Inovações:** a introdução de características inovadoras pode gerar (apesar da elevação de custos) oportunidades, no sentido do estabelecimento de diferenciações, criando-se vantagens competitivas de ordem mercadológica.

- ✓ **Questões relativas ao valor de uso dos produtos:** estas perspectivas relacionam-se intimamente aos benefícios obtidos pelos usuários, entre eles, os níveis de preços e padrões de qualidade. O autor aponta para questões significativas, tais como os valores mais econômicos (mais objetiváveis), bem como valores relativos a fatores psicológicos.
- ✓ **Ergonomia de projetos:** é um tema significativo, vinculado a aspectos tais como segurança, conforto, manuseio de produtos, entre outras questões. Os produtos de consumo podem tornar-se locais de trabalho (permanentes ou parciais) para muitas pessoas, a exemplo dos assentos automotivos.
- ✓ **Orientações, compromissos e limites para a aplicação da ergonomia:** o autor enfatiza que os projetos de produtos resultam nas realizações de compromissos entre diversas considerações, destacando-se as relativas à aceitação dos produtos por consumidores. Neste sentido, as propriedades tais como a forma, o preço, o desempenho, a qualidade e a segurança, deveriam ser privilegiadas nos projetos. Estes teriam que ser compostos de funções coerentes e harmoniosas e bem compreendidas pelos usuários. No entanto, a acentuada diversidade das características humanas dificulta, como será visto no Cap. 5 sob o tema antropometria, a realização de projetos adequados para proporcionar níveis de conforto elevados para amplos biótipos.

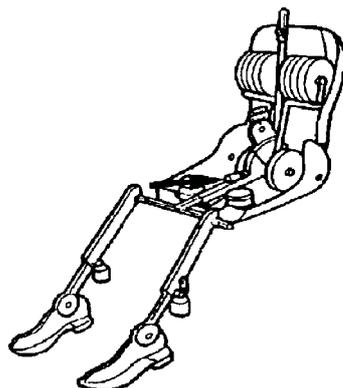
#### 4.3.1 Recomendações técnicas

Além das considerações citadas anteriormente, durante o desenvolvimento de assentos automotivos a realização de algumas análises tem grande impacto na qualidade do produto final e a futuras avaliações dos clientes, em especial quanto ao conforto ergonômico. Nesse sentido, algumas diretrizes são de conhecimento e aplicáveis total ou parcialmente pelos fabricantes de assentos e veículos. Pode-se destacar:

- ✓ Penetração do ocupante na superfície “A”;
- ✓ Comprimento da almofada;
- ✓ Ângulo da almofada;
- ✓ Ângulo do encosto;

- ✓ Estudo de interferências;
- ✓ Ponto do salto em relação ao ponto "H";
- ✓ Largura do inserto (região central do assento e encosto);
- ✓ Altura das "bananas laterais" (região elevada dos encostos e assentos que aumentam a retenção lateral);
- ✓ Altura relativa à face superior da soleira da porta;
- ✓ Altura da soleira da porta relativa ao solo;
- ✓ Altura da abertura superior da porta;
- ✓ Localização "coluna B" em relação ao assento;
- ✓ Posicionamento ergonômico dos controles do assento;
- ✓ Definição do Ponto H em conjunto com o cliente;
- ✓ Ângulo do trilho;
- ✓ Forma da espuma total da almofada revestida, desocupada;
- ✓ Deformação da espuma da almofada revestida, com ocupante;
- ✓ Penetração do manequim na superfície "A",
- ✓ Estudo de posições utilizando-se o dispositivo tridimensional Oscar (figura 4.2);

Como a posição do ocupante sobre o assento está diretamente relacionada com o nível de conforto que será proporcionado ao usuário, compreender a função e importância de alguns componentes, ajustes e ferramentas de análise é fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.



**Figura 4.2** – Dispositivo tridimensional Oscar

A seguir são destacados alguns desses itens:

### **1 Oscar (Dispositivo tridimensional)**

O Oscar permite a medição do Ponto H no assento. O ponto H é determinado utilizando o Oscar, que representa o percentil 95th, instalado sobre o assentos. As coordenadas x, y e z que deverão ser obtidas são definidas pelo fabricante do veículo. Existem três tipos de gabaritos e dispositivos Oscar. O primeiro tipo representa uma mulher de baixa estatura, pesando aproximadamente 47 kg. Este Oscar representa um percentual de 5% do universo de motoristas. O segundo Oscar simula um homem de estatura média, pesando aproximadamente 76,5 kg e representa um percentual de 50% do universo de motoristas. O terceiro Oscar simula um homem grande, pesando aproximadamente 103 kg, que representa um percentil 95% do universo de motoristas. Conforme mencionado no capítulo 2, a faixa que vai do percentil 5% ao 95% é a faixa que deve ser utilizada no projeto do assento para atender as normas legais. Em casos específicos, o cliente poderá exigir uma faixa maior.

Além do **ponto H**, outros pontos são medidos utilizando-se o Oscar:

- ✓ **O ponto D:** representa o ponto mais baixo do contorno das nádegas do Oscar sentado na posição do projeto. Representa, portanto, a deflexão da almofada em condição estática.
- ✓ **Ponto do salto:** O ponto do salto do acelerador representa o salto do Oscar com o sapato encostado no acelerador em posição livre e com o pé formando um ângulo mínimo de 87° com a perna. O pé deve encostar-se ao assoalho do veículo. O acesso confortável aos outros pedais deve também ser providenciado no projeto,

mas não faz parte das medições com o dispositivo Oscar. Um posicionamento incorreto do ponto do salto altera vários outros parâmetros no assentamento do Oscar e pode resultar em desconforto ao ocupante.

## **2 Ângulo do encosto e almofada**

Os ângulos do encosto e da almofada, conforme determinados pelo cliente, devem ser observados mantendo-se o ponto H na posição apropriada. O ângulo do encosto representa a linha do torso em relação à vertical.

O ângulo da almofada é a inclinação da almofada com a horizontal e é determinante sobre o suporte da coxa e sobre o alcance dos controles.

## **3 Reclinadores**

Os aspectos mais relevantes no projeto do assento, com relação ao(s) reclinador (es) são:

- ✓ O sistema reclinador deve ser localizado de tal forma a manter folgas adequadas com o manequim, com os pés do passageiro traseiro, e garantir a manutenção do ponto H.
- ✓ No caso de assento reclinável duplo, o sistema mais comum de sincronização é por meio de um eixo transversal. Este eixo deverá ser protegido por meio de um tubo ou travessa.
- ✓ Verificar a situação de entrada e saída do veículo. Se localizado muito a frente, poderá dificultar o acesso ao veículo.
- ✓ Ergonomia: a localização do botão ou alavanca de acionamento deverá ser em posição de fácil acesso e principalmente ter folga para a mão.
- ✓ Viabilidade de montagem: dependendo se os reclinadores estão soldados ou parafusados ao encosto, as opções de montagem poderão ser limitadas. As dificuldades mais comuns são o acesso das torqueadoras e assegurar que a operação não necessite mais que duas mãos.
- ✓ Tolerância: existem muitas tolerâncias nos próprios mecanismos reclináveis. É importante considerar o fato que no acúmulo de todas as tolerâncias, os reclináveis são os únicos elementos metálicos que poderão absorvê-las. O

engenheiro do sistema de assento deverá rever esse aspecto a fim de garantir que não haja comprometimento de funcionalidade, desempenho e ruído.

- ✓ Força da mola de retorno: a determinação da força da mola de retorno (para reclinadores de setor e lingüeta) exige muito cuidado. Os dois casos extremos são quando a força é excessiva, o que pode literalmente expelir o ocupante do assento (em particular indivíduos abaixo do percentil 50%) ou quando é reduzida e dificulta o ajuste. Em todos os casos será necessário conhecer o diagrama do momento de torção do mecanismo reclinador. Os dois momentos (ação e reação) deverão se equilibrar próximo do ângulo do encosto em posição de projeto.

#### **4 Trilhos**

Alguns aspectos no projeto de trilhos são semelhantes aos do encosto. Existem, porém, alguns conceitos e critérios peculiares. Destacam-se:

- ✓ Fixação no assoalho: os pontos de fixação ao assoalho devem ter contato “metal contra metal” com o assoalho. Qualquer material deformável, tal como carpete, adesivos isolantes térmicos ou acústicos, causarão perda de torque nos parafusos ao longo do tempo; os furos de fixação deverão estar o mais próximo possível da linha de ação dos trilhos; a seqüência de aperto dos parafusos é importante quanto a torção do conjunto e deve ser consensada com o cliente.
- ✓ Providenciar folgas adequadas para o acesso das torqueadeiras. Evitar que o assento deva ser ajustado para frente ou para trás a fim de acessar os parafusos.
- ✓ Determinar com o cliente qual dos furos, seja no assento como no assoalho, será o furo piloto (de localização).
- ✓ Todos os parafusos de fixação devem ser idênticos

#### **5 Capas de acabamento**

Quanto a este componente os seguintes cuidados devem ser tomados:

- ✓ Não devem ocorrer interferências com a total movimentação da almofada

- ✓ Os componentes devem estar firmemente presos aos metais para não se soltarem durante os vários tipos de movimentações do ocupante.
- ✓ Assegurar que os cortes nas capas para fixação de controles (botões, alavancas) estejam adequados para não serem visíveis após a montagem.

## **6 Sistema “Entrada-Fácil”**

Trata-se de um dispositivo oferecido como opcional em veículos de duas portas, que tem como objetivo facilitar o ingresso/egresso dos passageiros traseiros. O dispositivo permite que, ao acionar o mecanismo de basculamento do encosto, o assento automaticamente deslize para frente. Os aspectos que merecem especial atenção neste caso são:

- ✓ Manter os esforços dentro de limites aceitáveis. Garantir que o curso da alavanca de acionamento do encosto basculante seja suficiente para o completo desengate mesmo em condições de acúmulo de tolerâncias.
- ✓ Roteiro dos cabos do sistema basculante e acionamento dos trilhos.
- ✓ Sincronização adequada dos trilhos no caso de travamento bilateral.
- ✓ Balanceamento apropriado da força que empurra o assento para frente.
- ✓ O apoio de cabeça com o banco basculado não poderá bater no volante ou no painel de instrumentos.
- ✓ Todos os mecanismos a prova de erros de acionamento.
- ✓ Montagem dos componentes na linha de produção.

## **7 Folgas**

Além das considerações sobre o conforto e segurança, o projeto do assento deve prever folgas adequadas na interface com os componentes do veículo a fim de obter boa funcionalidade. A tabela 4.1 mostra alguns desses componentes.

## **8 Vibrações**

Outra recomendação importante a ser considerada durante o desenvolvimento de assentos automotivos, a fim de se obter produtos confortáveis, está relacionada com vibrações.

**Tabela 4.1 – Componentes de interface com o assento**

Volante	Forro de teto	Painel de instrumentos
Protetor de joelhos	Porta	Cinto de segurança
Descansa braços	Tampa de combustíveis	Console
Vidros laterais	Pilares "A" do veículo	Pilares "B" do veículo
Painéis laterais	Comando remoto de porta-malas	Vão das rodas traseiras
Freio de mão	Tunel	Porta pacotes
Carpetes	Dutos de aquecimento	Cabos elétricos

É desejável que a frequência natural de um assento ocupado esteja abaixo da faixa de sensibilidade humana, mas acima da frequência estrutural do veículo. As frequências naturais das suspensões veiculares estão entre 1 Hz, para carros grandes e confortáveis, e 2 Hz para os esportivos. A tabela 4.2 indica alguns dos efeitos possíveis, causados por diversas frequências sobre o corpo humano.

**Tabela 4.2 – Efeitos das frequências no organismo humano**

Sintomas	Frequência (Hz)
Desconforto generalizado	4 - 9
Dores de cabeça	13 - 20
Enjôo	6 - 8
Influência na fala	13 - 20
Nó na garganta	12 - 16
Dores no pescoço	5 - 7
Dores abdominais	4 - 10
Urgência de urinar	10 - 18
Respiração difícil	4 - 8
Contratações musculares	4 - 9

#### 4.4 Usabilidade

Em função das preocupações e recomendações para o desenvolvimento de assentos, é crucial durante a concepção de produto e durante toda a fase de desenvolvimento focar na opinião e percepções do usuário final. Nesse sentido os conceitos de usabilidade podem ser utilizados como base de raciocínio e estudos.

De acordo com Iida (2005) o neologismo usabilidade, traduzido do inglês “usability”, significa facilidade e comodidade no uso dos produtos, tanto no ambiente doméstico como no profissional. Os produtos devem ser “amigáveis”, fáceis de entender, fáceis de operar e pouco sensíveis a erros. Não depende apenas das características do produto. Depende também do usuário, dos objetivos pretendidos e do ambiente em que o produto é usado. Portanto, a usabilidade depende da interação entre os produtos, o usuário, a tarefa e o ambiente. Assim, o mesmo produto pode ser considerado adequado por uns e insatisfatórios por outros ou adequado em certas situações e inadequado em outras.

Existem alguns princípios para melhorar a usabilidade dos produtos (Iida, 2005):

**Evidência** – A solução formal do produto deve indicar claramente a sua função e o modo de operação. Por exemplo, a porta de vidro de um edifício público deve ter uma clara indicação se ela deve ser empurrada ou puxada para se abrir. A evidência reduz o tempo de aprendizagem e facilita a memorização, além de reduzir os erros de operação.

**Consistência** – As operações semelhantes devem ser realizadas de forma semelhante. Isso permite que o usuário faça uma transferência positiva da experiência anteriormente adquirida em outras tarefas semelhantes. Por exemplo, as pessoas estão acostumadas a abrir as portas da casa e do carro. Ao se deparar com um novo produto que tenha uma porta, ele provavelmente tentará abri-la da mesma forma.

**Capacidade** – O usuário possui determinadas capacidades para cada função, que devem ser respeitadas. Essas capacidades não devem ser ultrapassadas. Para dirigir um automóvel, por exemplo, as duas mãos ficam ocupadas com o volante. Então, as outras funções, como aceleração, embreagem e freio, são transferidas para os pés. O mesmo ocorre em relação aos órgãos dos sentidos. Quando a visão estiver saturada, as informações adicionais podem ser transferidas para outros canais, como a audição e o tato. Essa capacidade relaciona-se também com a força, precisão, velocidade e alcances, exigidos em movimentos musculares.

**Compatibilidade** – O atendimento às expectativas do usuário melhora a compatibilidade. Essas expectativas dependem de fatores fisiológicos, culturais e experiências anteriores. Estão relacionadas também com os estereótipos populares. Por exemplo, o movimento de um controle rotacional para a direita está associado com o “abrir” ou “aumentar”. Em muitas culturas, a cor vermelha está associada com perigo ou proibição, em oposição ao

verde, que significa segurança ou liberação de um procedimento; como acontece com os sinais de trânsito.

**Prevenção e correção dos erros** – os produtos devem impedir os procedimentos errados. Se estes ocorrerem, devem permitir uma correção fácil e rápida. Em um carro, a ignição do motor poderia estar condicionada à colocação prévia do cinto de segurança e fechamento de todas as portas.

**Realimentação** – Os produtos devem dar um retorno aos usuários sobre os resultados de sua ação. Isso pode ser um simples “bip” indicando que o comando foi acionado. A realimentação é importante para que o operador possa redirecionar a sua ação. Em muitos casos, ele deve ir corrigindo a sua trajetória até atingir o objetivo pretendido. A falta dessa realimentação poderá resultar em muitos desperdícios como no caso do motorista que dirigiu durante duas horas até o próximo vilarejo, para descobrir que estava no caminho errado.

A usabilidade pode ser melhorada com alteração de algumas características físicas do produto, como dimensões, pesos, formas, resistências e outras. Essas mudanças devem visar sempre a adaptação do produto às características do usuário ou grupo de usuários. Os produtos devem ser adaptados à média da população. Em outros casos, essa adaptação deve ser feita a um dos extremos (inferior ou superior), às faixas ou ao usuário individual.

A usabilidade pode ser melhorada colocando-se mecanismos de regulação em um produto que, antes tinha uma medida fixa. É o que acontece, por exemplo, quando é implementado o ajuste lombar em assentos.

Também, conforme destacado por Lida (2005), as características cognitivas referem-se aos conhecimentos do usuário sobre o modo de usar o produto, baseando-se em suas experiências anteriores. Se as características físicas assemelham-se ao *hardware*, as cognitivas podem ser consideradas como *software*. Em outras palavras, os produtos não devem contrariar as experiências e os estereótipos já estabelecidos e que provocam certas expectativas. Por exemplo, nosso estereótipo para abrir uma porta é girar a alavanca para baixo, maçaneta para esquerda ou puxar uma alça. Qualquer produto que contraria esses estereótipos causará dificuldade (isso acontece com alguns modelos de automóveis).

Para a elaboração das características físicas, faz-se um levantamento antropométrico do grupo de usuários. Da mesma forma, para as características cognitivas, deve-se fazer um

levantamento de repertório desse grupo. Isso inclui, por exemplo, o que eles conhecem sobre o produto e como estão acostumados a usá-lo.

## **5. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS ERGONÔMICAS EM ASSENTOS**

### **5.1 Introdução**

Atualmente, em função de pressões relacionadas a custos e tempo, os departamentos de desenvolvimento de produtos automotivos muitas vezes não conseguem avaliar, com a devida profundidade, as diferentes variáveis que podem influenciar no desempenho do produto e satisfação do cliente final. Com o objetivo de contribuir para a minimização dos inconvenientes de projeto, o estudo foi focado nas principais variáveis que podem influenciar no conforto ergonômico de assentos automotivos:

- ✓ A opinião do condutor
- ✓ A antropometria dos condutores
- ✓ As vibrações sobre os condutores

O estudo e a compreensão dessas variáveis fornecerão subsídios para a ergonomia de concepção de assentos durante o projeto do produto. Acredita-se ser este o melhor caminho a ser seguido, pois as alternativas poderão ser amplamente examinadas e as decisões de projeto melhor embasadas.

No final deste capítulo serão apresentados e avaliados os resultados de um teste realizado com 03 veículos 1000cc para verificação do conforto dos assentos, sem a análise prévia dos impactos de cada variável.

### **5.2 Variável 01: A opinião do condutor**

Esta variável está diretamente relacionada às análises de conforto ergonômico em assentos automotivos. O modo como cada pessoa avalia, interpreta e decide sobre certo item em análise está ligado a fatores pessoais e do meio. Pode-se exemplificar a complexidade dessa variável com uma pergunta: “O que significa quando um ocupante diz que o assento é macio ou mole?”. Se a percepção do usuário não fosse influenciada por fatores psicológicos ou ambientais como se justificaria o fato de pessoas com medidas antropométricas semelhantes qualificarem diferentes assentos como confortáveis. Além desta, outra questão demonstra fidedignamente o leque de variações: “O que é um assento confortável para um indivíduo específico em função do seu humor, do estado emocional e psicológico, do ambiente ao seu redor, de suas expectativas e histórico de conhecimento

sobre assentos?”. Além de perceber os fenômenos, é necessário que o ocupante interprete o seu significado, construindo um modelo cognitivo. A qualidade da decisão depende do grau de fidelidade desse modelo em representar a situação real e cada pessoa construir o seu próprio modelo.

Outro aspecto com relação à percepção e opinião do usuário, em consequência do elevado número de ofertas à disposição, é o fato dos consumidores tornarem-se progressivamente exigentes quanto aos aspectos relativos à qualidade dos produtos, privilegiando também tempos mais rápidos para a entrega, demandando atendimentos diferenciados e serviços pós-venda, fatores de diferenciação competitiva etc. Foram evidenciadas diversas inadequações dos modos de produção e comercialização tradicionais, que se fundamentavam em perspectivas unidimensionais com relação aos problemas organizacionais, privilegiando-se as opiniões dos produtores e comerciantes, em detrimento dos interesses dos clientes.

Segundo Wisner(1994 p.12-3), as funções empresariais voltadas para o desenvolvimento de produtos são freqüentemente influenciadas por representações errôneas das características fisiológicas e psicológicas do público. Ele sugere as seguintes características que poderiam dinamizar e ampliar o escopo das atividades vinculadas a projetos:

- ✓ As investigações de natureza comportamental deveriam contemplar descrições pormenorizadas sobre as situações que de fato ocorrem (contextos reais), em oposição a práticas profissionais prescritivas. As verbalizações dos sujeitos avaliados deveriam ser levadas em consideração, bem como os seus comportamentos observáveis, tais como suas posturas e movimentos, devendo também ser considerada a acentuada diversidade das situações.
- ✓ Os comportamentos comunicativos deveriam ser levados em conta pelos analistas, a exemplo das questões semiológicas (relativas à interpretação dos sinais e símbolos).

Uma contribuição importante é o processo de segmentação dos mercados que geram produtos que contemplam necessidades particularizadas dos clientes, sendo acentuados os diferenciais competitivos entre as ofertas ao mercado. As diferenciações dos projetos de produtos podem produzir significativas vantagens, que podem levar a maiores taxas de participação nos mercados, maior prestígio para os fabricantes dos produtos e incrementos

decisivos quanto à lealdade dos clientes às marcas. Os ambientes competitivos exibem estratégias de melhoria contínua que monitoram as necessidades dos clientes e criam um fluxo contínuo de novos desenvolvimentos.

Uma das estratégias utilizadas é o estudo de medidas subjetivas. São aquelas que dependem de julgamento dos usuários. Por exemplo, fadiga e conforto dependem de muitos fatores e dificilmente podem ser determinados por medidas instrumentais, ainda que indiretamente. No caso do presente trabalho, o “sentimento” de fadiga ou conforto deve ser manifestado pelo usuário. Isso pode levar a erros experimentais, mas estes podem ser reduzidos por um planejamento e controle adequado do experimento. As medidas subjetivas nem sempre podem ser quantificadas em números, mas apenas qualificadas ou classificadas. Elas são baseadas geralmente em questionários.

No caso de **variáveis subjetivas** que apresentam variações contínuas, existem basicamente duas técnicas usadas em sua quantificação.

A **primeira forma** é a de construir uma “escala” com uma série de frases, cada uma representando um determinado valor nessa escala. Por exemplo, para se pesquisar o conforto de uma cadeira, poderiam ser usadas as seguintes frases:

1. Péssimo – sinto dores insuportáveis
2. Bem desconfortável – sinto dores regulares
3. Pouco confortável – sinto-me razoavelmente confortável
4. Aceitável – sinto poucos inconvenientes
5. Pouco desconfortável – sinto dores ocasionais
6. Bem confortável – sinto-me quase sempre confortável
7. Excelente – sinto-me perfeitamente confortável

Esse tipo de escala pode apresentar dois tipos de problemas. Em primeiro lugar, se for solicitado para diversas pessoas ordenarem essas frases, é possível que ocorram algumas inversões. Por exemplo, uma pessoa poderia considerar “aceitável – sinto poucos inconvenientes” superior a “pouco confortável – sinto-me razoavelmente confortável”. Outro aspecto é o intervalo entre duas avaliações sucessivas, que não se mantém constante.

Ou seja, o diferencial de conforto existente entre os níveis 5 e 6 pode ser menor que aquele entre os níveis 3 e 2, por exemplo.

A **segunda forma** é construir simplesmente uma linha, com marcação de uma escala, ou marcar apenas as duas extremidades, para que a pessoa possa assinalar por interpolação. Se o comprimento total dessa escala for de 10 cm, as avaliações poderão ser obtidas simplesmente pela medida do comprimento. Em muitos casos, esse segundo tipo de escala numérica tem dado melhores resultados que aquela técnica de frases, devido à simplicidade das respostas, sem exigir interpretações das frases.

Muitos problemas de ergonomia relacionam-se com comportamentos observáveis das pessoas. Por exemplo, como as pessoas fazem a exploração visual de um painel em busca de informações, ou como atuam sobre um comando para corrigir erros. A técnica de observação do comportamento envolve olhar o que as pessoas fazem e registrá-lo de alguma forma. Depois, isso é descrito, analisado e interpretado. Historicamente, a observação foi aplicada em biologia e psicologia experimental para o estudo do comportamento de animais não-humanos, com os quais não era possível contato verbal.

Para que as informações obtidas sejam confiáveis, devem apresentar estabilidade ao longo do tempo. Por exemplo, os instrumentos de medida devem apresentar valores consistentes e constância ao longo do tempo. Para isso, pode-se adotar um manual desses procedimentos por escrito.

A principal vantagem da observação é o seu realismo. Diferenciam-se dos questionários, que podem introduzir distorções, pois as pessoas podem não expressar o que realmente sentem. A observação direta apresenta duas desvantagens. A primeira é o efeito provocado pela presença do observador, ou seja, pode provocar alteração na situação observada. Existem duas formas de reduzir a ocorrência desse efeito. Uma delas é pela mínima interação, evitando-se contatos visuais com o sujeito ou comentários sobre a tarefa. O observador pode colocar-se em uma posição em que seja pouco notado. Outra forma é pelo hábito. Após alguns dias, o sujeito observado ficará acostumado com a presença do observador, e voltará a comportar-se naturalmente. Recomenda-se, inclusive, que as primeiras observações sejam desprezadas. A segunda desvantagem é o tempo, pois as observações podem ser demoradas, principalmente quando se deseja registrar fenômenos de baixa frequência. É o caso, por exemplo, de antropólogos que ficam convivendo até 2 a 3 anos para observar eventos raros, como festas anuais, em uma tribo primitiva.

### 5.3 Variável 02: Antropometria dos condutores

A antropometria trata das medidas físicas do corpo humano (figura 5.1). Aparentemente, medir as pessoas seria uma tarefa fácil, bastando para isso ter uma régua, trena e balança. Entretanto, isso não é tão simples assim quando se pretende obter medidas representativas e confiáveis de uma população, que é composta de indivíduos dos mais variados tipos e dimensões. Além disso, as condições em que essas medidas são realizadas (com roupa ou sem roupa, com ou sem calçado, ereto ou na postura relaxada) influem consideravelmente nos resultados.



**Figura 5.1** – Exemplo de medidas antropométricas

A indústria moderna precisa de medidas antropométricas cada vez mais detalhadas e confiáveis. No caso particular do nosso estudo, assentos automotivos, a especificação de alguns centímetros de certos componentes, sem necessidade, pode significar um aumento considerável dos custos de produção, se for considerada a série de centenas de milhares de veículos produzidos. Assim, até a década de 1940, as medidas antropométricas visavam determinar apenas algumas grandezas médias da população, como pesos e estaturas. Depois passou-se a determinar as variações e os alcances dos movimentos. Hoje, o interesse maior se concentra no estudo das diferenças entre grupos e a influência de certas variáveis como etnias, alimentação e saúde. Com o crescente volume do comércio internacional, pensa-se, hoje, em estabelecer os padrões mundiais de medidas

antropométricas, para a produção de produtos “universais”, adaptáveis aos usuários de diversas etnias.

Do lado do consumidor, a padronização excessiva nem sempre se traduz em conforto, segurança e eficiência. Para que esse tipo de problema seja tratado adequadamente, são necessários três tipos de providências:

1. Definir a natureza das dimensões antropométricas exigidas em cada situação;
2. Realizar medições para gerar dados confiáveis;
3. Aplicar adequadamente esses dados.

Até meados do século passado houve preocupação em diversos países em estabelecer seus padrões nacionais de medidas antropométricas. Contudo, a partir da década de 1950, três fatos novos contribuíram para reverter essa tendência. Em primeiro lugar, houve uma crescente internacionalização da economia. Alguns produtos, produzidos em certos países, passaram a ser vendidos no mundo todo. Por exemplo, aviões, computadores, aparelhos de videocassete, armamentos, automóveis e outros, têm hoje, padrões mundiais. Em segundo, os acordos de comércio internacional, formando blocos econômicos, com redução das tarifas alfandegárias entre os países signatários, acelerou esse processo. Em terceiro, as alianças militares, surgidos após a II Guerra Mundial, exigiram certa padronização internacional de produtos militares, com diversos reflexos na indústria em geral.

Tudo isso contribuiu para ampliar os horizontes dos projetistas. Hoje, quando se projeta um produto, deve-se considerar que os usuários deste produto podem estar espalhados em 50 ou mais países diferentes, incluindo muitas diversidades étnicas culturais e sociais.

Da mesma forma, na área de antropometria, há a tendência de evolução para se determinar os padrões mundiais, embora ainda não existam medidas antropométricas confiáveis para a população mundial. Grande parte das medidas disponíveis é de contingentes das forças armadas: quase todos referem-se a medidas de homens adultos, na faixa de 18 a 30 anos. Porém, o fato que mais contribui para que essas medidas sejam diferentes da população em geral, são os critérios de seleção, adotados para o recrutamento militar, que excluem, por exemplo, pessoas abaixo de uma determinada estatura ou peso mínimo.

A antropometria é frequentemente dividida da seguinte forma:

- ✓ **A antropometria estática:** é aquela em que as medidas se referem ao corpo parado ou com poucos movimentos e as medições realizam-se entre pontos anatômicos claramente identificados. Ela deve ser aplicada ao projeto de objetos sem partes móveis ou com pouca mobilidade, como no caso do mobiliário em geral. A maior parte das tabelas existentes é de antropometria estática. O seu uso é recomendado apenas para projetos em que o homem executa poucos movimentos.
- ✓ **A antropometria dinâmica:** mede os alcances dos movimentos. Os movimentos de cada parte do corpo são medidos mantendo-se o resto do corpo estático. Exemplo: alcance máximo das mãos com a pessoa sentada. Deve-se aplicar a antropometria dinâmica nos casos de trabalhos que exigem muitos movimentos corporais ou quando se devem manipular partes que se movimentam em máquinas ou postos de trabalho.
- ✓ **A antropometria funcional:** onde as medidas antropométricas são relacionadas com a execução de tarefas específicas. Na prática, observa-se que cada parte do corpo não se move isoladamente, mas há uma conjugação de diversos movimentos para se realizar uma função. O alcance das mãos, por exemplo, não é limitado pelo comprimento dos braços. Envolve também o movimento dos ombros, rotação do tronco, inclinação das costas e o tipo de função que será exercido.

Quanto a estudos relacionados a este campo, uma das tabelas de medidas antropométricas mais completas que se conhece é a norma alemã DIN 33402, de junho de 1981. Ela apresenta medidas de 54 variáveis do corpo, sendo 9 do corpo em pé, 13 do corpo sentado, 22 da mão, 3 dos pés e 7 da cabeça. Para cada variável, a norma descreve os pontos entre os quais são tomadas as medidas, a postura adotada durante a medida e o instrumento de medição usado em cada caso. Os resultados são apresentados em percentis de 5%, 50% e 95% da população de homens e mulheres, para 19 faixas etárias, entre 3 a 65 anos de idade, e a média para adultos, entre 16 e 60 anos. Essa norma não fornece dados sobre os pesos (tabela 5.1).

Também nos Estados Unidos foram realizados estudos sobre medidas antropométricas estáticas em uma amostra de 52.744 homens, de 18 a 79 anos, e 53.343 mulheres de 18 a 79 anos, realizada entre 1960 e 1962, apresentadas na tabela 5.2.

**Tabela 5.1** – Medidas de antropometria estática, resumidas da norma alemã DIN 33402:1981.

Medida de Antropometria Estática (cm)		Mulheres			Homens		
		5%	50%	95%	5%	50%	95%
Corpo Sentado	Altura da cabeça, a partir do assento, tronco ereto.	80,5	85,7	91,4	84,9	90,7	96,2
	Altura dos olhos, a partir do assento, tronco ereto.	68,0	73,5	78,5	73,9	79,0	84,4
	Altura dos ombros, a partir do assento, tronco ereto.	53,8	58,5	63,1	56,1	61,0	65,5
	Altura do cotovelo, a partir do assento, tronco ereto.	19,1	23,3	27,8	19,3	23,0	28,0
	Altura do joelho, sentado.	46,2	50,2	54,2	49,3	53,5	57,4
	Altura Poplítea (parte inferior da coxa)	35,1	39,5	43,4	39,9	44,2	48,0
	Comprimento do antebraço, na horizontal, ate o centro da mão.	29,2	32,2	36,4	32,7	36,2	38,9
	Comprimento da nádega-poplítea	42,6	48,4	53,2	45,2	50,0	55,2
	Comprimento da nádega-jelho	53,0	58,7	63,1	55,4	59,9	64,5
	Comprimento perna estendida na horizontal	95,5	104,4	112,6	96,4	103,5	112,5
	Altura da parte superior das coxas	11,8	14,4	17,3	11,7	13,6	15,7
	Largura entre os cotovelos	37,0	45,6	54,4	39,9	45,1	51,2
	Largura dos quadris, sentado.	34,0	38,7	45,1	32,5	36,2	39,1

**Tabela 5.2** – Medidas de antropometria estática da população norte-americana (US Public Health Service Publication n.1000 – Serie 11, 1965).

Medidas de antropometria estática (cm)	Mulheres			Homens		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
Peso (kg)	47,2	62,1	90,3	57,2	75,3	96,2
Estatura, corpo ereto.	149,0	159,8	170,4	161,5	173,5	184,9
Altura da cabeça, sentado a partir do assento, ereto.	78,5	84,8	90,7	84,3	90,7	96,5
Altura do cotovelo, a partir do assento, natural.	18,0	23,4	27,9	18,8	24,1	29,5
Altura do joelho, sentado.	45,5	49,8	54,6	49,0	54,4	59,4
Altura poplítea (parte inferior da coxa)	35,6	39,9	44,5	39,3	43,9	49,0
Comprimento da nadega-poplítea	43,2	48,0	53,3	43,9	49,0	54,9
Comprimento da nadega-jelho	51,8	56,9	62,5	54,1	59,2	64,0
Altura das coxas, a partir do assento.	10,4	13,7	17,5	10,9	14,9	17,5
Largura entre os cotovelos	31,2	38,4	49,0	34,8	41,9	50,5
Largura dos quadris, sentado.	31,2	36,3	43,4	31,0	35,6	40,4

Alguns critérios para aplicação dos dados antropométricos precisam ser obedecidos. Teoricamente, o ideal seria fabricar um único tipo de produto padronizado, pois isso reduziria os custos. Contudo, pelo aspecto do usuário consumidor, isso nem sempre proporciona conforto e segurança. Nestes casos, a falta dessa adaptação pode reduzir a eficiência do produto, justificando-se os custos industriais envolvidos. Segundo Lida (2005) para fazer essa adaptação, há cinco princípios para a aplicação das medidas antropométricas:

**1º. Princípio:** Os projetos são dimensionados para a média da população, ou seja, para o percentil de 50%.

**2º. Princípio:** Os projetos são dimensionados para um dos extremos da população. De acordo com esse princípio, entrega-se um dos extremos, superior (percentil de 95%) ou inferior (5%) para o dimensionamento de projetos.

**3º Princípio:** Os projetos são dimensionados para faixas da população. Alguns produtos estão fabricados em diversos tamanhos, de modo que cada um acomode uma determinada parcela da população.

**4º Princípio:** Os projetos apresentam dimensões reguláveis. Alguns produtos podem ter certas dimensões reguláveis para se adaptar aos usuários individuais.

**5º Princípio:** Os projetos são adaptados ao indivíduo. Existem também casos, embora mais raros no meio industrial, de produtos projetados especificamente para um indivíduo. São os casos de aparelhos ortopédicos.

Pela perspectiva industrial, quanto mais padronizado for o produto, menores serão os seus custos de produção e de estoques. Assim, as aplicações dos primeiros e segundo princípios são mais econômicas, e o custo aumenta consideravelmente para o terceiro e o quarto princípios, sendo praticamente proibitivo para o quinto princípio.

O projeto para a média é baseado na idéia de que isso maximiza o conforto para a maioria. Na prática, isso não se verifica. Deve-se considerar que há diferenças significativas entre as medidas dos homens e das mulheres. Ao se adotar uma média geral para toda a população, acaba-se, na realidade, beneficiando apenas uma faixa relativamente pequena da população.

Em muitas aplicações de medidas antropométricas, há necessidade de combinar as medidas mínimas e máximas de uma população. Quase todas as medidas antropométricas de homens são maiores que as de mulheres, com algumas exceções, o máximo é representado pelo percentil 95% dos homens e, o mínimo pelo percentil 5% das mulheres. Em geral, as aberturas e passagens são dimensionadas pelo máximo, ou seja, para 95% dos homens. O alcance dos locais de trabalho, onde devem trabalhar tanto homens quanto mulheres, geralmente são dimensionados pelo mínimo, ou seja, 5% das mulheres. Em outros casos, há necessidade de se combinar as medidas máximas com as mínimas.

Outro aspecto fundamental ainda relacionado à antropometria dos ocupantes é a distribuição do peso da população em estudo sobre o assento. Na posição sentada, todo o peso do tronco, acima da bacia, é transferido para o assento, aliviando a pressão sobre os membros inferiores. Em função dessa distribuição podem surgir inconvenientes ligados a sintomas algícos.

O corpo entra em contato com o assento praticamente através de sua estrutura óssea. Esse contato é feito por dois ossos de forma arredondada, situados na bacia chamadas de tuberosidades isquiáticas, que se assemelham a uma pirâmide invertida, quando vistos de perfil com duas protuberâncias que distam, entre si, de 7 a 12 cm. Essas tuberosidades são cobertas apenas por uma fina camada de tecido muscular e uma pele grossa, adequada para suportar grandes pressões. Em apenas 25 cm<sup>2</sup> de superfície da pele sob essas tuberosidades concentram-se 75% do peso total do corpo sentado (Iida, 2005). Assim, os estofamentos muito macios não proporcionam um bom suporte, porque não permitem um equilíbrio adequado do corpo. Por outro lado, o estofamento muito duro provoca concentração da pressão na região da tuberosidade isquiática, gerando fadiga e dores na região das nádegas.

Considerando que posturas naturais do corpo – posturas de tronco, braços e pernas que não envolvam trabalho estático – e movimentos naturais são condições necessárias para uma atividade eficiente, é imprescindível a adaptação do assento às medidas do corpo e à mobilidade do ocupante.

A grande variabilidade das medidas corporais entre os indivíduos apresenta um desafio para o engenheiro e o projetista de assentos automotivos. Não se pode aceitar, como uma regra, o projeto de um assento para atender a média da população. É preciso considerar as pessoas mais altas (por exemplo, para determinar o espaço necessário para acomodar as

pernas) ou as pessoas mais baixas (por exemplo, para ter certeza de que elas alcançarão uma dada altura).

Como geralmente não é viável em termos de custos projetar os assentos para atender às pessoas de dimensões extremas, deve-se satisfazer as necessidades da maioria, tomando como base as medidas que são representativas da grande maioria da população. Se a decisão for projetar para o “90% central” de um dado grupo, como é o caso de assentos automotivos, enquadram-se as pessoas maiores que o 5% menor (na dimensão corporal considerada) e menores que o 5% maior; em outras palavras, exclui-se o 5% menor e o 5% maior da população. A seleção do ponto de corte deve ser feita com cuidado e em função da necessidade do projeto.

Um determinado ponto percentual na distribuição denomina-se percentil (p). No exemplo dado, apenas os percentis entre 5 e 95% (incluindo, portanto o 90% amostrado) estão sendo considerados.

As maiores diferenças nas dimensões corporais ocorrem em função da diversidade étnica, do sexo e da idade. Como regra geral, as mulheres são menores que os homens, exceto com relação às dimensões dos quadris. Com a idade, muitos adultos diminuem, mas se tornam mais pesados.

As diferenças inter-individuais, dentro da mesma população, foi apresentado por William Sheldon (1940). Ele realizou um minucioso estudo de uma população de 4.000 estudantes norte-americanos. Além de fazer levantamentos antropométricos dessa população, fotografou todos os indivíduos de frente, perfil e costas. A análise dessas fotografias, combinada com os estudos antropométricos, levou Sheldon (apud Iida, 2005): a definir três tipos físicos básicos, cada um com certas características dominantes:

- ✓ **Ectomorfo:** tipo físico de formas alongadas. Tem corpo e membros longos e finos, com um mínimo de gordura e músculos. Os ombros são mais largos, mas caídos. O pescoço é fino e comprido, o rosto é magro, queixo recuado e testa alta e abdômen estreito e fino.
- ✓ **Mesomorfo:** tipo físico musculoso, de formas angulosas. Apresenta cabeça cúbica, maciça, ombros e peitos largos e abdômen pequeno. Os membros são musculosos e fortes. Possui pouca gordura subcutânea.

- ✓ **Endomorfo:** tipo físico de formas arredondadas e macias, com grandes depósitos de gordura. Em sua forma extrema, tem características de uma pêra (estreita em cima e larga embaixo). O abdômen é grande e cheio e o tórax parece ser relativamente pequeno. Braços e pernas curtos e flácidos. Os ombros e cabeça arredondados. Os ossos são pequenos. O corpo tem baixa densidade, podendo flutuar na água. A pele é macia.

Naturalmente, a maioria das pessoas não pertence rigorosamente a nenhum desses tipos básicos e misturam as características desses três tipos, podendo ser mesomorfo-endofórmica, ectomorfo-mesofórmica e assim por diante. Sheldon observou também diferenças comportamentais entre os três tipos, que influem até na escolha da profissão.

Em função de todos os aspectos citados acima, a definição da população a ser considerada durante os estudos é fundamental na prevenção de inconvenientes relacionados a sintomas algícos, em especial no desenvolvimento de assentos automotivos.

A coluna é uma das estruturas mais fracas do organismo. Ela fica na posição vertical, sustentada por diversos músculos, que também são responsáveis pelos seus movimentos. Ela apresenta maior resistência para forças na direção axial, sendo mais vulnerável para forças de cisalhamento (perpendiculares ao eixo) e está sujeita a diversas deformações. Estas deformações podem ser congênitas ou adquiridas durante a vida, por diversas causas, como esforço físico, má postura no trabalho, deficiência da musculatura de sustentação, infecções e outras. Quase sempre, esses casos estão associados a processos dolorosos. As principais anormalidades da coluna são as lordoses, cifoses e escolioses.

- ✓ **Lordose:** corresponde a um aumento da concavidade posterior da curvatura na região cervical ou lombar, acompanhado por uma inclinação dos quadris para frente. É a postura que assume, por exemplo, temporariamente, um garçom que carrega uma bandeja pesada com os braços mantidos na frente do corpo.
- ✓ **Cifose:** é o aumento da convexidade, acentuando-se a curva para frente na região torácica, correspondendo ao corcunda. A cifose acentua-se nas pessoas muito idosas.
- ✓ **Escoliose:** é um desvio lateral da coluna. A pessoa focada de frente ou de costas desloca-se para um dos lados, para direita ou para esquerda.

Estas anormalidades podem levar a lombalgias; que é a maior reclamação dos usuários de assentos automotivos. É provocada pela fadiga da musculatura das costas. O tipo mais simples ocorre quando se permanece durante muito tempo na mesma postura, com a cabeça inclinada para frente. Este tipo de algia pode ser aliviada com mudanças freqüentes de postura; recurso limitado durante a atividade de condução de um automóvel.

Todas estas considerações sugerem alguns cuidados durante o desenvolvimento de pesquisas, avaliações e estudos relacionados a medidas antropométricas de assentos automotivos. Pode-se destacar:

- ✓ Sempre que for possível e economicamente justificável, as medições antropométricas devem ser realizadas diretamente, tomando-se uma amostra significativa de sujeitos que serão usuários ou consumidores do veículo.
- ✓ Definir onde ou para que serão utilizadas as medidas antropométricas. Dessa definição decorre a aplicação da antropometria estática ou dinâmica, escolha das variáveis a serem medidas e os detalhamentos ou precisões com que essas medidas devem ser realizadas.

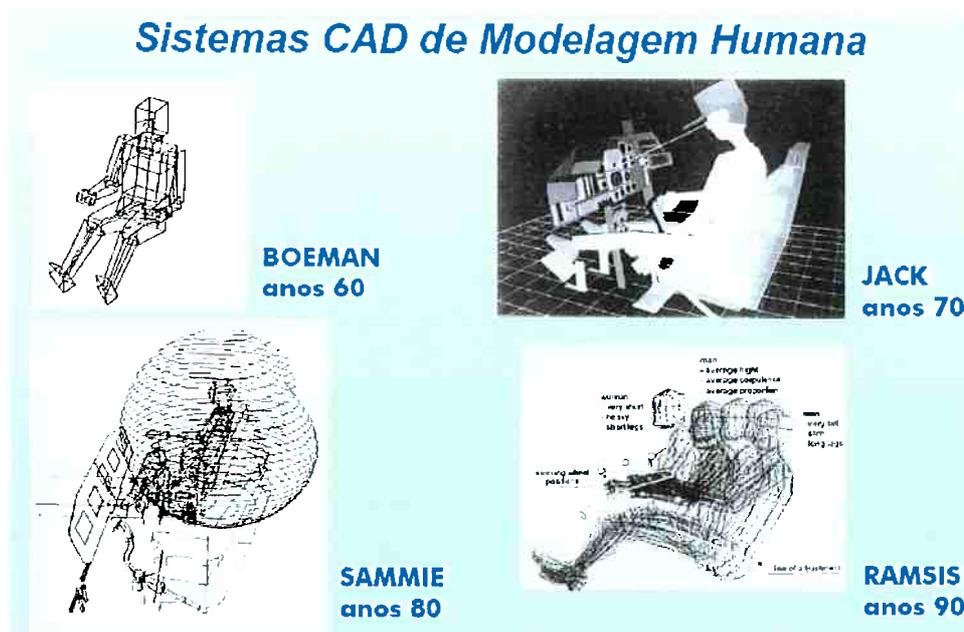
Como forma de prevenção de inconvenientes relacionados ao conforto ergonômico de assentos automotivos, especialmente durante a fase de concepção de produto, sistemas CAD são utilizados para analisar o projeto e sua conformidade com certos requisitos como, por exemplo, o posicionamento do ocupante. A figura 5.2 apresenta um esquema de interação entre sistemas CAD e dados antropométricos/biomecânicos. A figura 5.3 apresenta a evolução desses sistemas até o *software* RAMSIS que simula inclusive todos os movimentos do ocupante dentro do veículo. No entanto, tais sistemas por mais avançados que sejam não conseguem simular as percepções e desejos de cada usuário.

#### **5.4 Variável 03: Vibrações sobre os condutores**

Vibrações são oscilações da massa em função de um ponto fixo. No corpo humano as vibrações são produzidas por movimentos periódicos regulares ou irregulares do assento, que desloca o corpo de sua posição de repouso. As vibrações mecânicas são uma preocupação, já que causam mudanças na posição dos membros do corpo e órgãos importantes.



**Figura 5.2** – Interação do sistema CAD



**Figura 5.3** – Evolução dos Sistemas CAD de análise

Os seguintes fatos físicos são importantes para o entendimento do fenômeno das vibrações:

1. **Ponto de aplicação no corpo.** Três pontos, por onde as vibrações entram no corpo, são ergonomicamente significativos: as nádegas e possivelmente os pés (quando dirigindo ou andando em um veículo) e as mãos (quando operando ferramentas vibratórias ou uma máquina).

2. **Direção de aplicação.** A direção da oscilação é importante. Para a maior parte do corpo, a direção está no sentido vertical. Para a mão e o braço, é aproximadamente perpendicular à linha que passa pela mão e braço.
3. **Frequência das oscilações.** A extensão dos efeitos biomecânicos e geralmente patológicos das vibrações é dependente da frequência. As frequências particularmente importantes são aquelas na faixa das frequências naturais do corpo e, assim, causam ressonância. Geralmente distingue-se uma faixa baixa e alta de frequência. As vibrações dos veículos motores pertencem à faixa baixa.
4. **Aceleração das oscilações.** Dentro da faixa de frequência que é fisiologicamente importante, a aceleração das oscilações é geralmente tomada como medida da carga vibracional. Uma referência comumente usada é a aceleração pelo efeito da gravidade ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ).
5. **Duração do efeito.** O efeito das vibrações depende muito da sua duração. Seus efeitos danosos aumentam rapidamente com o tempo transcorrido.
6. **Ressonância.** Todo o sistema mecânico, que possui as propriedades elementares de massa e elasticidade, é capaz de oscilar. Cada sistema tem sua própria frequência natural, com a qual ele vibra após estimulação. Quanto mais próxima da frequência da força excitadora chega a frequência natural do sistema excitado, maior será a amplitude das oscilações forçadas. Quando a amplitude das oscilações forçadas excede a da força excitadora, diz-se que o sistema está em ressonância.
7. **Amortecimento.** As oscilações de qualquer sistema estão sujeitas a amortecimento, que reduzem suas amplitudes. Por exemplo, quando se está de pé, quaisquer vibrações verticais transmitidas pelos pés são rapidamente amortecidas pelas pernas. As frequências acima de 30 Hz são particularmente bem amortecidas pelos tecidos do corpo.

O corpo humano é sensível a vibrações de distintas frequências que podem causar desconforto quando prolongadas. A figura 5.4 mostra tais frequências e seus efeitos. A figura 5.5 mostra as frequências naturais que existem nos vários sistemas de um veículo. A frequência que mais influencia o assento é aquela da carroceria, pois é ela que aplica energia ao assento. Esta energia, que é conduzida através das fixações do assento no assoalho, deverá ser amortecida pelo assento, estando ocupado ou vazio.

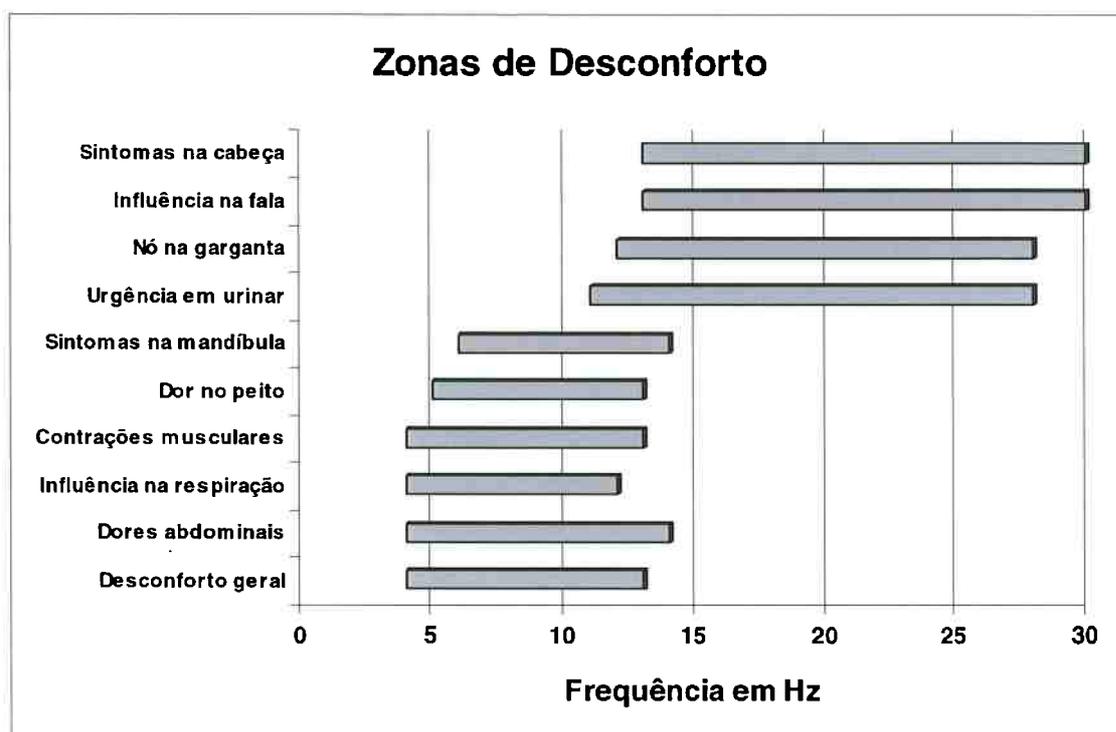


Figura 5.4 Zonas de desconforto

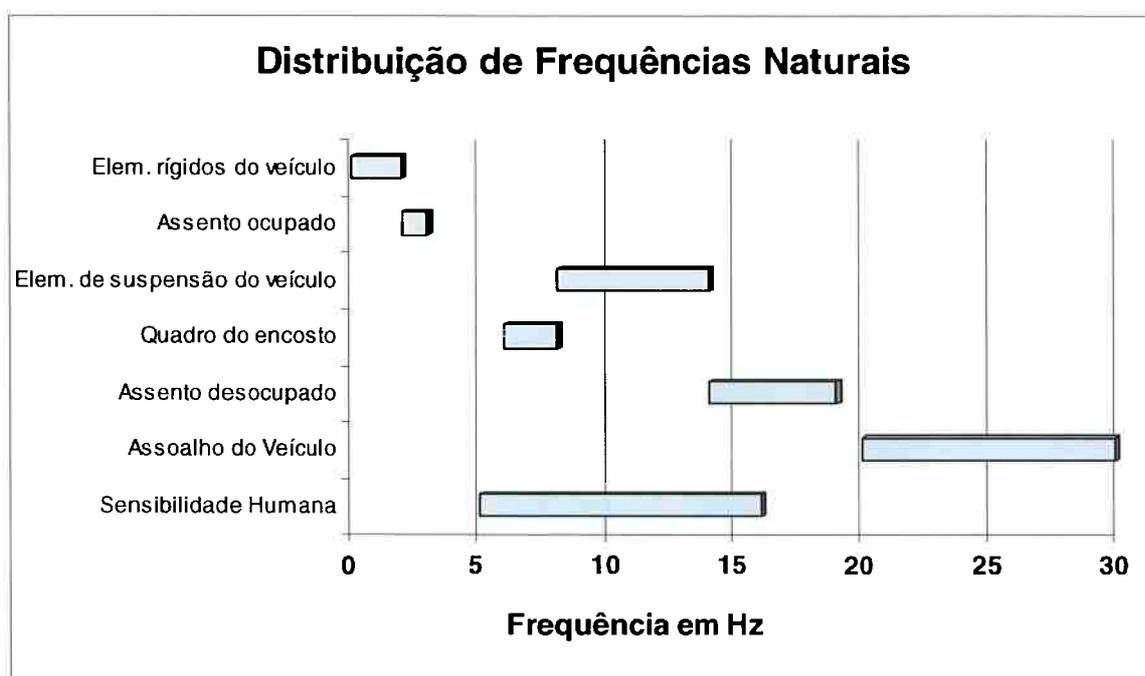


Figura 5.5 Distribuição das frequências naturais de assentos, ocupantes e veículos.

Geralmente a frequência natural da carroceria se situa entre 1.0 e 2.0 Hz. A frequência natural do corpo humano está entre 5 e 9 Hz. Conseqüentemente, é natural admitir que um

assento automotivo deva ser projetado para ter, quando ocupado, uma frequência natural entre 2.5 e 4.0 Hz.

Os assentos desocupados necessitam de um raciocínio diferente. Existem outras frequências naturais no veículo que, apesar de terem nível de energia menor, podem causar ressonância. A mais intensa é aquela da marcha lenta, que no caso de um motor 4 tempos pode estar entre 20 Hz (600 rpm em motores Diesel) até 30Hz (900 rpm em motores ciclo Otto). Pela figura 5.5 pode-se notar que a faixa isenta de vibração significativa está entre 8.0 e 20 Hz, sugerindo que a frequência natural do assento desocupado deva estar entre 16 e 18 Hz; muito utilizada atualmente.

Pode-se notar que a frequência natural da carroceria e chassis não varia muito entre as diversas marcas e categorias de veículos. Serão necessárias pesquisas mais aprofundadas para entender melhor as interações entre as vibrações do veículo e do assento. A tarefa do projetista e engenheiro passa a ser a de prover formas de absorver as energias provenientes do veículo.

As capas, espumas e suspensões atuam como um sistema elástico composto com a função de isolar vibrações e providenciar conforto. No caso de assentos sem suspensão, a energia é absorvida somente pelas capas e espumas, nas seguintes proporções: 50 a 60% pelas capas e 40 a 50% pelas espumas. Apesar de ser necessário coletar mais dados sobre estes fenômenos, é surpreendente notar a expressiva contribuição que têm as capas. Quanto às espumas do assento e almofada, os valores de ILD, densidade e resiliência têm grande impacto sobre o amortecimento das vibrações. Estudos mais detalhados sobre a influência dessas propriedades das espumas também são necessários.

O uso de automóveis provoca um perfil variado de impactos e oscilações oriundos de diversas fontes, tais como as condições do seu funcionamento, a estruturação dos projetos, podendo ser provenientes de fontes externas, a exemplo das influências das irregularidades das estradas de rodagem. A tabela 5.3 mostra uma perspectiva relativa à ação de diversas frequências e suas principais consequências para a saúde. Os dados mostram que frequências muito baixas (abaixo de 20 Hz, no caso entre 3 e 12 Hz) potencializam a ocorrência de diversos problemas na região do tronco.

**Tabela 5.3** - Espectro de frequências e suas consequências. (Hoffmann, 2005).

Faixas de frequências (Hz)	Problemas de saúde / Sintomas.
1 – 4	Dispnéias (dificuldades respiratórias).
3 – 4	Forte ressonância na região cervical, especialmente na posição sentada.
4 – 9 (*)	Dores torácicas, ressonância na região lombar a 4 Hz, ressonância muito forte nos ombros, dores abdominais nos intervalos de 4,5 a 9 Hz, especialmente na posição sentada.
8 – 12 (*)	Dores na região lombossacra.
20 – 30	Ressonância na cabeça e nos ombros, especialmente na posição sentada.
60 – 90	Ressonância nos olhos, especialmente na posição sentada.
100 – 200	Ressonância na mandíbula inferior, especialmente na posição sentada.

(\*) Faixas associadas à dorsalgias, principais queixas dominantes identificadas pelos condutores. A posição sentada agrava os efeitos da maioria das faixas apresentadas na tabela.

As vibrações oriundas do uso de veículos de passeio apresentam um importante fator contributivo para a geração de condições desconfortáveis nos assentos, levando à ocorrência de sintomas álgicos, que podem estar associados a diversos problemas de saúde. As vibrações de baixa frequência devem ser evitadas, mesmo em baixas acelerações.

Em frequências acima de 2 Hz, o corpo humano não vibra como uma massa única, com uma frequência natural; ao contrário, ele reage a oscilações induzidas, como um conjunto de massas ligadas. Estudos mostraram que as frequências naturais são diferentes, em diferentes partes.

Quanto aos efeitos fisiológicos as vibrações afetam seriamente a percepção visual e o desempenho psicomotor e da musculatura, com efeito menor nos sistemas circulatórios, respiratório e nervoso. As vibrações parecem gerar reflexos musculares que têm uma função de proteção, fazendo contrair o músculo distendido. A atividade reflexa dos músculos também explica o aumento de consumo de energia, frequência cardíaca e respiratória, geralmente observados nas pessoas expostas a fortes vibrações.

O efeito adverso das vibrações sobre a visão é da maior importância, porque afeta a eficiência dos motoristas e aumenta o risco de acidentes. A acuidade visual é pobre e a imagem do campo visual fica turva e tremida. A visão não é afetada por vibrações de menos de 2 Hz. As aberrações ópticas mensuráveis aparecem a partir de 4 Hz, e são

maiores na faixa de 10 a 30 Hz. Com uma vibração de 50 Hz e uma aceleração oscilatória de  $2 \text{ m/s}^2$ , a acuidade visual é reduzida à metade.

Segundo Hoffmann (2002) os seguintes efeitos psicofisiológicos das vibrações são particularmente evidentes em todos os testes de direção simulados:

1. Na faixa de 2 a 16 Hz (especialmente em torno de 4 Hz) a eficiência na direção é prejudicada e os efeitos aumentam com o aumento da aceleração das oscilações.
2. Os erros de direção aumentam quando o assento está sujeito a acelerações na ordem de  $0,5 \text{ m/s}^2$ .
3. Quando as acelerações atingem  $2,5 \text{ m/s}^2$ , o número de erros torna-se tão grande que tais vibrações podem ser consideradas como perigosas.

Este consenso quanto aos efeitos fisiológicos das vibrações apontam para a conclusão de que as oscilações mecânicas podem reduzir a eficiência e, em muitas situações, podem levar ao risco de erros e acidentes. As principais queixas são:

1. Interferência com a respiração, especialmente severa sob vibrações de 1 a 4 Hz.
2. Dores no peito e abdome, reações musculares, tremor no maxilar e desconforto severo, principalmente sob 4 a 10 Hz.
3. Dor nas costas, particularmente sob 8 a 12 Hz.
4. Tensão muscular, dores na cabeça, perturbação da visão, dor na garganta, perturbação na fala, irritação nos intestinos e bexiga, na frequência entre 10 a 20 Hz.

Preocupada com as conseqüências das vibrações sobre o corpo do condutor as normas ISO 2631 e 7962 tentam prover alguma informação normalizada. A norma ISO distingue três critérios que correspondem a três níveis de valores limites:

1. O critério de conforto (limite de conforto reduzido). Aplica-se principalmente a veículos e à indústria automobilística.
2. O critério da manutenção da eficiência (limite da fadiga - redução da proficiência). Um fator decisivo neste critério é a eficiência no trabalho (proficiência). Aplica-se a tratores, maquinaria da construção e veículos pesados.

3. O critério da segurança (limite de exposição). A proteção contra danos à saúde é o critério.

### **5.5 Avaliação estática: Conforto ergonômico do assento motorista não considerando previamente as variáveis de conforto**

#### **5.5.1 Objetivo da pesquisa**

No decorrer desse capítulo foram apresentadas 03 importantes variáveis a serem consideradas durante o desenvolvimento de assentos automotivos confortáveis. São elas:

- ✓ A opinião e percepção do condutor
- ✓ Antropometria dos condutores
- ✓ Vibrações sobre os condutores

O objetivo das avaliações estáticas propostas é comparar o conforto dos assentos do condutor de 03 veículos, não considerando previamente as recomendações apresentadas neste capítulo para 02 variáveis: **opinião e percepção do condutor** e a **antropometria dos avaliadores**.

Procurou-se realizar as avaliações conforme o procedimento e metodologia praticada atualmente. Espera-se demonstrar com este teste as conseqüências negativas advindas de se realizar avaliações de conforto subjetiva de assentos automotivos sem considerar o impacto das variáveis apresentadas sobre o resultado final.

#### **5.5.2 Descrição dos veículos e assentos**

Os 03 veículos selecionados para a verificação do nível de conforto de assentos de motorista foram definidos em função de sua representatividade no mercado nacional. Conforme divulgado pela mídia especializada, os automóveis de 1000 cc representaram 55,3% das vendas internas no ano de 2005. Assim, os veículos utilizados nos testes apresentam as seguintes características:

- ✓ Automóveis de 1000 cc;
- ✓ Modelos básicos de 03 fabricantes diferentes;

- ✓ Os veículos serão referenciados neste trabalho da seguinte forma: V1, V2 e V3.

Foram utilizados assentos novos nos 03 veículos com o objetivo de eliminar a variável “quilômetro rodado” de cada veículo. Os assentos apresentam as seguintes características:

### 1. V1 (figura 5.6)

- ✓ Trilho de esfera 02 vias, passo de 10mm;
- ✓ Apoio de cabeça fixo;
- ✓ Ajuste do ângulo do encosto por meio de manopla montada sobre reclinador infinitesimal; lado do túnel.
- ✓ Sem regulador de altura;
- ✓ Sem ajuste lombar;
- ✓ Sem apoio de braço.



**Figura 5.6** - Assento V1.

### 2. V2 (figura 5.7)

- ✓ Ajuste longitudinal sobre canaletas, sem trilho;
- ✓ Apoio de cabeça regulável;
- ✓ Ajuste do ângulo do encosto por meio de manopla montada sobre reclinador infinitesimal; lado do túnel.

- ✓ Mecanismo “up-down” de regulagem de altura;
- ✓ Sem ajuste lombar;
- ✓ Sem apoio de braço.



**Figura 5.7 - Assento V2.**

### **3. V2 (figura 5.8)**

- ✓ Ajuste longitudinal sobre canaletas, sem trilho;
- ✓ Apoio de cabeça regulável;
- ✓ Ajuste do ângulo do encosto por meio de manopla montada sobre reclinador infinitesimal; lado do túnel.
- ✓ Mecanismo “up-down” de regulagem de altura;
- ✓ Sem ajuste lombar.



**Figura 5.8** - Assento V3.

A densidade e dureza (ILD) das espumas são descritas na tabela 5.4

**Tabela 5.4** – Densidade e dureza das espumas.

	<b>Densidade e ILD (dureza) das espumas</b>			
	Espumas do encosto		Espumas do assento	
	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	ILD (N)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	ILD (N)
V1	40	215	40	270
V2	38	240	38	300
V3	35	225	40	300

Com o objetivo de comparar as dimensões dos assentos e correlacioná-las com o resultado das avaliações, algumas medidas foram coletadas dos 03 assentos e veículos. São elas:

- ✓ Altura do habitáculo (figura 5.9)
- ✓ Distância entre assento e teto (figura 5.10)
- ✓ Distância entre assento e volante (figura 5.11)
- ✓ Altura poplíteia (figura 5.12)
- ✓ Largura do inserto do assento (figura 5.13)
- ✓ Largura do inserto do encosto (figura 5.14)
- ✓ Largura total do encosto (figura 5.15)

- ✓ Largura total do assento (figura 5.16)
- ✓ Comprimento do assento (figura 5.17)
- ✓ Altura do encosto (figura 5.18)
- ✓ Altura da banana do encosto (figura 5.19)
- ✓ Altura da banana do assento (figura 5.20)



**Figura 5.9**



**Figura 5.10**



**Figura 5.11**



**Figura 5.12**



**Figura 5.13**



**Figura 5.14**



**Figura 5.15**



**Figura 5.16**



**Figura 5.17**



**Figura 5.18**



Figura 5.19



Figura 5.20

Os valores de todos os itens mencionados referente aos 03 assentos e os 03 veículos estão descritos na tabela 5.5. Também são apresentadas, para um mesmo item, as diferenças entre cada conjunto de dois veículos.

Tabela 5.5 – Medidas x Itens – V1, V2 e V3

Itens medidos	Medidas (cm)					
	V1	V2	V3	Diferença entre V1 e V2	Diferença entre V1 e V3	Diferença entre V2 e V3
Altura do habitáculo	116	116	119	0	3	3
Distância entre assento e teto	91	93	97	2	6	4
Distância entre assento e volante	15	17	17	2	2	0
Altura poplitea	32,5	31	33	1,5	0,5	2
Largura do inserto do assento	31	31	28	0	3	3
Largura do inserto do encosto	28	31	28	3	0	3
Largura total do encosto	50	50	49	0	1	1
Largura total do assento	51	51	53	0	2	2
Comprimento do assento	48	49	50	1	2	1
Altura do encosto	62	63	60	1	2	3
Altura da banana do encosto	75	62	78	13	3	16
Altura da banana do assento	55	52	39	3	16	13

O procedimento de avaliação consistiu em:

- a) Entrega do questionário de avaliação aos participantes
- b) Explicação quanto ao preenchimento de preenchimento do questionário.
- c) Avaliadores revezaram-se, sem restrições, entre os veículos com o questionário de cada um deles em mãos.



1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente
<b>2º. Ajuste do assento na direção traseira ou à frente.</b>						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente
<b>3º. Ajuste do ângulo do encosto</b>						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente
<b>4º. Posição dos braços sobre o volante</b>						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente
<hr/>						
<b>5º. Acesso ao painel de instrumentos</b>						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente
<hr/>						
<b>6º. Espaço entre a cabeça e o teto</b>						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente
<b>7º. Espaço entre a coxa e o volante</b>						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente

**8º. Revestimento do banco (Não deslizar sobre o banco)**

<input type="checkbox"/>						
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente

**9º. Espaço entre a cabeça e o apoio de cabeça**

<input type="checkbox"/>						
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente

**10º. Altura do banco**

<input type="checkbox"/>						
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente

**11º. Espaço interno**

<input type="checkbox"/>						
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente

**12º. Saída do veículo**

<input type="checkbox"/>						
1	2	3	4	5	6	7
Péssimo						Excelente

**5.5.4 Perfil dos avaliadores**

A fim de replicar o que acontece em grande parte das avaliações realizadas atualmente, algumas medidas não foram propositalmente tomadas. São elas:

- ✓ Os avaliadores foram escolhidos imparcialmente.
- ✓ Percentis não foram definidos
- ✓ Não foi definido o número mínimo de avaliadores
- ✓ Não foi realizado nenhum tipo de avaliação com os participantes a fim de entender suas percepções, opiniões, contexto no dia, entre outras.

- ✓ Aspectos emocionais, psicológicos e nível de conhecimento dos avaliadores sobre assentos não foram avaliados.
- ✓ Não foi incluída avaliação sobre vibrações.

Participaram da pesquisa um total de 32 pessoas, sendo 24 homens e 08 mulheres. Pode-se distinguir as seguintes características do grupo de avaliadores:

- ✓ Maior altura: 1,90m (homem)
- ✓ Menor altura: 1,55m (mulher)
- ✓ Maior peso: 100 kg (homem)
- ✓ Menor peso: 52 kg (mulher)
- ✓ 17 homens estão na faixa de altura entre 1,70-1,80m
- ✓ 06 mulheres estão na faixa de peso entre 52-67 kg.

Em virtude da escolha dos biótipos não ter sido direcionada não foi possível definir outros grupos particulares de estudo.

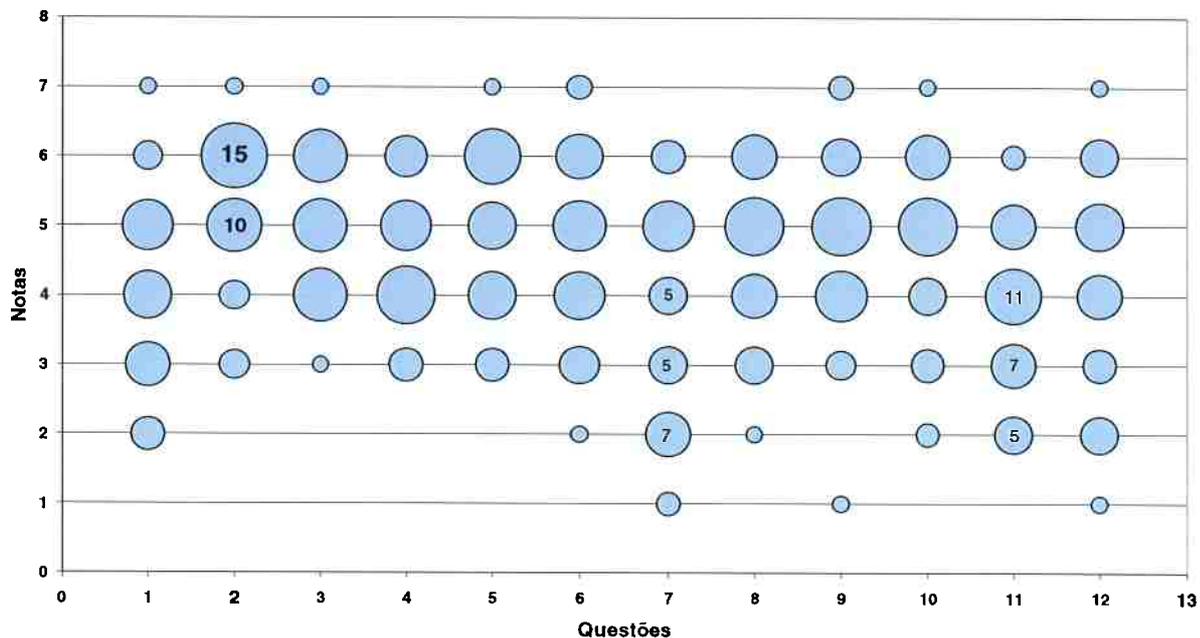
### **5.5.5 Resultados (Anexo C)**

#### **1. Dispersão das Notas**

Os gráficos apresentados abaixo indicam a quantidade de avaliadores que selecionaram determinada nota para cada questão em função do veículo analisado. Este volume é indicado pelo diâmetro das “bolhas”. Também é apresentado um gráfico com a nota total de cada veículo. As questões podem ser consultadas no questionário anexo anteriormente.

Dispersão de notas V1:

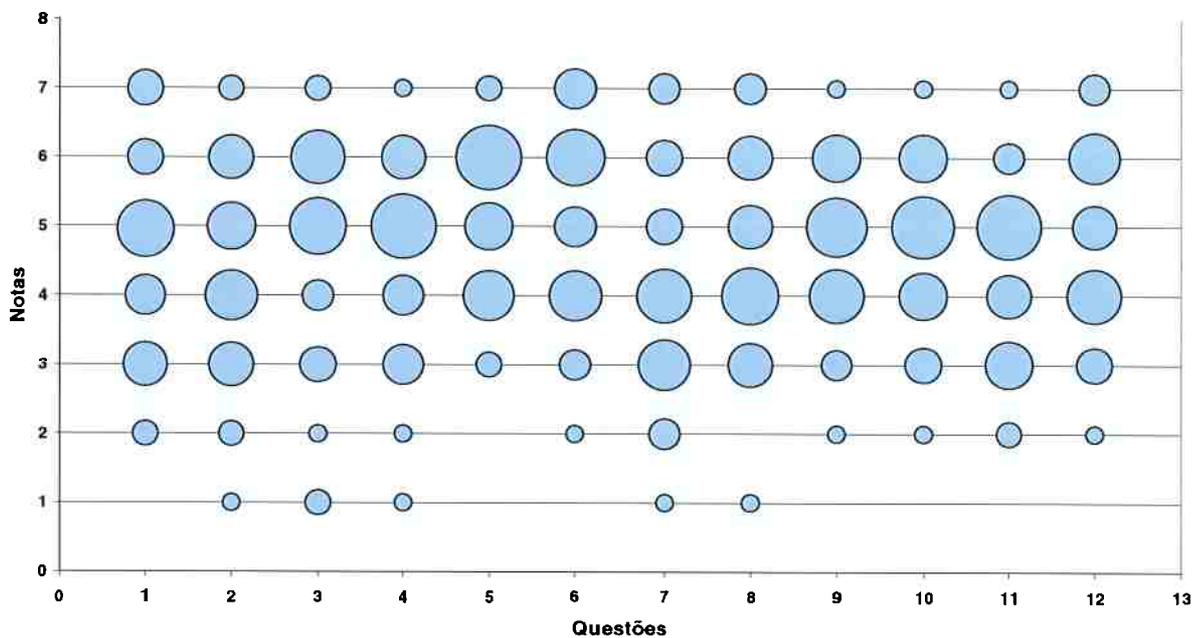
*Veículo I - Questao x Nota x Respostas*



**Figura 5.21** – Dispersão de notas / V1.

Dispersão de notas V2:

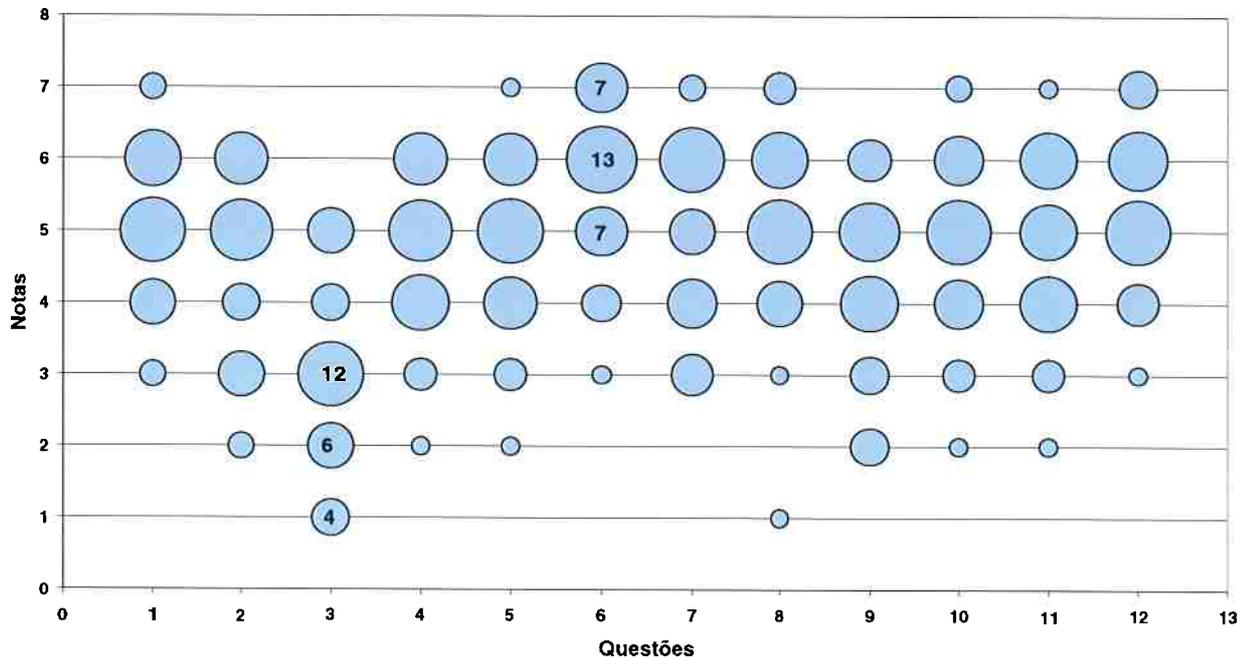
*Veículo II - Questao x Nota x Respostas*



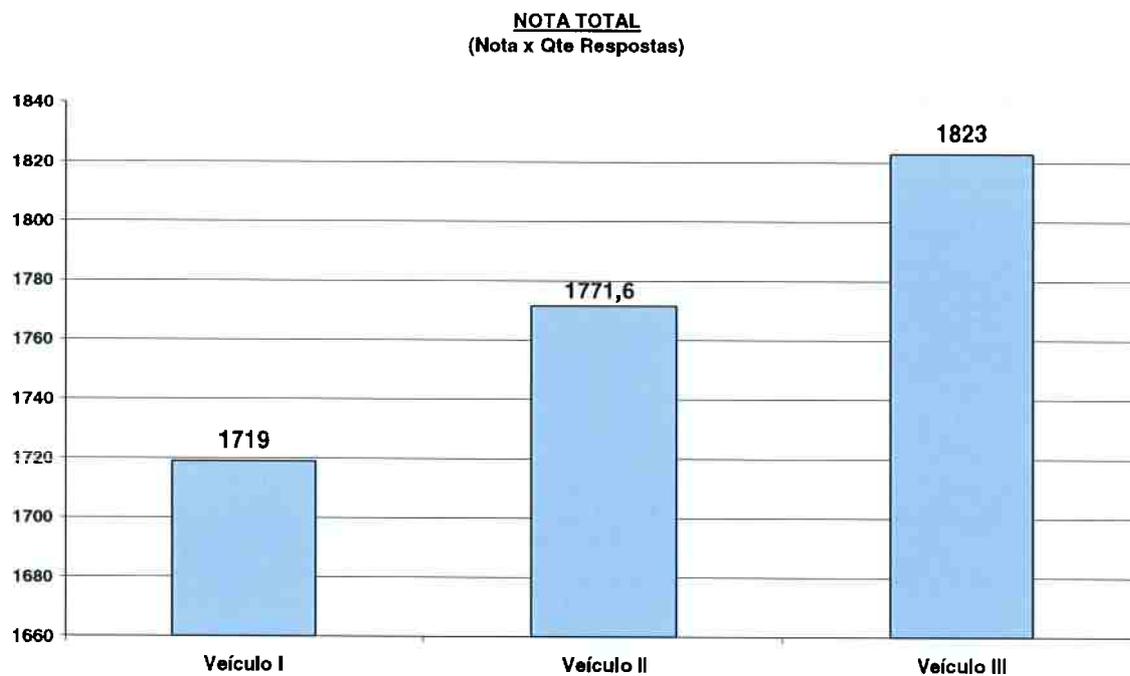
**Figura 5.22** – Dispersão de notas / V2.

Dispersão de notas V3:

**Veículo III - Questão x Nota x Respostas**



**Figura 5.23 – Dispersão de notas / V3.**



**Figura 5.24 – Comparação da nota total / V1, V2 e V3.**

Por meio da análise dos gráficos pode-se inferir algumas conclusões sobre o assento de cada veículo, apenas para este grupo específico de avaliadores. São elas:

**V1 (figura 5.21):**

- ✓ Maior volume de notas concentradas entre 3 e 6 o que mostra menor dispersão entre os 03 veículos;
- ✓ Melhor sistema de deslocamento longitudinal (trilhos); observar questão 2;
- ✓ Embora o espaço entre a coxa e volante (questão 7) seja o menor dentre os 03 veículos, conforme tabela 5.5, não lhe foi atribuído o pior conceito (pior: V2);
- ✓ Menor valor total de pontos.

**V2 (figura 5.22):**

- ✓ Apresentou a maior dispersão. Avaliadores com biótipos semelhantes atribuíram notas distintas para a mesma questão;
- ✓ Embora o deslocamento longitudinal seja realizado através de canaleta, considerado ultrapassado, foi-lhe atribuído conceito regular;
- ✓ Pior conceito atribuído para questão 7 “espaço entre a coxa e volante” mesmo não apresentando a menor distância, conforme tabela 5.5;

**V3 (figura 5.23):**

- ✓ Destaca-se o baixo conceito atribuído ao ajuste do ângulo do encosto; observar questão 3. Nota-se que a medida disponível para acesso é de apenas 45mm;
- ✓ Melhor conceito atribuído a distancia entre cabeça e teto; observar questão 6. Apresenta coerência com a medição descrita na tabela 5.5; maior dentre os 03 veículos.
- ✓ Pior conceito atribuído a distancia entre cabeça e apoio de cabeça; observar questão 9.
- ✓ Maior valor total de pontos

Também é possível por meio da análise conjunta dos gráficos dos 03 veículos destacar alguns aspectos, apenas para este grupo específico de avaliadores. São elas:

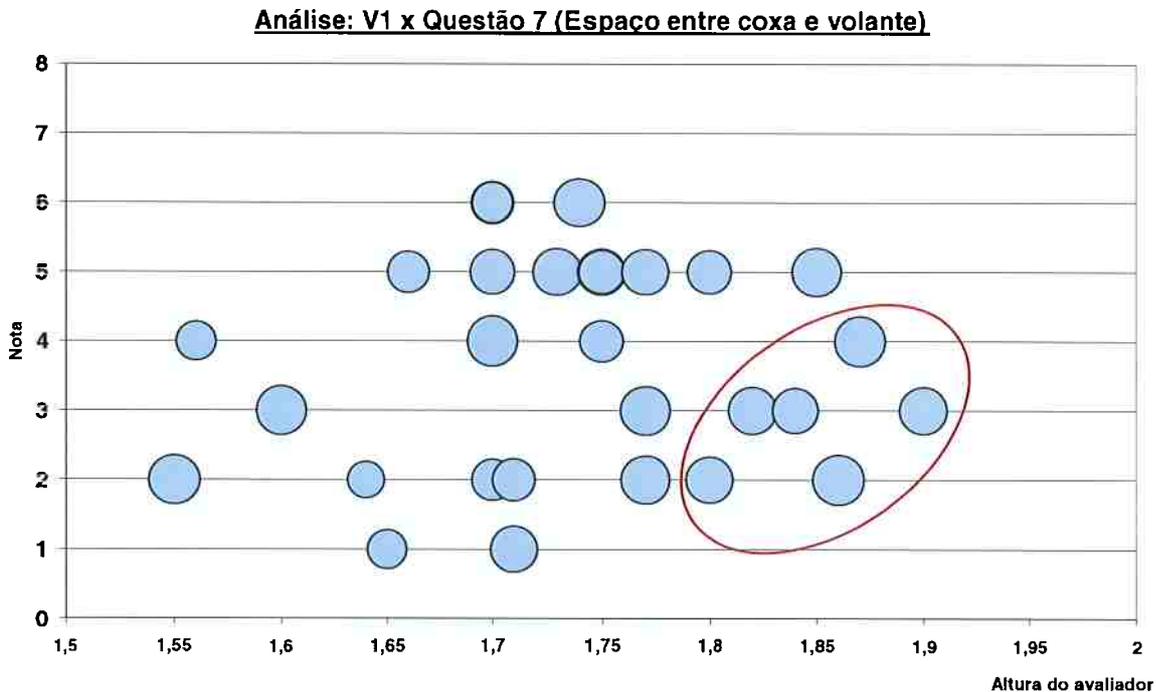
- ✓ Questões específicas como “Espaço entre dois pontos” tendem apresentar respostas menos dispersas em relação as notas;
- ✓ Grandes inconvenientes que apresentam interface direta com o condutor, como o acesso a ajustes, são percebidos pela maioria dos avaliadores independente do biótipo;

- ✓ As notas são atribuídas apenas em função das análises diretas como a observação da distância entre a coxa e o volante. Outros aspectos do assento percebidos pelos avaliadores influenciam os resultados;
- ✓ Os avaliadores tendem a ser menos críticos no início do teste. Como referência a ser considerada o veículo V3 foi o primeiro a ser avaliado e apresentou o melhor total de notas, enquanto o V1 foi o último e recebeu a menor pontuação total;

## 2. Notas atribuídas em função do peso e altura

As figuras abaixo apresentam os resultados relacionados as notas atribuídas pelos avaliadores em função da altura e peso. No entanto o peso da população considerada nesta análise não apresentou influências significativas.

### Veículo V1



**Figura 5.25 – Questão 7 / V1.**

**Comentário: maior estatura atribuiu notas piores.**

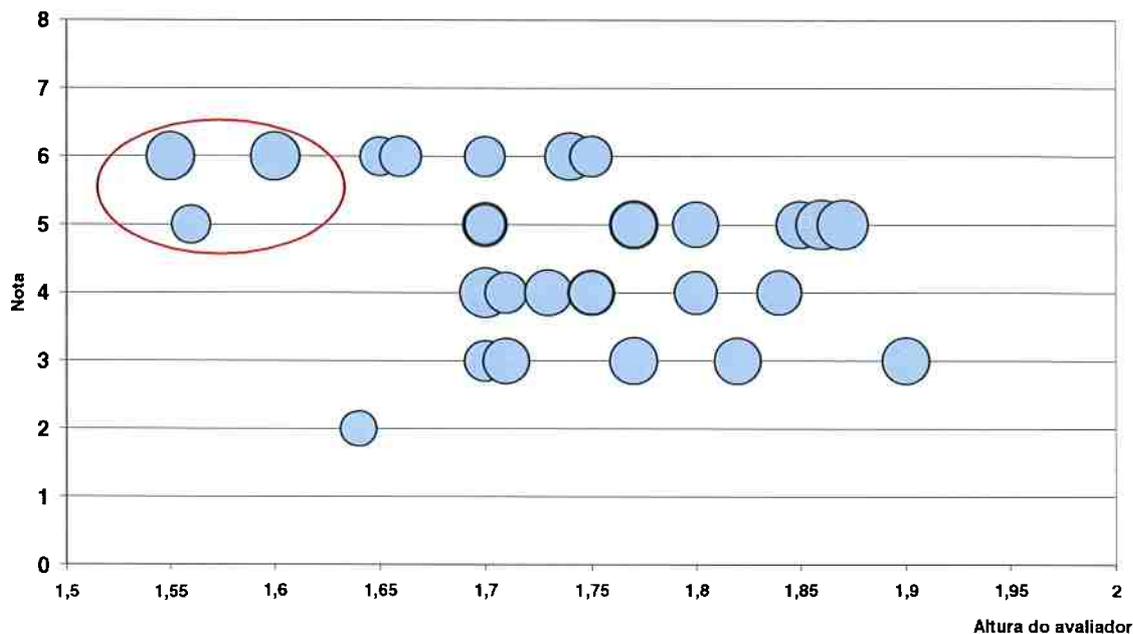
**Análise: V1 x Questão 8 (Revestimento do banco)**

Figura 5.26 – Questão 8 / V1.

**Comentário: menor estatura atribuiu notas mais alta.**

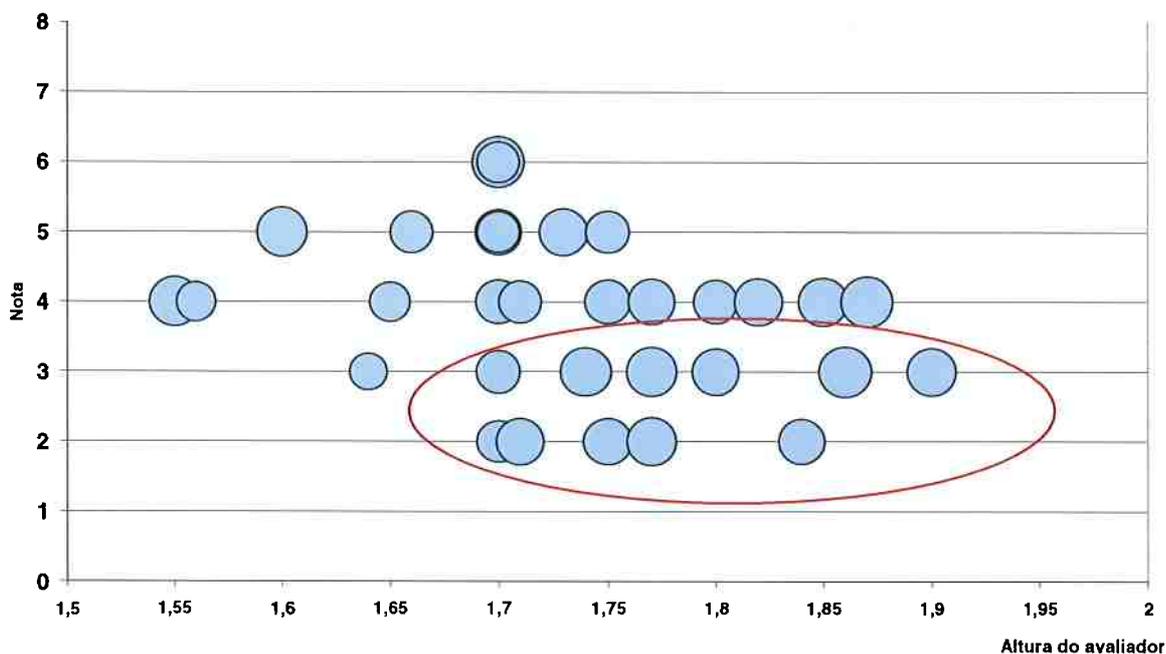
**Análise: V1 x Questão 11 (Espaço Interno)**

Figura 5.27 – Questão 11 / V1.

**Comentário: maioria acima de 1,70 atribuiu notas piores.**

**Veículo V2**

As distribuições verificadas em cada questão não apresentaram qualquer tendência; resultados dispersos em todas as questões.

## Veículo V3

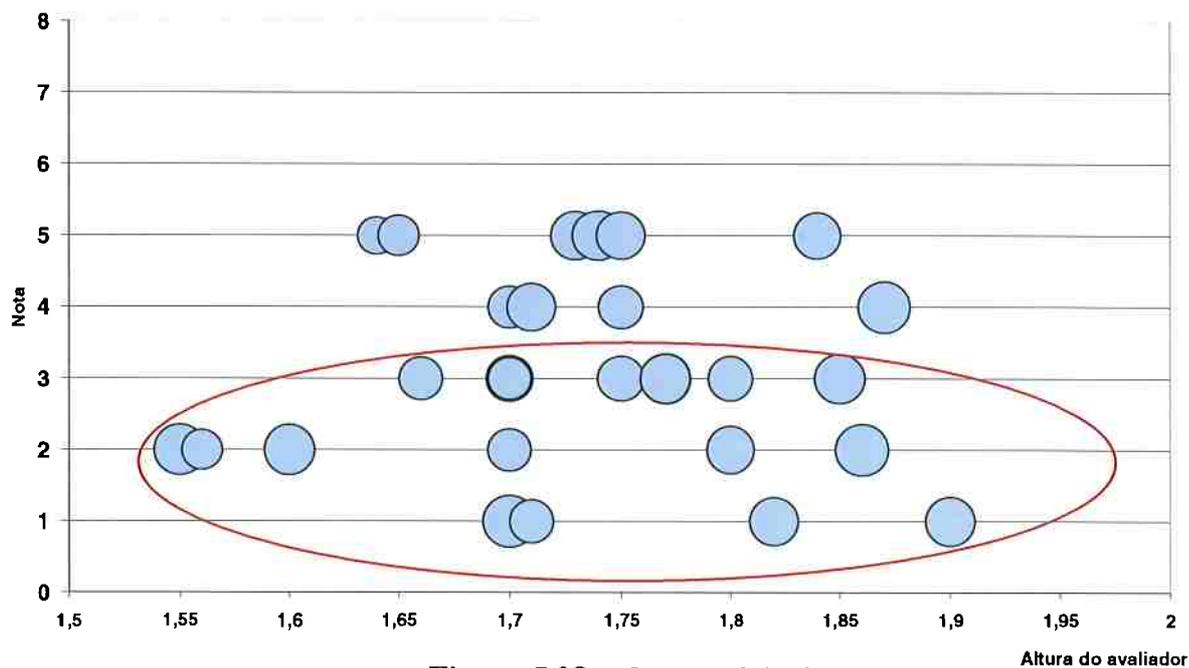
Análise: V3 x Questão 3 (Ajuste do ângulo do Encosto)

Figura 5.28 – Questão 3 / V3.

Comentário: maioria atribuiu notas baixas independente da altura.

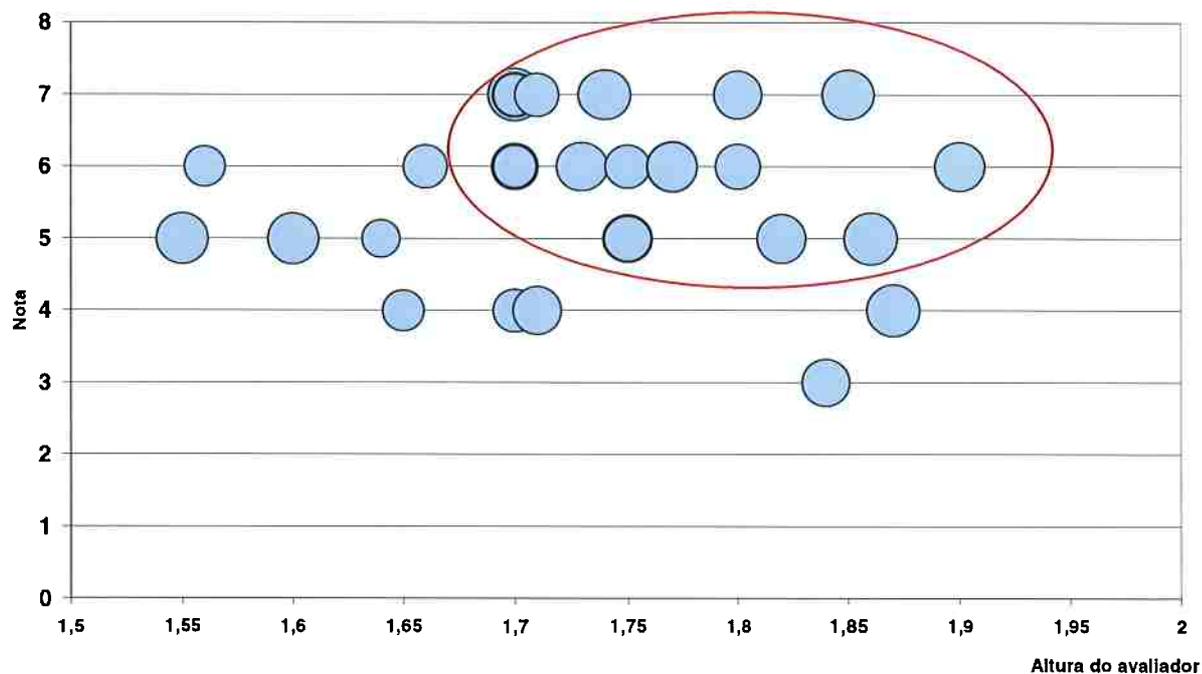
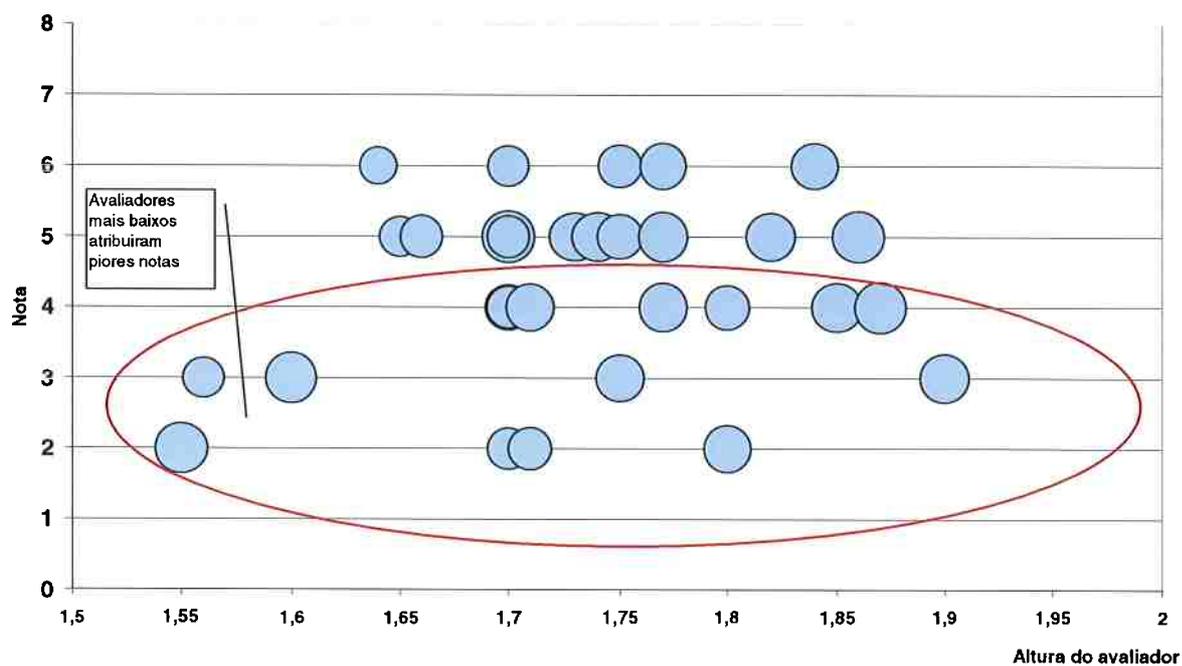
Análise: V3 x Questão 6 (Espaço entre cabeça e teto)

Figura 5.29 – Questão 06 / V3.

Comentário: maioria acima de 1,70 atribuiu notas superiores.

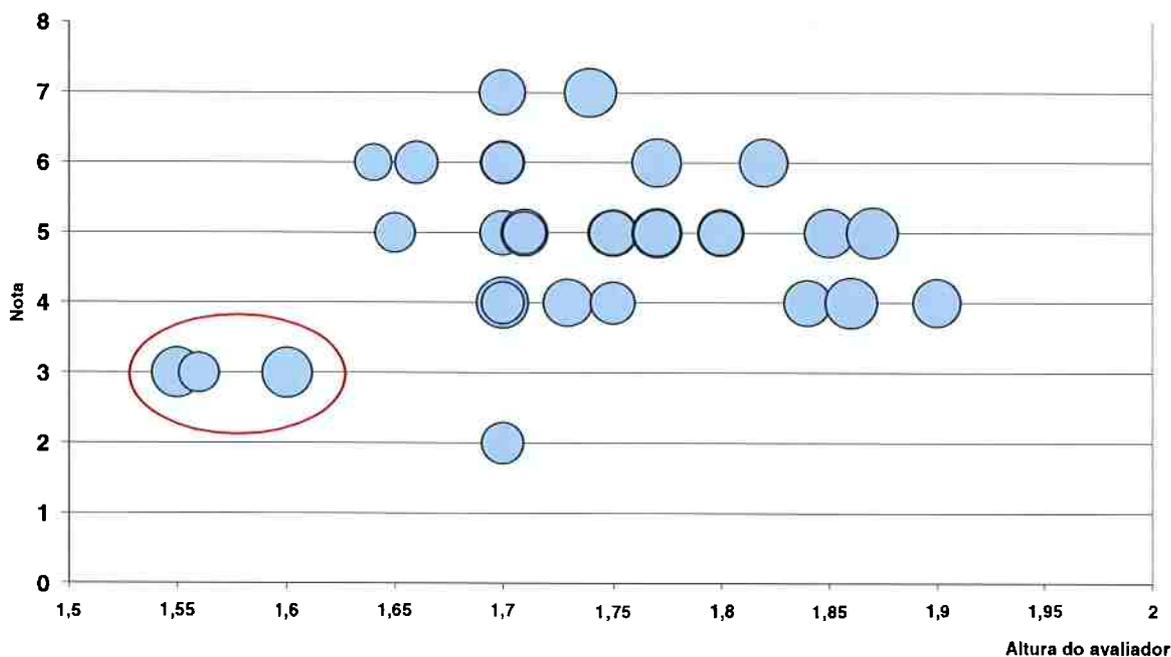
**Análise: V3 x Questão 9 (Espaço entre cabeça e apoio de cabeça)**



**Figura 5.30 – Questão 09 / V3.**

**Comentário: maioria atribuiu notas baixas, especialmente os avaliadores mais baixos.**

**Análise: V3 x Questão 10 (Altura do banco)**



**Figura 5.31 – Questão 10 / V3.**

**Comentário: avaliadores baixos atribuíram notas baixas.**

**Conclusões gerais sobre as avaliações em função de não ter sido considerada previamente as variáveis: opinião e percepção dos condutores e antropometria dos condutores**

- ✓ Não é possível em função da nota total atribuída a cada veículo qualificar o conforto dos assentos em função da população que participou do estudo; percentis dispersos.
- ✓ Não definir o percentil que se deseja atender provoca grande dispersão de resultados;
- ✓ A quantidade de pessoas de cada percentil que deve participar das avaliações deve ser definida previamente e com base estatística;
- ✓ Não escutar a opinião do condutor implica em perda de informações fundamentais para a análise e conclusões das avaliações;
- ✓ Não analisar previamente o contexto psicológico de cada avaliador, como humor, pode comprometer as conclusões;
- ✓ Não avaliar previamente o nível de conhecimento de cada avaliador sobre o tema pode comprometer as análises.
- ✓ Algumas informações podem ser obtidas ao se realizar avaliações sem o controle e análise das variáveis destacadas nesse trabalho. Nesse sentido é apropriado que novos estudos e avaliações sejam realizadas a fim de ampliar a confiabilidade dos resultados.

Diante do exposto recomenda-se considerar previamente as 02 variáveis destacadas, **opinião e percepção dos condutores e antropometria dos condutores**, em conjunto com avaliações dinâmicas de vibrações.

## 6. CONCLUSÃO

A análise das variáveis destacadas propiciou apresentar potenciais oportunidades de melhorias relacionadas ao desenvolvimento de assentos automotivos. Embora as empresas fornecedoras de assentos e os próprios fabricantes de veículos realizem estudos existe necessidade de sistematizar o processo e incluir algumas análises e cuidados.

Intervenções ergonômicas de produto precisam ser realizadas durante a fase de desenvolvimento. Dessa forma é possível prever e corrigir aspectos técnicos que levam sintomas algícos como aqueles causados pela posição sentada baixa e interferências. As intervenções precisam ser realizadas com foco na percepção e opinião do condutor. As preferências pessoais devem ser contempladas durante o projeto, pois mudam com o tempo e individualmente.

O conforto ergonômico de assentos pode ser influenciado por variáveis não analisadas neste trabalho, como por exemplo: aspectos psicológicos dos condutores. No entanto, o estudo introdutório das variáveis propostas tem grande impacto sobre o sucesso do produto final. As variáveis consideradas foram:

- ✓ Opinião e percepção do condutor;
- ✓ Antropometria dos condutores;
- ✓ Vibrações sobre os condutores.

Como destacado, as vibrações aplicadas sobre o corpo humano podem levar a inconvenientes importantes. Este tema necessita de forte embasamento e conhecimento técnico para ser desenvolvido e aplicado adequadamente no desenvolvimento de assentos automotivos. O presente trabalho norteou os principais conceitos e riscos.

Em função dos estudos realizados segue abaixo algumas recomendações quanto ao desenvolvimento de assentos confortáveis:

- ✓ Desenvolver conjuntos que possibilitem alternar posições corporais reduzindo a resistência do assento aos movimentos;
- ✓ Vibrações devem ser reduzidas através do estudo dos componentes: espuma, suspensões e capas; reduzir transmissividade;

- ✓ Medidas educativas relacionados a obtenção de conhecimento sobre o uso dos mecanismos e também das posições que levam a sintomas algícos;
- ✓ Avaliar o conforto térmico dos assentos através do estudo detalhada da região de contato entre o ocupante e assento;
- ✓ Durante o desenvolvimento de conceito devem ser evitadas posturas sentadas baixas, pois podem causar imobilizações corporais durante prolongados períodos e também compressões nos tecidos.
- ✓ Deve-se privilegiar a geração de uma curvatura da espinha, lordose.
- ✓ A opinião e percepção do grupo antropométrico foco devem ser priorizadas. Os assentos devem ser configurados levando-se em consideração possíveis ajustes dos ângulos entre segmentos corporais.
- ✓ A concentração da distribuição de pressão sobre as almofadas deve ser reduzida.

De uma forma geral podemos dizer que o desenvolvimento de assentos automotivos é baseado em:

1. Postura: esforços dos músculos, quantidade de posturas alternativas permitidas;
2. Usabilidade: acesso aos mecanismos de ajuste, controles do veículo, entrada e saída do veículo;
3. Estética: acústica, tato;
4. Contato físico: distribuição de pressão, conforto térmico (tecidos);
5. Respostas dinâmicas: transmissividade de movimento, suporte lateral, vibrações;
6. Percepções e opiniões de cada condutor;

Com base no trabalho exposto recomenda-se que as engenharias de desenvolvimentos de assentos priorizem análises subjetivas consistentes e utilizem ferramentas virtuais e de laboratório apenas como complemento aos estudos.

Nesse sentido propõem-se a inclusão das seguintes intervenções ergonômicas nas fases de desenvolvimento de produto focadas nas variáveis discutidas:

1. Levantamento das premissas do programa;
  - ✓ Intervenções ergonômicas: detalhamento do mercado alvo, metas ergonômicas a serem atingidas, tipo de veículo;
  
2. Análise de viabilidade;
  - ✓ Intervenções ergonômicas: estudo das premissas em função de históricos passados;
  
3. Definição de produto;
  - ✓ Intervenções ergonômicas: definir dados antropométricos, estudo do espaço do habitáculo x modelo antropométrico virtual, análise de interferências e movimentos, definição das propriedades das espumas, capas e suspensões, construção de protótipos e realização de análises subjetivas consistentes.

O estudo e desenvolvimento de assentos automotivos confortáveis exigem o conhecimento de diferentes áreas, é um tema multidisciplinar. O presente trabalho apresentou alguns conceitos, temas e cuidados, referentes a três variáveis importantes, que podem ser utilizados como referência na fase de concepção de produto.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. BARNETT, B. D.; CLARK, K. D. (1998). **Problem solving in product development: a model for the advanced material industries.** International Journal of technology management. v.15, n.8, p.805-820.
2. BOVENZI, M.; BETTA, A. (Aug. 1994). **Low back disorders agricultural tractor driver exposed to whole-body vibration and postural stress.** Applied Ergonomics, Oxford, Grã-Bretanha, v.25, n.4.
3. CALABRESE, G. (1999) **Manufacturing involvement in product development.** Torino: International Journal of Vehicle Design, vol. 21, n. 1. p. 110-121.
4. CHAFFIN, D.B.; ANDERSOSN, G.B. (1991) **Occupational biomechanics.** 2.ed. New York, USA, John Wiley & Sons. 516p.
5. CONTADOR, J. C. (1998). **Gestão de operações.** 2.ed. São Paulo, Edgar Blücher. 593p.
6. GRANDJEAN E.; KROEMER K.H.E. (2005) **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** 5.ed. – Porto Alegre: Bookman. 327p.
7. GRANDJEAN E.; KROEMER K.H.E. (1997) **Fitting the task of the human: Textbook of occupational ergonomics.** London, Grã Bretanha: Taylor Francis. 416p.
8. GRANDJEAN, E.; HÜNTING, N. (1998) **Ergonomics of Posture: Review of Various Problems of Standing and Sitting.** Applied Ergonomics, V. 8, n. 3.

9. GUÉRIN, F. et al (2001) **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher: Fundação Vanzolini.
10. HALL, J. S. (2005). **Biomecânica básica**. 2º ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S.A. p 509.
11. HOFFMANN, A. R. (2002). **Análise dos postos de condução de veículos de passeio para uso profissional sob ótica da ergonomia: estudo de caso realizado com motoristas de táxi em São paulo**. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia ed produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
12. IIDA, I. (2005). **Ergonomia projeto e produção**. 2ª ed. São Paulo, Edgard Blücher. 614p.
13. FERREIRA, A. B. (1993). **Produto total e projeto total: processo para qualidade do produto a partir da voz do cliente**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
14. MCFARLAND, R. (1971). **Ergonomics around the world: The United States of America**. Applied Ergonomics, Oxford, Grã-Bretanha, v.2, p 19-25, Mar.
15. MTE. (2002) **M294 Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 17**. – 2 ed. – Brasília: MTE (Ministério do Trabalho e Emprego). 101p.
16. MURREL. K. F. H. (1965). **Human performance in industry**. – New York, McGraw-Hill. 615p.
17. SANTOS, N.; FIALHO, F.A.P. (1995). **Manual de análise ergonômica do trabalho**. Curitiba, Gênese.

18. SELL, R. G. (1969). **Ergonomics around the world**. Applied Ergonomics, Oxford, Grã-Bretanha, v.1, n.1, p.42-4, Dec
19. SZNELWAR, L.I. (1992) **Analyse ergonomique de l'exposition de travailleurs agricoles aux pesticides: essai ergotoxicologique**. Paris, Tese (Doutorado), Conservatoire National des Arts e Metiers
20. SOARES, M. M. (2004). **21 anos da ABERGO: a Ergonomia brasileira atinge a sua maioria**. Anais do ABERGO 2004. XIII Congresso Brasileiro de Ergonomia, II Fórum Brasileiro de Ergonomia e I Congresso de Iniciação Científica em Ergonomia. Fortaleza, 29 de agosto a 2 de setembro de 2004.
21. VIDAL M.C.R. (1978) **Alguns aspectos do beneficiamento de mandioca na Região do Brejo paraibano**. Tese de Mestrado em Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
22. VIDAL M.C.R, (1999) - **Curso Tutorial de Ergonomia**. Conjunto de slides powerpoint disponibilizados na Internet; <http://www.gente.ufrj.br>
23. VIDAL M.C.R. **Introdução à Ergonomia**. Apostila do Curso de Especialização Superior em Ergonomia. GENTE - Grupo de Ergonomia e Novas Tecnologias. Rio de Janeiro. 35p.
24. VIEL, E.; ESNAULT, M. (2000). **Lombalgias e Cervicalgias: conselhos e exercícios da posição sentada**. São Paulo, Manole. 162p.
25. WISNER, Alain (1987). **Por dentro do trabalho: ergonomia: método & técnica**. 1 ed. São Paulo. FTD/Oboré.

## ANEXO A

### **Ergonomia no Brasil**

Conforme apresentado por Soares (2004) em seu artigo 21 Anos da ABERGO: A ergonomia brasileira atinge a sua “maioridade”, as origens da ergonomia no Brasil foram apresentadas por Moraes e Soares (1989) no livro a “Ergonomia no Brasil e no mundo: um quadro, uma fotografia”. Neste livro os autores afirmam que as primeiras vertentes de implantação da ergonomia no Brasil deram-se junto às engenharias e ao desenho industrial. Tiveram como fundamento de suas especulações teóricas e aplicações práticas a adoção dos manuais de Grandjean (1980), Murrell (1975), Sanders e McCormick (1987) e Woodson (1981). Segundo Moraes e Soares (*op. cit.*), não se aplicava, nesta época, os experimentos em laboratório, mas apenas se propunham algumas modificações com base nos dados destas referências bibliográficas. Duas novas abordagens passaram a ser aplicadas a partir do enfoque baseado na psicologia: as pesquisas experimentais sobre o comportamento do motorista, desenvolvidas pelos Profs. Rozenstrat e Stephaneck na Universidade de São Paulo, campus de Ribeirão Preto, e os trabalhos com ênfase numa análise sócio-técnica, desenvolvidos na Fundação Getúlio Vargas, no Rio de Janeiro. “21 Anos da ABERGO: A ergonomia brasileira atinge a sua maioridade”. Marcelo M. Soares, Ph.D., EC. 3

A partir do surgimento dos livros de Chapanis (1962 e 1972) e Meister (1971 e 1985), uma nova abordagem metodológica com ênfase na observação sistemática do trabalho, análise da tarefa, ao lado das medidas do ambiente e dos levantamentos antropométricos, passaram a fazer parte do escopo de ação do ergonomista brasileiro. Paralelamente, o acesso a bibliografia francesa – particularmente os livros de Montmollin (1986), Sperandio (1984) e Wisner (1987) – e a literatura sobre ergonomia e interação homem-computador, acrescentaram novas ferramentas e métodos de intervenção da ergonomia no Brasil. Tais enfoques, associados à formação acadêmica de uma parcela dos ergonomistas brasileiros, contribuíram para o surgimento de duas abordagens metodológicas: a de origem anglo-saxã e a de origem francesa. Entretanto, com o passar do tempo, o surgimento de novas bibliografias, particularmente na área da macroergonomia, contribuiu para apontar os dois enfoques como não sendo contraditórios, mas sim complementares. Moraes e Soares (1989), na sua investigação da história da ergonomia brasileira, tomaram o depoimento de diversos precursores da

ergonomia em nosso país e resumiram da seguinte forma a difusão da ergonomia no Brasil:

Primeiro foi a área de engenharia de produção, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), com o professor Sérgio Penna Kehl, e a sua abordagem do tópico "O Produto e o Homem", na disciplina Projeto de Produto, no curso de Engenharia de Produção. O modelo da Poli passou a ser aplicado no currículo mínimo de outras Escolas de Engenharia de Produção. Em seguida, constituiu-se na área de Engenharia de Produção, situada no Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Teve o Prof. Itiro Iida, como docente da pós-graduação e constituiu-se como um centro de irradiação de conhecimentos da ergonomia, com uma área de concentração que produziu várias teses e dissertações nesta área de conhecimento. O Prof. Itiro também lançou em 1978, uma das primeiras publicações de ergonomia no Brasil: "Ergonomia: notas de aula".

Posteriormente, situou-se no curso de desenho industrial, a partir da ESDI (Escola Superior de Desenho Industrial da Universidade do Estado do Rio de Janeiro). Nesta Escola, o professor Karl Heinz Bergmiller iniciou o ensino da ergonomia para o desenvolvimento de projetos de produtos, segundo o modelo de Tomás Maldonado, da Escola de Ulm, na Alemanha. O professor Itiro Iida buscou as lições de Bergmiller, na ESDI, para a elaboração da sua tese de doutorado denominada "A ergonomia do manejo", defendida em 1971 na Escola Politécnica da USP. Esta se constituiu como a primeira tese de doutorado defendida no Brasil. Após isto, o professor Itiro passou também a ensinar ergonomia na ESDI. A partir desta experiência, a ergonomia se inseriu como disciplina nos cursos de desenho industrial e passou a ser incorporada ao novo currículo mínimo, tornando-se assim uma disciplina obrigatória nos cursos de desenho industrial. Na USP de Ribeirão Preto foi implantada uma linha de pesquisa, coordenada pelos professores Rozestraten e Stephaneck, relacionada à psicologia ergonômica, com ênfase na percepção visual e com aplicação no estudo do trânsito - treinamento de motoristas e estudos de acidentes viários.

Também coube ao ISOP/FGV (Instituto Superior de Estudos e Pesquisas Psicosociais da Fundação Getúlio Vargas) a implantação, em 1975, do primeiro Curso de Especialização em Ergonomia no Brasil. Por este curso passaram vários ergonomistas que hoje lecionam em diferentes instituições de ensino superior e trabalham em diversas empresas no país.

O professor Franco Lo Presti Seminário, foi o responsável pela vinda ao Brasil do professor Alain Wisner do *Conservatoire National des Arts et Métiers* (CNAM), de Paris. O professor Wisner tornou-se um grande incentivador da ergonomia brasileira e orientou um dos primeiros trabalhos de ergonomia da Fundação Getúlio Vargas, sobre a plantação de cana de açúcar na área rural da cidade de Campos, no Rio de Janeiro. Incentivados pelo Prof. Wisner, vários brasileiros dirigiram-se para o CNAM em busca de uma formação em ergonomia, ao nível de pós-graduação. Em seu retorno, os egressos desta instituição francesa distribuíram-se por vários Estados e cidades brasileiras, tais como o Rio de Janeiro, São Paulo, Florianópolis, Belo Horizonte e Brasília, e são, hoje, responsáveis pelo desenvolvimento de diversas pesquisas e programas de pós-graduação em universidades brasileiras.

## ANEXO B

### Norma NR-17 - Ergonomia

Em 1986, diante dos numerosos casos de tenossinovite ocupacional entre digitadores, os diretores da área de saúde do Sindicato dos Empregados em Empresa de Processamento de Dados no Estado de São Paulo – SINDPD/SP fizeram contato com a Delegacia Regional do Trabalho, em São Paulo – DRT/SP, buscando recursos para prevenir as referidas lesões. Foi constituída uma equipe composta de médicos e engenheiros da DRT/SP e de representantes sindicais que, por meio de fiscalizações a várias empresas, verificaram as condições de trabalho e as repercussões sobre a saúde desses trabalhadores, utilizando a análise ergonômica do trabalho. Em todas as avaliações, foi constatada a presença de fatores que sabidamente contribuía para o aparecimento das Lesões por Esforço Repetitivo – LER: o pagamento de prêmios de produção, a ausência de pausas, a prática de horas-extras e a dupla jornada de trabalho, dentre outros. Exceto nos aspectos referentes à iluminação, ao ruído e à temperatura, a legislação em vigor não dispunha de nenhuma norma regulamentadora em que o MTE (Ministério do Trabalho e Emprego) pudesse se apoiar para obrigar as empresas a alterar a forma como era organizada a produção, com todos os estímulos possíveis à aceleração da cadência de trabalho.

Durante 1988 e 1989, a Associação de Profissionais de Processamento de Dados (APPD nacional) realizou reuniões com representantes da Secretaria de Segurança e Medicina do Trabalho – SSMT em Brasília, da FUNDACENTRO e da DRT/SP para elaborar um projeto de norma que estabelecesse limites à cadência de trabalho e proibisse o pagamento de prêmios de produtividade, bem como estabelecesse critérios de conforto para os trabalhadores de sua base, que incluía o mobiliário, a ambiência térmica, a ambiência luminosa e o nível de ruído. Nesse mesmo período, o Ministério do Trabalho convocou toda a sociedade civil para que organizasse seminários e debates com o objetivo de recolher sugestões para a melhoria de todas as Normas Regulamentadoras – NR. Nesses seminários, chegaram várias sugestões de alteração da NR-17, mas eram propostas de alterações pontuais conservando a estrutura geral em vigor.

Embora não dispusesse de estudos sistemáticos de ergonomia em outros setores

produtivos além do processamento de dados, procurou-se, então, colocar itens que abrangessem as diversas situações de trabalho, sem a preocupação com o detalhamento. Um maior ajuste poderia ser feito posteriormente, após a realização de estudos em outras atividades. Abaixo desses itens abrangentes, colocou-se o detalhamento no que se refere ao trabalho com entrada eletrônica de dados. Após a publicação, a classe patronal, principalmente Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP e Federação Brasileira dos Bancos – FEBRABAN se deram conta das possibilidades abertas pela nova redação e que as alterações não se limitavam à área de processamento de dados. Foi solicitada imediatamente uma discussão dos técnicos do Ministério do Trabalho e de representantes dessas instituições para modificar seu conteúdo.

A equipe de fiscalização em ergonomia realizou debates com uma legião de advogados e outros representantes da FIESP e FEBRABAN, principalmente nos aspectos da organização do trabalho. Como os artigos da CLT são regulamentados pelas Normas e a Ergonomia possui relação apenas em dois artigos da CLT, que se referem à prevenção da fadiga, os empresários argumentavam que os aspectos da organização do trabalho diziam respeito apenas às empresas. Felizmente, a redação havia sido baseada em sólidos argumentos e conseguiu-se vencer a oposição patronal em quase todos os aspectos. Finalmente a norma foi publicada em 23 de novembro de 1990, pela Portaria nº 3.751, com alterações que, infelizmente, comprometeram, em parte, o seu entendimento e, por conseqüência, a sua aplicação prática. A NR-17, como toda norma, não aponta soluções para todas as situações precisas encontradas na prática. A solução dos problemas só é possível pelo esforço conjunto de todos os interessados. É imprescindível, também, o acompanhamento das pesquisas que têm sido feitas mais recentemente e a consulta a manuais especializados e normas de outros países.

## **ANEXO C**

### **Resultados das avaliações realizadas**

## AVALIAÇÃO V1

ITENS	HOMENS																							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
Peso do Ocupante (kg)	84,0	87,0	80,0	92,0	88,0	98,0	82,0	79,0	75,0	81,0	68,0	84,0	89,0	98,0	69,0	75,0	68,0	100,0	70,0	82,0	90,0	90,0	85,0	75,0
Altura do Ocupante (m)	1,80	1,82	1,84	1,77	1,90	1,87	1,70	1,70	1,80	1,77	1,86	1,71	1,77	1,86	1,71	1,70	1,75	1,70	1,70	1,75	1,85	1,74	1,73	1,75
1 Entrada no veículo	4	4	3	3	2	4	6	4	5	6	5	3	4	4	5	5	5	7	3	4	4	5	5	6
2 Ajuste do assento na direção traseira ou à frente.	6	5	6	5	3	5	6	6	6	3	5	6	3	5	4	6	6	7	6	5	6	5	6	6
3 Ajuste do ângulo do encosto	5	4	4	6	3	5	6	5	5	6	6	4	4	4	6	5	4	7	5	5	6	6	6	4
4 Posição dos braços sobre o volante	4	4	3	4	3	4	5	6	5	6	5	4	4	3	*	4	4	4	4	4	5	5	5	5
5 Acesso ao painel de instrumentos	5	4	4	4	3	5	5	6	6	6	6	3	5	5	4	5	6	5	4	4	6	7	5	3
6 Espaço entre a cabeça e o teto	7	4	4	4	3	3	6	4	5	5	6	2	3	3	6	4	7	5	4	5	5	6	5	4
7 Espaço entre a coxa e o volante	2	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	1	2	2	2	4	4	4	6	5	5	6	5	5
8 Revestimento do banco (Não deslizar sobre o banco)	5	3	4	5	3	5	5	5	4	5	6	3	3	5	4	5	6	4	5	4	5	6	4	4
9 Espaço entre a cabeça e o apoio de cabeça	3	5	4	5	3	5	6	5	5	6	6	4	5	1	3	4	4	5	5	4	4	7	5	5
10 Altura do banco	3	5	3	5	3	5	6	4	5	5	6	5	2	2	5	5	7	*	5	4	4	6	6	5
11 Espaço interno	3	4	2	3	3	4	5	5	4	4	5	2	2	3	4	4	5	6	3	2	4	3	5	4
12 Saída do veículo	5	4	4	3	2	4	5	5	6	6	6	3	1	2	2	5	5	6	3	3	4	5	5	4

ITENS	MULHERES												
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
Peso do Ocupante	66,0	66,0	59,0	95,0	67,0	95,0	61,0	52,0					
Altura do Ocupante	1,70	1,70	1,56	1,60	1,70	1,55	1,65	1,64					
1 Entrada no veículo	5	3	5	3	3	2	2	2					
2 Ajuste do assento na direção traseira ou à frente.	6	5	6	4	5	4	5	6					
3 Ajuste do ângulo do encosto	4	6	6	4	4	5	5	5					
4 Posição dos braços sobre o volante	6	6	6	4	4	5	3	5					
5 Acesso ao painel de instrumentos	6	6	6	6	4	6	4	3					
6 Espaço entre a cabeça e o teto	6	6	6	5	5	3	4	5					
7 Espaço entre a coxa e o volante	6	6	4	3	2	2	1	2					
8 Revestimento do banco (Não deslizar sobre o banco)	6	5	5	6	3	6	6	2					
9 Espaço entre a cabeça e o apoio de cabeça	4	7	6	5	4	4	6	5					
10 Altura do banco	5	6	4	6	3	6	4	5					
11 Espaço interno	5	6	4	5	2	4	4	3					
12 Saída do veículo	5	7	6*	4	4	4	2	2					

# AVALIAÇÃO V2

ITENS	HOMENS																							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
Peso do Ocupante (kg)	84,0	87	80	92	88	98	62	79	75	81	68	84	89	98	69	75	68	100	70	82	90	90	85	75
Altura do Ocupante (m)	1,80	1,82	1,84	1,77	1,9	1,87	1,7	1,7	1,8	1,77	1,66	1,71	1,77	1,86	1,71	1,7	1,75	1,7	1,7	1,75	1,85	1,74	1,73	1,75
1 Entrada no veículo	5	5	3	4	4	5	6	5	5	6	*	5	3	3	7	5	7	7	3	4	3	7	5	6
2 Ajuste do assento na direção traseira ou à frente.	2	6	2	4	4	4	6	4	5	5	5	4	5	3	7	5	6	7	3	3	4	6	3	4
3 Ajuste do ângulo do encosto	5	6	5	6	3	5	5	6	6	6	6	3	5	5	1	5	7	7	3	5	4	6	1	5
4 Posição dos braços sobre o volante	4	5	4	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	4	3	6	7	3	1	5	6	3	5
5 Acesso ao painel de instrumentos	6	4	3	4	5	5	6	6	6	6	6	5	4	5	6	6	6	4	5	4	6	6	6	3
6 Espaço entre a cabeça e o teto	5	3	6	4	2	4	6	5	6	6	6	4	4	3	7	4	7	5	3	6	4	7	5	5
7 Espaço entre a coxa e o volante	6	3	4	4	2	4	6	6	5	4	5	3	2	3	3	4	7	1	3	3	4	7	4	5
8 Revestimento do banco (Não deslizar sobre o banco)	4	5	4	4	4	4	5	5	5	6	6	3	3	4	3	6	7	6	4	3	4	6	5	4
9 Espaço entre a cabeça e o apoio de cabeça	5	4	4	5	2	5	6	6	5	5	6	4	3	5	4	4	5	6	3	3	4	5	5	5
10 Altura do banco	5	4	4	5	3	5	6	6	5	5	6	5	3	4	6	5	4	7	5	3	4	6	6	5
11 Espaço interno	5	3	2	3	4	5	6	5	5	5	5	4	3	5	3	4	7	5	5	2	3	6	5	5
12 Saída do veículo	5	4	4	4	3	5	6	5	6	6	6	5	4	3	2	5	7	7	3	4	4	7	4	5

ITENS	MULHERES							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Peso do Ocupante	66,0	66,0	59,0	95,0	67,0	95,0	61,0	52,0
Altura do Ocupante	1,70	1,70	1,56	1,60	1,70	1,55	1,65	1,64
1 Entrada no veículo	4	4	2	5	2	3	6	5
2 Ajuste do assento na direção traseira ou à frente.	5	1	4	6	3	6	3	5
3 Ajuste do ângulo do encosto	5	3	2	*	4	4	6	6
4 Posição dos braços sobre o volante	6	2	3	3	4	4	6	6
5 Acesso ao painel de instrumentos	6	4	5	7	4	4	7	5
6 Espaço entre a cabeça e o teto	6	7	6	6	4	4	7	6
7 Espaço entre a coxa e o volante	5	6	4	4	2	3	3	7
8 Revestimento do banco (Não deslizar sobre o banco)	6	1	5	7	3	7	3	4
9 Espaço entre a cabeça e o apoio de cabeça	6	5	7	4	4	6	4	6
10 Altura do banco	5	4	4	3	2	5	5	6
11 Espaço interno	5	3	4	4	3	4	6	5
12 Saída do veículo	6	6	4	*	4	3	6	6

### AVALIAÇÃO V3

ITENS	HOMENS																							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
Peso do Ocupante (kg)	84,0	87,0	80,0	92,0	88,0	98,0	62,0	79,0	75,0	81,0	68,0	84,0	89,0	98,0	69,0	75,0	68,0	100,0	70,0	82,0	90,0	90,0	85,0	75,0
Altura do Ocupante (m)	1,80	1,82	1,84	1,77	1,9	1,87	1,7	1,7	1,8	1,77	1,66	1,71	1,77	1,86	1,71	1,7	1,75	1,7	1,7	1,75	1,85	1,74	1,73	1,75
1 Entrada no veículo	5	4	4	5	3	5	6	6	6	6	*	5	6	4	5	5	6	7	6	5	5	6	5	6
2 Ajuste do assento na direção traseira ou à frente.	6	4	4	2	3	5	6	6	3	2	4	5	3	4	5	5	6	6	6	5	5	6	5	6
3 Ajuste do ângulo do encosto	2	1	5	3	1	4	3	3	3	3	3	4	3	2	1	3	4	1	3	5	3	5	5	3
4 Posição dos braços sobre o volante	5	6	3	4	4	5	5	6	5	6	6	5	5	3	4	4	4	5	6	4	6	4	5	5
5 Acesso ao painel de instrumentos	4	5	4	6	4	5	5	5	6	6	4	5	6	5	5	5	6	5	6	3	3	6	4	2
6 Espaço entre a cabeça e o teto	7	5	3	6	6	4	6	6	6	6	6	4	6	5	7	6	6	7	7	5	7	7	6	5
7 Espaço entre a coxa e o volante	6	5	4	5	4	4	6	6	6	6	5	4	6	3	4	5	6	7	7	5	6	6	4	6
8 Revestimento do banco (Não deslizar sobre o banco)	4	5	4	4	4	5	6	6	6	6	6	3	5	6	4	5	7	7	7	5	5	5	5	5
9 Espaço entre a cabeça e o apoio de cabeça	2	5	6	5	3	4	6	4	4	6	5	4	4	5	2	4	6	5	4	3	4	5	5	5
10 Altura do banco	5	6	4	5	4	5	6	7	5	5	6	5	6	4	5	5	4	4	6	5	5	7	4	5
11 Espaço interno	5	4	5	4	4	5	6	6	5	6	4	4	6	5	4	4	6	7	6	3	6	6	3	5
12 Saída do veículo	5	5	4	5	3	5	6	6	6	6	6	5	4	6	5	4	6	7	7	5	5	6	5	6

ITENS	MULHERES							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Peso do Ocupante	66	66	59	95	67	95	61	52
Altura do Ocupante	1,7	1,7	1,56	1,6	1,7	1,55	1,65	1,64
1 Entrada no veículo	4	5	4	7	4	5	3	5
2 Ajuste do assento na direção traseira ou à frente.	5	5	5	*	3	3	3	5
3 Ajuste do ângulo do encosto	4	3	2	2	2	2	5	5
4 Posição dos braços sobre o volante	4	2	3	6	4	5	5	6
5 Acesso ao painel de instrumentos	4	3	5	6	4	5	5	4
6 Espaço entre a cabeça e o teto	6	7	6	5	4	5	4	5
7 Espaço entre a coxa e o volante	4	6	5	3	3	3	3	6
8 Revestimento do banco (Não deslizar sobre o banco)	6	1	5	6	4	5	5	6
9 Espaço entre a cabeça e o apoio de cabeça	5	2	3	3	4	2	5	6
10 Altura do banco	6	2	3	3	4	3	5	6
11 Espaço interno	5	4	5	2	3	6	5	4
12 Saída do veículo	5	7	6	7	4	4	5	5