FLAVIA RENATA DANTAS ALVES SILVA CIACCIA

ENTRE A VIVÊNCIA DO CONFORTO E DO DESCONFORTO EM CABINES DE
AERONAVES: UMA ABORDAGEM BASEADA NA ATIVIDADE

São Paulo

2013

FLAVIA RENATA DANTAS ALVES SILVA CIACCIA

Entre a vivência do conforto e do desconforto em cabines de aeronaves:
uma abordagem baseada na atividade

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

Área de concentração:
Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Laerte Idal Sznelwar

São Paulo
2013

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de Janeiro de 2013.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Ciaccia, Flavia Renata Dantas Alves Silva

**Entre a vivência do conforto e do desconforto em cabines de aeronaves: uma abordagem baseada na atividade / F.R.D.A.S. Ciaccia. -- ed.rev. -- São Paulo, 2013.
274 p.**

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Ergonomia 2. Conforto humano 3. Aeronaves I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, que sempre quis ter uma filha “doutora”.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, carinho, incentivo e compreensão em todos os dias da minha vida.

Ao Vicente, meu maridinho mais lindo, pela paciência, carinho, companheirismo e, acima de tudo, por compreender a minha ausência devido às intermináveis horas de trabalho. E pelo fluxograma, é claro!

Ao Professor Dr. Laerte Idal Sznelwar pela orientação, pelo otimismo e pela serenidade transmitida ao longo do trabalho.

Ao Prof. Dr. Fausto Leopoldo Mascia e ao Prof. Dr. Jurandir Itizo Yanagihara pelas sugestões durante a qualificação, que muito contribuíram para o aprimoramento desta pesquisa.

À minha sogrinha, Maria Célia Ciaccia, por estarmos no mesmo barco desde o dia em que nos conhecemos. Viu? Nós conseguimos!

Às minhas queridas amigas, as meninas, que torceram por mim e que sentiram minha falta nos “Dias das Meninas” e fins de semana.

Ao meu orientando, Edgar Elias da Silva Filho, por compartilhar experiências e me mostrar o quanto é gratificante o papel de orientador.

Aos amigos do projeto Conforto e Design de Cabine, principalmente Sideto Futatsugi pelas sugestões e suporte nas simulações e Alexandre David Souza pela ilustração do mapa corporal.

Aos amigos Raquel Bitencourt e Luiz Chamon pela presença e apoio durante a fase de qualificação.

Aos amigos e amigas que fiz no TTO, em especial Claudio Brunoro e Simone de Lara Freitas, pelas contribuições no texto e longas conversas filosóficas.

Aos pesquisadores participantes do pacote de Ergonomia que realizaram a pesquisa de campo. Sem vocês esse trabalho não existiria.

Seja incansavelmente otimista. Faz bem para o corpo, para a mente e para a alma.

Pablo Neruda

RESUMO

Nos últimos anos, inúmeros trabalhos têm investigado como avaliar a percepção de conforto e desconforto no transporte aéreo. A literatura mostra que o conforto é um construto de natureza subjetiva, de difícil mensuração e, por este motivo, a avaliação de aspectos de desconforto é sugerida em alguns estudos. O objetivo geral desta pesquisa foi aprimorar os métodos de análise do conforto e do desconforto vivenciado pelo passageiro ao considerar as atividades realizadas durante um voo típico, contribuindo com o projeto de poltrona e de cabine de aeronaves. Para tal, este estudo propõe um método dividido em três fases: mapeamento de pressão de posturas estáticas, mapeamento contínuo de pressão e mapeamento de posturas típicas. O intuito da primeira fase foi identificar as contribuições e limitações dos métodos e técnicas descritos na literatura por meio de um experimento utilizando mapeamento de pressão de interface entre o ocupante e a poltrona em posturas estáticas e um questionário de avaliação da poltrona. A segunda fase analisou as atividades de repousar e ler em um simulador que representa o interior de uma aeronave, com o apoio da técnica de medição contínua de pressão de interface em conjunto com observação de pesquisadores e relato pós-experimento. Após a realização dos ensaios, a equipe do projeto participou de sessões *brainstorming* onde melhorias do ambiente vivencial do passageiro foram identificadas e prototipadas em um segundo momento. A última fase avaliou a percepção de desconforto em cada parte do corpo em posturas pré-definidas que representaram as posturas mais utilizadas nos ensaios da fase anterior. Os resultados da pesquisa mostraram que cada fase que compõe o método possui um olhar diferente sobre a poltrona e o ambiente da cabine, mas que no conjunto se complementam com o intuito de identificar oportunidades de melhoria do projeto desses elementos. Além disso, uma mudança ocorreu também no time de concepção que, a partir da reflexão sobre a experiência vivida, se sensibilizou para aspectos de projeto que anteriormente passavam despercebidos, permitindo a geração de soluções que atendessem não somente aos requisitos de certificação e de produto, mas também propiciassem condições mais favoráveis para a realização de atividades em voo.

Palavras-chave: ergonomia, conforto, interior de aeronaves, projeto de produtos.

ABSTRACT

In recent years, numerous studies have investigated how to assess the perception of comfort and discomfort in the air transportation. Literature shows that comfort is a subjective construct, difficult to measure and, therefore, the assessment of discomfort aspects is suggested in some studies. The overall objective of this research was to improve the evaluation methods of passengers comfort and discomfort while considering the activities performed during a typical flight, contributing to seat and aircraft cabin project. Thus, this thesis proposes a method divided into three phases: static postures pressure mapping, continuous pressure mapping and typical postures mapping. The aim of the first phase was to identify the contributions and limitations of methods and techniques described in the literature by developing an experiment using static postures pressure mapping and a seat evaluation questionnaire. The second phase examined the activities of resting and reading in an aircraft interior simulator using continuous pressure measurement allied to observation and post-experiment report. After the tests, the design team participated in brainstorming sessions where improvements in seat and aircraft cabin were identified and prototyped in a further moment. The last phase evaluated discomfort perception in each body part when adopting the most common postures used in the previous phase. The results showed that each method phase brings a different view on the seat and aircraft cabin that contributes to identify opportunities for improving the design of these elements. Furthermore, the design team, reflecting on their own experience, could develop solutions for aircraft cabin project that not only met airworthiness and product requirements, but also provided more affordable conditions for performing in flight activities.

Keywords: ergonomics, comfort, aircraft interior, product development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Primeira geração - modelo de ação mediada proposta por Vygotsky	27
Figura 2.2 - Segunda geração - modelo de sistema de atividade humano proposto por Engeström.....	27
Figura 2.3 - Terceira geração – modelo com dois sistemas de atividade em interação proposto por Engeström.....	28
Figura 2.4 - Modelo de Atividade.....	29
Figura 2.5 - Modelo de tarefa.....	29
Figura 2.6 - Diferenças entre a tarefa e a atividade	30
Figura 2.7 - Esquema representativo das etapas do processo de <i>Design Thinking</i> ..	43
Figura 2.8 - Divergir para convergir.....	44
Figura 2.9 - Fases de acompanhamento de Programas Embraer S.A.....	47
Figura 2.10 - Distância entre poltronas ou <i>seat pitch</i>	49
Figura 2.11 - Avanço tecnológico permitiu o desenvolvimento de poltronas mais leves e menores	50
Figura 2.12 - Poltrona semi-sentada apresentada pela Avio Interiors.....	51
Figura 2.13 – Características mais votadas em uma pesquisa sobre o avião dos sonhos.....	52
Figura 2.14 - Dimensões antropométricas essenciais para o projeto de uma poltrona	53
Figura 2.15 - Parâmetros para o projeto de poltronas aeronáuticas	55
Figura 2.16 - Distribuição de pressões sobre o assento com estofamento duro e macio.....	58
Figura 2.17 - Requisitos para distâncias entre poltronas descritos pela AN64	59
Figura 2.18 - Medição do espaço útil	60
Figura 2.19 - Conclusões do Projeto Conhecer (ANAC)	61
Figura 2.20 - O uso de espumas de viscoelástico na borda frontal de assentos aeronáuticos.....	63
Figura 2.21 - Classificação das vértebras da coluna.....	64
Figura 2.22 - As quatro divisões da coluna: cervical, torácica, lombar e sacro	65
Figura 2.23 - Mudanças que ocorrem na coluna e nos ossos da bacia com a passagem da postura em pé para a sentada	65

Figura 2.24 - A pelve e a parte lombar da coluna de um indivíduo quando: (a) sentado; (b) relaxado na posição sentada, com sacro sem suporte na posição média; (c) sentado ereto, com suporte para o sacro; (d) sentado na posição de inclinação anterior; e (e) relaxado na posição sentada na postura de inclinação posterior.	66
Figura 2.25 - Mudanças na coluna lombar na passagem para a postura sentada	66
Figura 2.26 - Transferência do peso do tronco pelas tuberosidades isquiáticas na postura sentada.....	67
Figura 2.27 - Posição das tuberosidades isquiáticas na posição sentada em relação ao encosto da poltrona.....	68
Figura 2.28 - Aumento da distância das tuberosidades isquiáticas na posição “escorregada”	68
Figura 2.29 - Pelve rotacionada para frente na posição sentada com o peso do corpo no ramo inferior do ísquio e da púbis.	69
Figura 2.30 - Pelve rotacionada significadamente para trás com o peso do corpo na superfície do sacro e do cóccix.	69
Figura 2.31 - Ilustração esquemática da sobrecarga nas costas em função da postura do tronco e do uso dos apoios	71
Figura 2.32 - Mudanças na posição do pescoço na postura sentada	72
Figura 2.33 - Efeitos da altura do assento na circulação das pernas.....	74
Figura 2.34 - Modelo hipotético de conforto e desconforto	76
Figura 2.35 - Modelo de conforto descrito por De Looze et al. (2003)	77
Figura 2.36 - Modelo de conforto proposto por Vink e Hallbeck (2012)	78
Figura 2.37 - Estrutura cronológica de avaliação de conforto	81
Figura 2.38 - Problemas descritos em 291 relatórios de viagens.....	84
Figura 2.39 - Reconstrução das posturas adotadas por um passageiro durante um voo	86
Figura 2.40 - Modelo para avaliação de conforto e desconforto adaptado de Kano (1984).....	87
Figura 2.41 - Referências para uma boa distribuição de pressão. Valores validados para as costas para curto tempo de desconforto (até 30 min) e valores validados para as nádegas para curto tempo e longo tempo de desconforto (até 3h).	94
Figura 2.42 - Relação entre pressão e tempo sentado	97

Figura 2.43 - Equipamento de mapeamento de pressão: Manta + Computador + equipamento de aquisição de dados	101
Figura 2.44 - Sensor Capacitivo	102
Figura 2.45 - Exemplo de mapa de pressão e a legenda de pressão	103
Figura 2.46 - Distribuição teórica de pressão em diferentes superfícies	104
Figura 2.47 - Vista lateral de uma da simulação de uma pessoa sentada e seu mapa de pressão.....	106
Figura 2.48 - Divisão do mapa de pressão proposta por Na et al. (2005)	106
Figura 2.49 - Divisão do mapa de pressão proposta por Kyung e Nussbaum (2008)	107
Figura 2.50 - Divisão do mapa de pressão proposta por Jin et al. (2009)	107
Figura 2.51 - Mapa corporal	108
Figura 2.52 - Mapa corporal disposto sobre o mapa de pressão sem considerar a postura adotada pelo participante e considerando o ângulo de abertura das pernas	109
Figura 2.53 - Mapa corporal sobreposto ao mapa de pressão já com ajustes	109
Figura 3.1 – Fase 1 do método proposto nesta pesquisa	113
Figura 3.2– Fase 2 do método proposto nesta pesquisa	114
Figura 3.3 – Fase 3 do método proposto nesta pesquisa	115
Figura 3.4 – Representação esquemática de método proposto nesta pesquisa.....	116
Figura 3.5- Poltrona A	118
Figura 3.6 - Simulador do Projeto Conforto de Cabine. a) vista externa b) vista interna	121
Figura 3.7 - Arranjo do experimento.....	126
Figura 3.8 - Cartas de caracterização de posição de cabeça, tronco e membros...	129
Figura 3.9 - Exemplo de caracterização de postura	130
Figura 3.10 - Posturas típicas para repousar e ler	130
Figura 3.11 - Arranjo do experimento.....	131
Figura 3.12 - Regiões do corpo avaliadas.....	133
Figura 4.1 - Interface gráfica do software X3 PRO.....	136
Figura 4.2 - Legenda de cores do mapa de pressão.....	137
Figura 4.3 - Gráfico Pressão versus Tempo para os seis participantes	138

Figura 4.4 - Mapas de pressão do assento e do encosto com valores médios de pressão para um dos seis participantes na condição de encosto levantado.....	139
Figura 4.5 - Gráfico de distribuição de pressão para o participante 3 (encosto levantado).....	141
Figura 4.6 - Mapas de pressão para o participante 3 nas condições de encosto levantado e reclinado.	143
Figura 4.7- Mapa do assento do participante 3 na condição de encosto levantado dividido em dez regiões.....	144
Figura 4.8 - Distribuição media de carga no encosto na condição encosto levantado – todos participantes	145
Figura 4.9 - Distribuição media de carga no encosto na condição encosto reclinado – todos participantes	145
Figura 4.10 - Distribuição media de carga no assento na condição encosto levantado – todos participantes	146
Figura 4.11 - Distribuição media de carga no assento na condição encosto reclinado – todos participantes	146
Figura 4.12 - Mapas de pressão divididos em catorze regiões - Participante 3 na condição de encosto levantado	147
Figura 4.13 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 3 na condição de encosto levantado – Mapas de pressão divididos em catorze regiões.....	148
Figura 4.14 - Gráfico pressão versus tempo e as posturas adotadas pelo participante 2 ao longo do experimento de repouso	152
Figura 4.15 - Sobreposição dos mapas de pressão de cada postura adotada durante o ensaio de repouso para cada participante	153
Figura 4.16 - Sobreposição dos mapas de pressão de cada postura adotada durante o ensaio de leitura para cada participante.....	154
Figura 4.17 - Passeio dos centros de pressão no assento - posturas adotadas pelo participante 2 no ensaio de repouso	156
Figura 4.18 - Passeio dos centros de pressão no encosto - posturas adotadas pelo participante 2 no ensaio de repouso	156
Figura 4.19 - Participantes do ensaio de repouso na posição inicial do ensaio	160

Figura 4.20 - Participantes do ensaio de repouso com o quadril deslocado para frente	160
Figura 4.21 - Diferentes posições de cabeça e pescoço adotadas pelos participantes do ensaio de repouso	161
Figura 4.22 - Diferentes maneiras de utilização do apoio de braço no ensaio de repouso	162
Figura 4.23 - Posição inicial dos participantes do ensaio de leitura	163
Figura 4.24 - Participantes do ensaio de leitura com o livro próximo aos olhos	163
Figura 4.25 - Participantes do ensaio de leitura com as pernas cruzadas para apoiar o livro	164
Figura 4.26 - Movimento da cabeça em busca de melhor posição para leitura	166
Figura 4.27 - Proposta de apoio de braço escamoteável	169
Figura 4.28 – Prova de conceito do protótipo	170
Figura 4.29 - Mapas de pressão da postura 2 para os participantes da fase 3	172
Figura 4.30 - Divisões no mapa do encosto e do assento e as regiões do corpo correspondentes	174
Figura 4.31 - Notas para o desconforto geral por postura típica	175
Figura 4.32 - Notas para o desconforto no pescoço por postura típica	176
Figura 4.33 - Notas para o desconforto na região lombar por postura típica	176
Figura 4.34 – Representação da postura 1	178
Figura 4.35 – Detalhe da posição da cabeça do participante 2 durante o ensaio e relato	179
Figura 4.36 – Representação da postura 2	179
Figura 4.37 – participantes durante ensaio da postura 2	180
Figura 4.38 – Representação da postura 3	181
Figura 4.39 – Detalhe do tronco inclinado na direção da parede da cabine durante a adoção da postura 3	181
Figura 4.40– Representação da postura 4	182
Figura 4.41 – Participantes durante ensaio da postura 4	182
Figura 4.42 - Representação da postura 5	183
Figura 4.43 – Detalhe para a flexão de pescoço na postura 5	183
Figura 4.44 - Representação da postura 6	184
Figura 4.45 - Detalhe para a flexão de pescoço na postura 6	184

Figura 4.46 - Representação da postura 7	185
Figura 4.47 - Participantes no ensaio da postura 7	185
Figura 4.48 - Representação da postura 8	186
Figura 4.49 – Participantes no ensaio da postura 8	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Aspectos relacionados ao conforto em poltronas.....	54
Tabela 2.2 - Experiências que influenciam o conforto de um passageiro de avião ...	81
Tabela 2.3 - Fatores que mais influenciam o conforto em viagens de avião	83
Tabela 2.4 - Porcentagens de desconforto de acordo com a região do corpo após voos longos	84
Tabela 2.5 - Comparação de algumas propriedades de três sistemas comerciais de mapeamento de pressão.....	101
Tabela 4.1 - Peso e altura dos participantes	135
Tabela 4.2 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para todos os participantes na condição de encosto levantado	142
Tabela 4.3 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para todos os participantes na condição de encosto reclinado	142
Tabela 4.4 - Comparação das medidas da poltrona e as medidas antropométricas dos participantes	149
Tabela 4.5 - Características dos participantes do ensaio de repouso e leitura	151
Tabela 4.6- Valores iniciais e finais do centro de pressão no ensaio de repouso para cada participante	157
Tabela 4.7- Valores iniciais e finais do centro de pressão no ensaio de leitura para cada participante	158
Tabela 4.8 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 2 do ensaio de repouso.....	158
Tabela 4.9 - Necessidades e soluções para melhorar a percepção de conforto nas atividades de leitura e repouso.....	168
Tabela 4.10 - Peso e altura dos participantes.	171
Tabela 4.11 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato n a postura 2 para todos os participantes.....	173
Tabela 4.12 - Comparação das medidas da poltrona e as medidas antropométricas dos participantes	178
Tabela 5.1 - Quadro resumo das estratégias comuns para evitar o desconforto - Análise postural e do relato	196

Tabela 5.2 - Valores de início de percepção de desconforto para algumas regiões do corpo	200
Tabela 5.3 - Quadro resumo do relato e ficha de avaliação de desconforto para cada postura típica.....	202

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
1.2 DOS OBJETIVOS.....	22
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	22
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.3 QUESTÃO DA PESQUISA.....	23
1.4 HIPÓTESES.....	23
1.5 APRESENTAÇÃO DO PROJETO CONFORTO E DESIGN DE CABINE	24
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	25
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1 CONTRIBUIÇÕES DA ERGONOMIA E DA TEORIA DA ATIVIDADE	26
2.1.1 TEORIA DA ATIVIDADE.....	26
2.1.2 CONTRIBUIÇÕES DA ERGONOMIA.....	28
2.1.3 ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO DE SISTEMAS DE TRABALHO	31
2.1.4 ERGONOMIA DE PRODUTO.....	34
2.1.5 ERGONOMIA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	36
2.1.6. ERGONOMIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO.....	38
2.2 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA ETNOGRÁFICA E DO <i>DESIGN THINKING</i>	40
2.2.1 PESQUISA ETNOGRÁFICA.....	40
2.2.2 <i>DESIGN THINKING</i>	42
2.3 CONTRIBUIÇÕES DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	44
2.3.1 GESTÃO DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	45

2.3.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NO AMBIENTE AERONÁUTICO	46
2.3.3 EVOLUÇÃO DAS CABINES DE PASSAGEIRO	48
2.3.4 PROJETO DE POLTRONAS.....	52
2.3.5 ESPUMAS E MATERIAIS DE ACABAMENTO.....	56
2.3.6 REGULAMENTAÇÃO.....	58
2.4 POSTURA SENTADA	63
2.4.1 ASPECTOS ANATÔMICOS DA POSTURA SENTADA	63
2.4.2 RISCOS DA POSTURA SENTADA.....	70
2.4.3 REDUZINDO A SOBRECARGA NAS COSTAS.....	71
2.4.4 EFEITOS DA POSTURA SENTADA PARA O PESCOÇO	72
2.4.5 EFEITOS DA POSTURA SENTADA PARA AS PERNAS	73
2.5 CONCEITO DE CONFORTO.....	74
2.5.1 CONFORTO E DESCONFORTO NA POSTURA SENTADA	78
2.5.2 AVALIAÇÃO DE CURTO OU LONGO PRAZO	79
2.5.3 CONFORTO E DESCONFORTO EM VIAGENS DE AVIÃO	82
2.5.4 ATIVIDADES TÍPICAS EM VOO	88
2.6 CONTRIBUIÇÕES DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE	89
2.6.1 RELAÇÃO ENTRE CONFORTO, DESCONFORTO E PRESSÃO DE INTERFACE	89
2.6.2 PARÂMETROS CHAVE PARA A INTERPRETAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO	91
2.6.3 OUTRAS VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM A DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO	96
2.6.4 MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE.....	100
2.6.5 LIMITAÇÕES DA TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO DE PRESSÃO.....	103
2.6.6 AVALIAÇÃO DA PRESSÃO DE INTERFACE	105
2.7 ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA.....	110

3. MÉTODO DA PESQUISA	112
3.1 CONSTRUÇÃO DO MÉTODO	112
3.1 FASE 1 - MAPEAMENTO DE PRESSÃO DE POSTURA ESTÁTICA.....	116
3.1.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	117
3.2 FASE 2 - MAPEAMENTO CONTÍNUO DA PRESSÃO DE INTERFACE	120
3.2.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	120
3.3 FASE 3 - MAPEAMENTO DE PRESSÃO DE POSTURAS TÍPICAS	128
3.3.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	131
4. RESULTADOS	135
4.1 ANÁLISE DOS DADOS DA FASE 1 - MAPEAMENTO DE PRESSÃO DE POSTURA ESTÁTICA.....	135
4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	135
4.1.2 ANÁLISE DA MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE.....	136
4.1.3 RESPOSTAS AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DAS POLTRONAS	148
4.2 ANÁLISE DOS DADOS DA FASE 2 - MAPEAMENTO CONTÍNUO DA PRESSÃO DE INTERFACE	150
4.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	150
4.2.2 ANÁLISE DA MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE.....	151
4.2.3 ANÁLISE POSTURAL	159
4.2.4 ANÁLISE DO RELATO.....	165
4.2.5 ANÁLISE DOS DADOS DA IDEIAÇÃO	167
4.2.6 CONFECÇÃO E AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	169
4.3 ANÁLISE DOS DADOS DA FASE 3 - MAPEAMENTO DE PRESSÃO DE POSTURAS TÍPICAS	170
4.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	171
4.3.1 ANÁLISE DA MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE.....	171
4.3.2 ANÁLISE DA FICHA DE AVALIAÇÃO DE DESCONFORTO	174

4.3.3 ANÁLISE DO RELATO	177
5. DISCUSSÃO	187
5.1 DISCUSSÃO DA FASE 1	187
5.2 DISCUSSÃO DA FASE 2	191
5.3 DISCUSSÃO DA FASE 3	198
6. CONCLUSÃO	205
REFERÊNCIAS	210
APÊNDICE A – Termos de consentimento livre e esclarecido	230
APÊNDICE B - Características da manta de pressão utilizada na pesquisa	230
APÊNDICE C – Instrumento de avaliação da poltrona	232
APÊNDICE D - Instrumento de avaliação subjetiva – Fase 3	234
APÊNDICE E - Dados antropométricos dos participantes da Fase 2	238
APÊNDICE F – Rotina do <i>Matlab</i> para cálculo da distribuição de pressão em diferentes regiões do mapa de pressão	242
APÊNDICE G – Posição do centro de pressão para cada participante dos ensaios da Fase 2	249
APÊNDICE H – Mapas de pressão e medidas de pressão para cada participante dos ensaios da Fase 2	255
APÊNDICE I - Dados antropométricos dos participantes da Fase 3	266
APÊNDICE J - Mapas de pressão das posturas típicas e principais medidas de pressão para cada participante do ensaio da Fase 3	267
APÊNDICE K – Notas das fichas de avaliação de desconforto para cada participante da Fase 3	269
APÊNDICE L – Quadro síntese da Fase 1	271
APÊNDICE M – Quadro síntese da Fase 2	272
APÊNDICE N – Quadro síntese da Fase 3	274

1. INTRODUÇÃO

A cada dia que passa, as empresas estão mais preocupadas em atender as necessidades dos usuários, e um dos maiores desafios é fornecer um produto que supere a expectativa de um público exigente e heterogêneo. Um exemplo deste cenário é a evolução do nível de conforto na aviação. Jatos executivos sempre foram conhecidos pelo conforto e excelente desempenho em contraste com jatos comerciais, desenvolvidos para ser eficientes e econômicos. No entanto, a fim de oferecer produtos competitivos e com elevado padrão tecnológico, algumas empresas estão implementando as mesmas soluções inovadoras usadas em jatos executivos para a sua linha comercial.

O passageiro usuário do transporte aéreo considera o conforto da aeronave um aspecto importante do voo, que muitas vezes influencia na hora da escolha da companhia aérea. Estudos mostram que os passageiros estão preocupados com o espaço para as pernas, higiene da cabine, atenção do comissário de bordo e a poltrona, sendo que todos esses elementos tem relação direta com a experiência de conforto e devem ter prioridade na hora de se projetar uma nova aeronave (VINK; BRAUER, 2011).

Como resultado, as companhias aéreas buscam novas formas de inovar seus serviços e diferenciar seus produtos. Ao desenvolver novos produtos e serviços é importante ter em mente três fatores (ALAMDARI, 1999):

- Satisfazer as necessidades e requisitos dos clientes;
- Atingir os objetivos da companhia, ou seja, produzir lucro para a empresa;
- Superar os competidores através de diferenciação de produtos.

Ao longo das últimas décadas, há indicação de que uma melhoria nos serviços provoca um aumento nos rendimentos devido à fidelização dos clientes. Uma pesquisa mostrou que companhias aéreas que oferecem benefícios melhores e mais variados estão aptas a cobrar até 8% mais pelos seus produtos (GILBERT; WONG, 2002).

Além disso, os passageiros não querem ser apenas transportados de um ponto A para um ponto B, eles querem estar conectados com o exterior, querem trabalhar, descansar, ou seja, querem aproveitar ao máximo o tempo dentro da aeronave. E o mais importante: eles também querem se sentir confortáveis enquanto estão dormindo, comendo, assistindo um filme, lendo, etc. (VINK; BRAUER, 2011). Nesta perspectiva, a poltrona do passageiro tem um papel fundamental no cumprimento das expectativas de conforto dos passageiros, uma vez que é o lugar onde os passageiros passam a maior parte de seu tempo durante as viagens.

A indústria aeronáutica tem uma forte preocupação com peso e custo e muitas vezes a questão do conforto é tratada simplesmente considerando as dimensões antropométricas do usuário alvo daquela aeronave. Entretanto, os pressupostos da Teoria da Atividade pregam o conceito de ação orientada a um objetivo e mediada por artefatos. Sob este ponto de vista, a avaliação de uma poltrona aeronáutica poderia ser enriquecida ao se considerar as diversas atividades e posturas adotadas durante um voo típico.

1.2 DOS OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi aprimorar os métodos de análise do conforto e do desconforto vivenciado pelo passageiro ao considerar as atividades realizadas durante um voo típico, de modo a contribuir com o projeto de poltrona e de cabine de aeronaves.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as contribuições dos métodos tradicionais de avaliação de conforto e desconforto de poltrona aeronáuticas propostos por Souza (2009) e Yoshida (2009) por meio de um protocolo baseado em medição de pressão de posturas estáticas.

- Introduzir conceitos da Análise da Atividade e do *Design Thinking* na avaliação de conforto e desconforto de poltronas aeronáuticas.
- Descrever os ganhos da participação da equipe de projeto nas fases de imersão, ideação e prototipação.
- Investigar a relação entre o desconforto em algumas regiões do corpo e medidas de pressão de interface.
- Desenvolver um método, com técnicas, procedimentos e instrumentos de avaliação de conforto e desconforto de poltronas e cabines de aeronaves para ser utilizado durante a fase de desenvolvimento destes produtos.

1.3 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão principal da pesquisa é: Como a análise da atividade e outros conceitos da ergonomia e do design podem contribuir com as abordagens tradicionais de avaliação de conforto e desconforto, visando compor um método que seja útil para esclarecer a dinâmica de vivência em uma cabine de aeronave, objetivando diminuir o desconforto dos passageiros durante a realização das principais atividades típicas de um voo ao propor novas soluções de projeto?

1.4 HIPÓTESES

A partir de revisões bibliográficas e do aprofundamento do tema, foram levantadas as seguintes hipóteses:

H1: Através dos métodos convencionais, utilizados para de avaliar poltronas aeronáuticas durante o desenvolvimento deste produto, obtém-se apenas uma visão parcial do conforto e do desconforto, não sendo suficiente para mostrar as relações entre o passageiro, a poltrona e o ambiente de cabine.

H2: Toda atividade humana se desenvolve no tempo e exige um determinado ambiente físico para sua realização. Para que as dificuldades e facilidades dos

passageiros de avião sejam compreendidas e traduzidas em melhoria do ambiente vivenciado por eles, é importante que se analise as atividades dos sujeitos em uma situação de voo na qual o espaço de ação é determinado por critérios de projeto.

H3: O desenvolvimento de métodos inspirados na observação participante contribui para o aprimoramento de cabines de avião, uma vez que os projetistas ao vivenciarem as dificuldades e as facilidades que o ambiente pode trazer em situações de uso desenvolvem uma análise crítica mais apurada e contribuem para o projeto de novas soluções.

1.5 APRESENTAÇÃO DO PROJETO CONFORTO E DESIGN DE CABINE

Esta pesquisa faz parte do projeto intitulado por “Conforto e Design de Cabine – Desenvolvimento e análise integrada de critérios de conforto” inserido no âmbito de Parceria para Inovação em Ciência e Tecnologia Aeroespaciais (PICTA). Essa parceria conta com a participação da Universidade de São Paulo (USP), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da fabricante de aeronaves Embraer S.A. com o intuito de investigar a relação entre os diversos parâmetros que influenciam no conforto do usuário de cabines em aeronaves de forma a permitir, com os resultados do projeto, elaborar diretrizes para o desenvolvimento de interiores com nível superior de conforto, garantindo o bem-estar do passageiro.

Pretende-se abordar o conforto, de forma isolada, dos diferentes parâmetros que influenciam nas sensações de conforto para, em seguida, estudá-los, de maneira integrada em um mesmo ambiente. Será estudada a influência na sensação do conforto dos seguintes parâmetros: Vibroacústico, Sensação Térmica (variáveis ambientais), Pressão de Cabine e Ergonomia.

Estes parâmetros foram escolhidos por estarem associados à percepção de conforto sentida pelo passageiro durante o voo, sendo que cada parâmetro será detalhado dentro de um pacote de estudo com um escopo pré-estabelecido. A presente pesquisa está inserida no pacote de Ergonomia do Projeto Conforto e Design de

Cabine que tem como objetivo o desenvolvimento de requisitos de ergonomia a partir da análise comportamental de ocupantes em aeronaves. Neste sentido, a presente pesquisa visa o estudo das poltronas de passageiros e da cabine de aeronaves sob a ótica da análise da atividade em conjunto com outras técnicas de medição de desconforto.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 6 capítulos. No Capítulo 1, a pesquisa foi contextualizada e seus objetivos delineados. O Capítulo 2 traz o referencial teórico sobre conceitos de conforto e ergonomia, postura sentada, projeto de poltronas aeronáuticas e mapeamento de pressão de interface. O Capítulo 3 apresenta os pressupostos metodológicos que servem de base para o método proposto nesta tese, como procedimentos experimentais e instrumentos de pesquisa. Já os resultados de cada fase do método proposto são apresentados no capítulo 4. No Capítulo 5, os resultados apresentados no capítulo anterior são discutidos e confrontados com a literatura. As conclusões obtidas no estudo são apresentadas no Capítulo 6, bem como sugestões para continuação do trabalho. Por fim, são apresentadas as referências e os documentos auxiliares da pesquisa em Apêndices.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos de ergonomia e atividade, pesquisa etnográfica, *Design Thinking*, processo de desenvolvimento de produto, conforto na postura sentada e medição de pressão de interface e suas contribuições para o projeto de uma cabine de passageiros.

2.1 CONTRIBUIÇÕES DA ERGONOMIA E DA TEORIA DA ATIVIDADE

Procurou-se neste item levantar as principais contribuições de modelos com foco na atividade, como a Teoria da Atividade e a Ergonomia.

2.1.1 TEORIA DA ATIVIDADE

A Teoria da Atividade trata da compreensão das ações humanas em determinados contextos e possui raízes históricas provenientes de três vertentes: a filosofia clássica alemã (de Kant a Hegel), os escritos de Marx e Engels e a psicologia soviética de Vygostky, Leont'ev e Lúria (ENGESTRÖM, 1999). A Teoria da Atividade também foi difundida nos Estados Unidos, com os trabalhos de Wertsch (1981) e na Finlândia, com os trabalhos de Engeström (1996) e Kuutti (1996) (GREGHI, 2012). Hoje em dia, a teoria da atividade transcende sua própria origem, se tornando internacional e multidisciplinar (ENGESTRÖM, 1999).

O termo “atividade” sofreu uma longa evolução desde suas origens até chegar tal como é conhecida hoje (BARBOSA et al., 2011). Engeström (1999) divide os estudos sobre a Teoria da Atividade em três gerações. A primeira poderia ser representada a partir do famoso triângulo de mediação vigotskiano, em que a ação de um sujeito é orientada a um objeto e mediada por artefatos, como mostra a Figura 2.1.

Figura 2.1 - Primeira geração - modelo de ação mediada proposta por Vygotsky

Fonte: adaptado de Engeström (1999)

Segundo Engeström (1999), o problema da representação clássica é que ela não explica a natureza colaborativa e social das ações. Dessa forma, aparece a necessidade de inserir no modelo tradicional o componente da comunidade e suas relações. A Figura 2.2 mostra o modelo de “sistema de atividade” proposto por esse autor com base nos trabalhos de Leontiev (1981). Nessa visão, o sujeito é inserido em um contexto de comunidade, que possui regras e divisão de trabalho.

Figura 2.2 - Segunda geração - modelo de sistema de atividade humano proposto por Engeström

Fonte: adaptado de Engeström (1987)

A terceira geração da Teoria da Atividade trouxe a necessidade de desenvolver ferramentas conceituais para compreender diálogos, múltiplas perspectivas e redes de interação de sistemas de atividade. Dessa forma, Engeström (2001) propôs um

modelo que sugere redes interligadas, que sofrem influência e são influenciadas por outras redes de atividades e por mudanças no ambiente, como mostra a Figura 2.3.

Figura 2.3 - Terceira geração – modelo com dois sistemas de atividade em interação proposto por Engeström

Fonte: adaptado de Engeström (2001)

2.1.2 CONTRIBUIÇÕES DA ERGONOMIA

O conselho da Associação Internacional de Ergonomia (IEA - International Ergonomics Association) (IEA, 2000, tradução nossa) adotou em 2000 nova definição do termo ergonomia como sendo a

“disciplina científica que visa a compreensão fundamental das interações entre os seres humanos e os outros componentes de um sistema, e a profissão que aplica princípios teóricos, dados e métodos com o objetivo de otimizar o bem-estar das pessoas e o desempenho global dos sistemas.”

Segundo Abrahão et al. (2009) a ergonomia pode ser entendida como uma disciplina que tem como objetivo transformar o trabalho, em suas diferentes dimensões, adaptando-o às características e aos limites do ser humano. Para vários autores como Daniellou e Naël (1995) e Falzon (2007), a ergonomia tem um duplo objetivo quando se trata da melhoria de condições de trabalho e do projeto de dispositivos

técnicos adaptados às características do ser humano. De um lado, um objetivo centrado nas organizações e no seu desempenho na forma de eficiência, produtividade, confiabilidade, etc. e do outro um objetivo centrado nas pessoas, na forma de conforto, saúde, segurança, facilidade de uso, etc.

Segundo Guérin et al. (2001), é preciso reconhecer que a palavra trabalho possui diferentes usos. Ela pode ser usada tanto para designar as condições de trabalho quanto para caracterizar o resultado do trabalho ou até mesmo a própria atividade de trabalho, como mostra a Figura 2.4.

Figura 2.4 - Modelo de Atividade

Fonte: GUÉRIN et al.(2001)

O trabalho pode ser definido sob duas óticas distintas: o trabalho prescrito e o efetivamente realizado. O trabalho prescrito, também conhecido como tarefa, pode ser definido como tudo o que é determinado pela empresa para que o trabalho aconteça, considerando desde condições materiais do trabalho até a influência do ambiente e dos dispositivos de produção. Dessa forma, supõe-se que ao executar uma tarefa sob condições pré-determinadas, o operador chegará a um resultado previsto e desejado, conforme modelo da Figura 2.5 (GUÉRIN et. al., 2001).

Figura 2.5 - Modelo de tarefa

Fonte: GUÉRIN et al.(2001)

Já o trabalho real, também chamado de atividade, contempla como os resultados são efetivamente obtidos e como os meios são realmente utilizados. Para Guérin et. al. (2001), “a atividade de trabalho é uma estratégia de adaptação à situação real de trabalho, objeto de prescrição”.

O que ocorre muitas vezes é que o trabalho prescrito não corresponde ao trabalho real, sendo este distanciamento fonte de constrangimentos e sobrecarga de trabalho. As diferenças entre a tarefa e a atividade, que surgem a partir das adaptações dos operadores podem aparecer devido a diferenças entre as condições pré-determinadas e as condições reais sob as quais o trabalho acontece. Outro ponto que pode levar a disparidades entre tarefa e atividade é a determinação de objetivos propostos difíceis de serem alcançados que modificam a própria atividade e a distanciam cada vez mais da tarefa prescrita e do resultado esperado (GUÉRIN et. al., 2001). A Figura 2.6 ilustra as diferenças entre a tarefa e a atividade.

Figura 2.6 - Diferenças entre a tarefa e a atividade

Fonte: adaptado de GUÉRIN et al.(2001)

Para os ergonomistas de língua francesa, a atividade de trabalho é o centro de seus modelos de referência, ou seja, é o elemento organizador e estruturante das ações em situações de trabalho (GUÉRIN et al., 2001; DANIELLOU; BÉGUIN, 2007). A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é uma abordagem metodológica proposta pela Ergonomia, que se estrutura em várias etapas e visa compreender e transformar o trabalho.

O que difere a AET dos métodos científicos tradicionais é que ergonomia se constitui a partir do projeto de construir conhecimentos sobre o ser humano em atividade (FALZON, 2007; ABRAHÃO et al., 2009). Daniellou (2004) defende a AET como uma ferramenta fundamental de orientação da intervenção Ergonômica, e propõe o seu uso em fases de construção e de resolução de problemas. Pode-se dizer que a AET é um método bastante aberto, ou seja, a escolha das ferramentas de coleta de dados é feita em função da natureza dos problemas colocados no momento da demanda (ABRAHÃO et al., 2009).

Segundo Guérin et al. (2001), a AET começou a ser utilizada nas empresas quando houve a necessidade de se verificar e administrar a “distância entre o prescrito e o que é realmente necessário para que o trabalho aconteça”. Dessa forma, por meio da análise das situações reais de trabalho busca-se a compreensão de como o homem efetivamente se comporta para desempenhar a atividade, além propiciar a identificação da natureza dos problemas da forma como são tratados pelos operadores (DANIELLOU; BÉGUIN, 2007).

De acordo com Daniellou (2004) é essencial diferenciar o conceito de análise da atividade e análise do trabalho. A análise do trabalho é uma abordagem mais global, na qual se insere a análise da atividade, e que se compõe da análise dos fatores econômicos, técnicos e sociais. Já a análise da atividade tem o intuito de verificar comportamentos, condutas e processos cognitivos realizados por um operador durante as observações (DANIELLOU, 1992).

2.1.3 ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO DE SISTEMAS DE TRABALHO

A ergonomia da atividade constituiu sua legitimidade a partir da análise do trabalho. Já em concepção, o trabalho que é objeto da intervenção do ergonomista não existe ainda e a atividade não pode ser “analisada” (DANIELLOU, 2007). Além disso, na concepção, um fator determinante para o sucesso dos projetos industriais é considerar não somente as situações normais de funcionamento, mas também o conjunto de situações possíveis e atípicas (DANIELLOU, 2002).

Dessa forma, para intervir em concepção, o ergonomista precisa se basear em métodos de abordagem de atividade futura (DANIELLOU, 2007). O desafio da abordagem as atividade futura não é prever em detalhe a atividade que se desenvolverá no futuro, mas sim prever em que medida as escolhas de concepção permitirão a implementação de modos operatórios compatíveis com os critérios escolhidos em termos de saúde, eficácia produtiva, desenvolvimento pessoal e trabalho coletivo (DANIELLOU, 2007).

O papel do ergonomista no processo de concepção que é permitir que em todas as fases do projeto as decisões sejam guiadas por uma reflexão sobre o trabalho futuro (DANIELLOU, 2002). Para tal, o ergonomista pode contribuir através da análise das situações de referência, através da identificação das situações características e simulações do trabalho futuro (DANIELLOU, 2002).

Muitas vezes o ergonomista não pode observar a atividade no objeto de concepção, mas ele pode procurar situações existentes cuja análise permitirá esclarecer os objetivos e condições da atividade futura (DANIELLOU; GARRIGOU, 1992). Tais situações são conhecidas como “situações de referência”. A vantagem de se observar situações de referência é poder analisar a variabilidade de situações de uso que não podem ser previstas unicamente a partir de desenhos ou especificações técnicas (DANIELLOU, 2002). Por outro lado, não significa que a situação de referência constitui um modelo que se pretende atingir (DANIELLOU, 2007).

A partir das observações das situações de referência, é possível identificar as formas de variabilidade capazes de aparecer no futuro sistema de trabalho. A formalização destas formas de variabilidade acontece através de situações de ação características futuras prováveis, que nada mais são do que classes de situações que os usuários provavelmente terão de gerir no futuro como regulagem, limpeza e manutenção (DANIELLOU, 2002, 2007).

O uso das situações de ação características prováveis no futuro produto é essencial em todas as etapas do processo de concepção, na medida em que permite

estabelecer uma ponte entre as atividades efetivamente analisadas e a abordagem da atividade futura (DANIELLOU, 2007).

Conforme as propostas de soluções técnicas começam a ser elaboradas, o ergonomista pode implementar simulações em protótipos ou maquetes para avaliar as possíveis formas de atividade futura (DANIELLOU, 2007). A simulação é uma ferramenta para o projetista que visa testar a eficiência ou validar soluções de projeto ao criar uma situação que respeite ao máximo possível as características futuras (DANIELLOU, 2002). Quando um protótipo ou maquete de tamanho real está disponível, as simulações podem ser organizadas como uma experimentação, onde os sujeitos efetivamente realizarão roteiros e durante a qual será possível analisar a atividade deles. Porém, quando o futuro sistema está representado apenas em plantas ou maquetes em escala reduzida, a abordagem da atividade futura assumirá a forma de “simulação languageira”, ou seja, de narrativa (DANIELLOU, 2007).

Quando a simulação tem as características de uma experimentação controlada, o protocolo é definido pelo ergonomista e a atividade dos participantes é analisada utilizando classicamente as verbalizações simultâneas ou a autoconfrontação. Em contrapartida, quando se trata de “simulação languageira”, os modos operatórios possíveis são reconstituídos através de uma narrativa do grupo (DANIELLOU, 2007).

As simulações permitem evidenciar, não só as dificuldades possíveis de serem encontradas durante o uso, como também o resultado do desempenho, custos resultantes e riscos de projeto (DANIELLOU, 2002, 2007). A partir da constatação de dificuldades durante uma simulação, mudanças poderão ser propostas no projeto do produto e consequentemente novas simulações serão realizadas.

É preciso enfatizar que as simulações não se resumem a perguntar aos usuários sua opinião sobre os protótipos ou maquetes que lhes são apresentadas. Métodos precisos devem ser empregados por um ergonomista competente, para permitir que essas simulações resultem em uma representação realista da atividade futura possível nas novas instalações (DANIELLOU, 2002).

2.1.4 ERGONOMIA DE PRODUTO

A ergonomia de produto¹ se difere da ergonomia dita geral em vários pontos. Um deles diz respeito ao contexto de aplicação. Enquanto a ergonomia dos sistemas industriais e das condições de trabalho se inscreve numa lógica de empresa, a ergonomia de produtos se inscreve numa lógica de mercado e concorrência (DEJEAN, NÄEL, 2007).

A participação dos ergonomistas no processo de desenvolvimento de produtos teve seu início na década de 80 (JACKSON, 2000). A aplicação da ergonomia no projeto de desenvolvimento busca ajustar os produtos com a diversidade de usuários potenciais. Neste caso, o foco da atividade do ergonomista deve ser de participar das definições básicas e das negociações de requisitos e limitações técnicas desde as primeiras fases do projeto (JACKSON; DISCHINGER; DUARTE, 2007). DEJEAN e NÄEL (2007) estabeleceram alguns critérios ergonômicos que ajudam a nortear as negociações de requisitos durante a fase de desenvolvimento de um produto:

- Segurança – este critério tem prioridade sobre os outros e diz respeito não apenas ao usuário, mas também aos atores passivos e ativos da utilização do produto. Está relacionado com a prevenção de acidentes e doenças que podem aparecer durante a sua utilização.
- Eficácia – este critério diz respeito à adaptação da função do produto aos objetivos que o usuário deseja alcançar.
- Utilidade – os objetos e artefatos devem ser projetados para realizar um objetivo, do contrário não serão utilizados.
- Tolerância aos erros – tanto a fase de apropriação quanto a fase de reapropriação, após um longo período sem utilização, são fontes de erros de manipulação.
- Primeiro contato – a facilidade no primeiro uso é crítica para nortear se o produto será descartado ou suas funções serão subutilizadas.

¹ O termo “produto” citado no texto se refere a produtos de consumo, ou seja, produtos de limpeza, produtos alimentares, aeronaves, etc. (DEJEAN, NÄEL, 2007).

- Conforto – este critério é difícil de definir em termos absolutos e se mede mais em referência ao desconforto. O conforto aparente e conforto real são um problema complicado na concepção de produtos. O primeiro contato com o produto pode dar a impressão enganosa de conforto e prazer, quando na realidade podem-se temer efeitos nefastos à saúde num prazo mais ou menos longo.
- Prazer – o prazer como critério de aceitação de produtos foi introduzido por Jordan (1999) e abrange várias dimensões: fisiológicas, sociológica, psicológica, ideológica.

Nem sempre na prática é possível satisfazer todos esses critérios. Por este motivo, a presença da ergonomia no processo de desenvolvimento de produto é importante para conduzir soluções que tragam benefícios gerais como: segurança, fácil manuseio e execução da tarefa, prevenção de doenças ocupacionais e agregação de valores ao produto, sem penalizar ninguém no presente e no futuro (SILVA; NETO; FILHO, 1998, DEJEAN; NÄEL, 2007). Além disso, o sucesso de um produto está intimamente ligado à satisfação do cliente, ou seja, saciar suas necessidades implícitas e explícitas.

A ergonomia do produto adota plenamente o postulado da ergonomia geral e visa levar em consideração e conceber para o maior número possível de pessoas (DEJEAN; NÄEL, 2007). Segundo alguns autores (GUÉRIN et al., 2001), o estudo da ergonomia deve levar em consideração não só os conhecimentos gerais sobre propriedades humanas, mas também como ele age em uma situação particular. Segundo Falzon (2005), a aplicação da análise da atividade tem gerado resultados significativos para o processo de desenvolvimento de produto nos últimos anos. Isso ocorre uma vez que uma situação deve ser tratada de forma dinâmica, evolutiva e aberta, cujos elementos não podem ser considerados independentemente de suas relações. Dessa forma, a utilização de dados antropométricos de um “homem médio” no projeto de um dispositivo é um erro que pode ter consequências não desejadas. A adaptação das dimensões de um equipamento deve considerar o maior espectro possível de dimensões relativas a diferentes percentis: mínimo, médio e grande.

As medidas do ambiente físico do trabalho, como som, iluminação, temperatura, vibrações e cores, permitem compreender os fenômenos envolvidos durante uma situação particular, e também compará-las a valores de referência usados para a elaboração de soluções para o conforto ambiental. Esses fatores devem ser também analisados, uma vez que podem gerar incômodos ou desconforto, causar sofrimentos ou doenças ou, ao contrário, dar a sensação de conforto e facilitar a realização do trabalho, constituindo-se num dos meios de sua eficácia.

2.1.5 ERGONOMIA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

A participação dos ergonomistas em projetos organizacionais teve seu início na década de 80, quando começaram a ser chamados para participar dos projetos de introdução de novas tecnologias, tendo como base a descrição do trabalho e a busca de um prognóstico do trabalho futuro (JACKSON, 2000). Processos de reestruturação produtiva, principalmente de questões relacionadas à caracterização da atividade e à inadequação dos postos de trabalho, em situações de mudanças ou de introdução de novas tecnologias, foram fatores importantes para a solicitação da atuação da ergonomia. Tais inovações alteram as formas de cooperação influenciando diretamente na atividade humana, na matéria prima que se aplica o trabalho e nos meios e instrumentos utilizados (ABRAHÃO, 2000).

A partir desse instante, surgiu a perspectiva de complementaridade entre ergonomia e engenharia, uma vez que desde as primeiras proposições metodológicas e intervenções nos projetos surgiu a necessidade de influenciar na “gestão do projeto”, sua estrutura e atores. (DANIELLOU, 1986; PINSKY², 1992 apud JACKSON, 2000; DUARTE, 2002). Além disso, o progressivo reconhecimento da importância da reflexão sobre o trabalho tem fomentado a demanda da intervenção dos ergonomistas nas questões organizacionais, devido principalmente ao preenchimento da lacuna entre concepção e execução criada pela tradição taylorista (JACKSON, 2000; DUARTE, 2001). Dessa forma, o papel do ergonomista nos projetos modificou substancialmente, passando de especialista das condições de trabalho para ator do processo de projeto (JACKSON, 2000).

² PINSKY L. *Concevoir pour l'action et la communication*. Berne: Peter Lang, 1992.

A literatura mostra que o processo de desenvolvimento do produto muitas vezes é descrito por um modelo baseado em um processo sequencial dividido em várias fases distintas (BROBERG, 1997). No entanto, tais modelos são normativos e não refletem a natureza iterativa desse processo (BROBERG, 1997). Uma abordagem alternativa considera os projetos como processos sociais, onde diversos atores, com diferentes perspectivas, interesses e conhecimentos, se confrontam na busca de um resultado (BUCCIARELLI, 1996; WULFF et al., 1999, JACKSON, 2000).

Neste processo de negociação de compromissos em busca de um resultado em comum também ocorre a confrontação de lógicas dos diversos atores. Segundo Bucciarelli (1996), o projeto como um processo social implica reconhecer que os diversos atores não compartilham da mesma linguagem, nem dos mesmos métodos de trabalho. Se por um lado os engenheiros e projetistas se preocupam com a estrutura e montagem os componentes e também em impactos no custo, nos materiais utilizados e durabilidade, do outro lado os ergonomistas estão atentos às funções do produto, como ele será utilizado e se algum problema pode acontecer quando o produto estiver em uso (HASLEGRAVE; HOLMES, 1994).

De acordo com Jackson (2000), a intervenção do ergonomista depende da sua capacidade de instaurar processos cooperativos e de se tornar “ator do projeto”. Uma forma de confrontar os diferentes atores do projeto é durante as simulações em maquete ou nas reuniões de projeto onde o ergonomista apresenta os resultados das análises da atividade (DANIELLOU; JACKSON³, 1997 apud JACKSON 2000). Prever as atividades futuras desejáveis e simular algumas delas são as duas ações que o ergonomista pode fazer para melhorar a segurança das situações futuras (SAGOT, 2003). Dentro dessa perspectiva, a intervenção dos ergonomistas no projeto necessita de uma construção social que assegure a participação dos operadores nas simulações da atividade futura (JACKSON, 2000).

Por outro lado, diversos estudos mostram que a integração de aspectos de ergonomia no processo de desenvolvimento de produto não é um fenômeno generalizado (BROBERG, 1997). Visto que o desenvolvimento de produtos é

³ DANIELLOU, F.; JACKSON, M. L'ergonome intervient dans et sur des situations de gestion. **Performances Humaines & Techniques**, septembre, HS, 16-20, 1997.

baseado na resolução de um problema que procura atender uma determinada necessidade humana, é essencial que a preocupação com o usuário final seja considerada desde a concepção do produto até a entrega do mesmo para o mercado. Neste contexto, a incorporação da ergonomia no projeto vem gradualmente assumindo um papel fundamental na consolidação do produto no mercado (SILVA; NETO; FILHO, 1998).

A aplicação da ergonomia no projeto de produtos busca ajustar os produtos à diversidade de usuários potenciais. Tal aplicação se torna mais abrangente se considerarmos, além dos usuários diretos dos produtos, os indiretos e a diversidade de situações de sua utilização. Neste caso, o foco da atividade do ergonomista deve ser de participar das definições básicas e das negociações de requisitos e limitações técnicas desde as primeiras fases do projeto. Dessa forma, é possível aumentar a chance de o produto final ser mais adequado ao usuário (JACKSON; DISCHINGER; DUARTE, 2007).

2.1.6. ERGONOMIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A ergonomia do ambiente construído ou ambiental corresponde a uma vertente que estuda a relação do homem com o ambiente, a partir dos aspectos sociais, psicológicos, culturais e organizacionais (VASCONCELOS; VILLAROUÇO; SOARES, 2009). De acordo com Fonseca e Mont'alvão (2006), é a vertente da ergonomia que se dedica ao estudo do ambiente físico destinado ao desenvolvimento das atividades, visto que ele pode contribuir positiva ou negativamente na realização das tarefas e atividades desenvolvidas pelos usuários deste ambiente.

Uma vez que as pessoas passam a maior parte do tempo em seus locais de trabalho é importante compreender até que ponto os aspectos do ambiente contribuem positivamente na realização das atividades e na promoção do bem estar do indivíduo em seu trabalho (FONSECA; MONT'ALVÃO, 2006). Neste sentido, Bins-Ely (2003) pondera que toda atividade humana exige um determinado ambiente físico para sua realização. Segundo essa autora, a influência do ambiente construído

na ação está relacionada tanto às exigências da tarefa a ser realizada no ambiente, como às características e necessidades do usuário. Portanto, se forem consideradas tanto a diversidade de atividades quanto a diversidade humana é possível entender que as características do ambiente podem dificultar ou facilitar a realização das atividades.

Um impacto positivo na realização das atividades ocorre quando um ambiente físico responde às necessidades dos usuários tanto em termos funcionais (físico/cognitivos) quanto formais (psicológicos) (FONSECA; MONT'ALVÃO, 2006; VILLAROUCO, ANDRETO, 2008). Para tal, o ambiente deve ser adaptado às tarefas nele desenvolvidas por meio de elementos da antropometria, da psicologia ambiental, da ergonomia cognitiva e da análise ergonômica do trabalho (VILLAROUCO, 2002). Alguns conceitos de iluminação, conforto térmico, acústico e cromático também compõe o leque de preocupações contempladas na concepção de ambientes construídos (FONSECA; MONT'ALVÃO, 2006).

Analisar ambientes durante o uso tem se mostrado uma forma muito eficiente de investigar como as pessoas se relacionam com ele. Compreender como são construídos os referenciais em relação ao espaço pode tornar explícito o conhecimento sobre o papel dos elementos ambientais no espaço vivencial (FONSECA; MONT'ALVÃO, 2006). Segundo Vasconcelos, Villarouco e Soares (2009), no processo de avaliação de ambientes três grupos de elementos são de fundamental importância:

- Aspectos técnicos e materiais – concepção espacial, layout, conceitos dimensionais, mobiliário, materiais de revestimento e conforto ambiental;
- Aspectos organizacionais – recursos humanos, normas e procedimentos que disciplinem a organização do trabalho;
- Aspectos psicológicos – percepção do usuário, fronteiras dos espaços, comunicação humana e estética.

2.2 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA ETNOGRÁFICA E DO *DESIGN THINKING*

Neste item são apresentadas as contribuições da pesquisa etnográfica e no *Design Thinking* no processo de desenvolvimento de um produto.

2.2.1 PESQUISA ETNOGRÁFICA

A etnografia é uma metodologia de pesquisa desenvolvida por antropólogos no início do século passado e pode ser definida como um processo sistemático de observar, detalhar, descrever, documentar e analisar o estilo de vida ou padrões específicos de uma cultura a fim de aprender com o seu modo de viver em seu ambiente natural (GUALDA; HOGA, 1997, LEININGER, 1985). Dessa forma, a pesquisa etnográfica se consolida por meio do trabalho de campo, onde se acredita que o pesquisador só poderá compreender a perspectiva do grupo estudado por meio de um processo de imersão no cotidiano desta cultura (MALINOWSKI, 1978; GUALDA; HOGA, 1997).

A observação participante e a entrevista são consideradas as principais técnicas da pesquisa etnográfica, mas outros elementos podem ser utilizados para enriquecer o procedimento de coleta de dados. O uso de imagens e filmagens feitas em campo, por exemplo, pode fornecer informações sobre pessoas e eventos que não mais fazem parte do contexto, além de ajudar a reavivar a memória dos informantes (GUALDA; HOGA, 1997).

Introduzida pelos antropólogos e sociólogos, a observação participante é comumente utilizada quando se pretende compreender o mundo social a partir do ponto de vista do sujeito (HOLLOWAY; WHEELER⁴, 1996 apud LIMA et al., 1999). Os pesquisadores são levados a compartilhar os papéis e os hábitos dos grupos observados para estarem em condição de observar fatos, situações e comportamentos que poderiam permanecer obscurecidos em outras abordagens (MARTINS, 1996).

⁴ HOLLOWAY, I.; WHEELER, S. **Qualitative research for nurses**. Great Britain: Blackwell Science, 1996.

A observação participante difere de outras técnicas qualitativas de coleta de dados por ser menos formal e mais flexível (HAGUETTE, 1992). Por outro lado, exige que o observador tenha acuidade suficiente para identificar o que é relevante no momento da observação como posturas, gestos e expressões faciais (HAGUETTE, 1992).

Como qualquer técnica de pesquisa, a observação participante tem algumas fraquezas e limitações. A principal preocupação de quem utiliza essa técnica é fazer parte de um grupo e não ser apenas mais um membro qualquer. Para tanto, o pesquisador deve compartilhar a mesma situação que as pessoas que estão sendo estudadas. Além disso, o observador participante deve ter objetividade para observar e experimentar o mundo como se fosse um participante, e ao mesmo tempo manter os olhos de um pesquisador para análise, compreensão e explicação (SOCIOLOGY, 2011).

A observação participante normalmente é caracterizada por estudos de pequena escala realizados por um longo período, pois o princípio que a norteia é o da qualidade dos dados, ou seja, a precisão que se retrata o contexto como um todo (GUALDA; HOGA, 1997; ATKINSON; HAMMERSLEY, 2000). Por esse motivo, é pouco provável que o grupo observado represente qualquer outro grupo social, comprometendo a generalização das conclusões da pesquisa. Além disso, outros motivos dificultam a repetição de um mesmo estudo como o fato de um grupo se dissolver após um trabalho de investigação concluído ou, talvez, a composição do grupo que está sendo estudado mudar ao longo do tempo. Por estas razões, a observação participante raramente tem como objetivo fazer generalizações sobre o comportamento das pessoas com base no estudo de um grupo relativamente pequeno (SOCIOLOGY, 2011).

Uma maneira de aumentar a confiabilidade dos dados de uma pesquisa baseada em observação participante é fazer a observação em equipe. O envolvimento do pesquisador com outros pesquisadores nas diversas etapas da investigação enriquece a análise ao permitir a confrontação de diferentes perspectivas e dados obtidos pelos diversos observadores (GUALDA; HOGA, 1997; LAKATOS; MARCONI, 2002). Além disso, os dados podem ser considerados amplamente

confiáveis se os mesmos resultados, ou muito semelhantes, forem adquiridos por diferentes pesquisadores fazendo o mesmo trabalho com o mesmo grupo de pessoas (SOCIOLOGY, 2011). Por outro lado, as principais desvantagens são o investimento no treinamento da equipe e a disponibilidade dos vários observadores (LAKATOS; MARCONI, 2002).

2.2.2 DESIGN THINKING

O uso do design para o desenvolvimento de soluções tem sido estudado há mais de trinta anos por diversas escolas de pensamento, como arquitetura, ciências, artes e nos últimos anos tem sido também aplicado nos negócios (BONINI; ENDO, 2011). A origem dessa nova aplicação do design está associada à consultoria norte-americana IDEO e é denominada *Design Thinking*. (BONINI; ENDO, 2011).

O *Design Thinking* é uma abordagem para solucionar problemas com foco na empatia, na colaboração e na experimentação, que se refere à maneira pouco convencional, no meio empresarial, do designer de pensar (VIANNA et al., 2011). É uma abordagem à inovação “centrada no usuário”, que equilibra as perspectivas dos usuários, da tecnologia e dos negócios e é por natureza integradora (BROWN, 2010).

A inovação guiada pelo design veio complementar a visão do mercado de que para inovar é preciso focar no desenvolvimento ou integração de novas tecnologias ou atendimento a novos mercados (VIANNA et al., 2011). Ela não se limita mais ao lançamento de novos produtos físicos, mas inclui novos tipos de processos, serviços, formas de entretenimento e meios de comunicação e colaboração (BROWN, 2010).

O *Design Thinking* pode ser descrito em um processo em três etapas, como mostra a Figura 2.7: imersão, ideação e prototipação. Este processo deixa de ser um funil e passa a ser um espiral, na qual essas fases evoluem até que o todo se torne viável (BONINI; ENDO, 2011).

Figura 2.7 - Esquema representativo das etapas do processo de *Design Thinking*

Fonte: Vianna et al., (2011)

Geralmente, a primeira etapa do processo tem por objetivo a aproximação do contexto do projeto. A primeira etapa é denominada Imersão e visa o entendimento do problema que motiva a busca por soluções, por meio da identificação das necessidades dos atores envolvidos no projeto e prováveis oportunidades que emergem do entendimento de suas experiências frente ao tema trabalhado (BROWN, 2010; VIANNA et al., 2011). Essa etapa é seguida de uma fase de Análise e Síntese, que tem como objetivo organizar esses dados de modo a apontar padrões que auxiliem a compreensão do todo e identificação de oportunidades e desafios (VIANNA et al., 2011).

A segunda etapa busca gerar ideias inovadoras através de atividades colaborativas que estimulem a criatividade, ou seja, é um processo de gerar, desenvolver e testar ideias (BROWN, 2010; VIANNA et al., 2011). As ideias criadas são selecionadas em função dos objetivos do negócio, da viabilidade tecnológica e das necessidades humanas atendidas (VIANNA et al., 2011).

Por último a terceira etapa, a prototipação, auxilia na experimentação das ideias propiciando aprendizado contínuo e a eventual validação da solução (BROWN, 2010; VIANNA et al., 2011). Esses protótipos podem ser desenvolvidos de diferentes

formas, seja como modelos pouco sofisticados, como caixas de remédio com fita crepe ou formas mais elaboradas (BONINI; ENDO, 2011). Além disso, o principal resultado desse processo não é a minimização de riscos e o levantamento do potencial de lucratividade do protótipo em si, como nos modelos tradicionais, mas o aprendizado sobre os pontos fortes e fracos da ideia, além da Identificação de novos rumos para esse protótipo (BONINI; ENDO, 2011).

Todo o processo do *Design Thinking* está baseado na ideia de criar oportunidades e soluções (pensamento divergente) para somente depois começar a trabalhar na escolha das melhores soluções (pensamento convergente), conforme mostra a Figura 2.8 (BROWN, 2009; BONINI; ENDO, 2011).

Figura 2.8 - Divergir para convergir

Fonte: adaptado de Brown (2009)

2.3 CONTRIBUIÇÕES DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Este item discute a gestão de processo de desenvolvimento de produto e a sua aplicação no ambiente aeronáutico assim como a evolução dos projetos de poltronas e cabines de aeronaves ao longo dos últimos anos, além de trazer questões importantes que devem ser consideradas durante o projeto desses elementos.

2.3.1 GESTÃO DE PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

De acordo com Rozenfeld et al. (2006), desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais pretende-se chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo. Para tal, parte-se das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, sempre considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa (ROZENFELD et al., 2006).

O termo “desenvolvimento de produto” é amplo e corresponde a todo o ciclo de vida do produto, desde aspectos de planejamento, sequência do processo, pesquisa de mercado, detalhamento, processo de fabricação, plano de distribuição e manutenção até o descarte e desativação do mesmo. Segundo Freixo e Toledo (2003), as atividades e tarefas que compõe um processo de desenvolvimento de produto podem ser definidas, estruturadas e organizadas de muitas formas, não existindo uma única maneira de desenvolver um produto. Deste modo, a empresa pode definir seu próprio processo de acordo com características como cultura organizacional, segmento econômico e estratégias de desenvolvimento (FREIXO; TOLEDO, 2003).

Existem muitas pesquisas no sentido de aprimorar modelos de desenvolvimento de produto, muitas vezes com ênfase em algum dos aspectos específicos, sejam eles mais gerenciais ou operacionais (FREIXO; TOLEDO, 2003). Estes modelos de desenvolvimento servem como ponto de partida de novas formas de desenvolver um produto e são conhecidos por modelos de referência (FREIXO; TOLEDO, 2003).

Segundo Rozenfeld et al. (2006), a formalização do modelo de gestão e estruturação do desenvolvimento de produto possibilita que todos os envolvidos tenham uma visão comum desse processo. Essa visão comum é muito importante uma vez que o processo desenvolvimento do produto é uma atividade multidisciplinar que reúne profissionais de diferentes áreas da empresa, tais como: Marketing, Pesquisa & Desenvolvimento, Engenharia de Produto, Suprimentos, Manufatura e Distribuição, cada uma vendo o produto por uma perspectiva diferente, mas de forma complementar (ROZENFELD et al., 2006).

2.3.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NO AMBIENTE AERONÁUTICO

Durante as últimas décadas, a prática de empresas de vários setores industriais tem mostrado a importância e o impacto de seus processos de desenvolvimento de produto na sua competitividade. Na verdade, parece que as empresas que empregam processos de desenvolvimento de produtos superiores são sempre capazes de levar novos produtos ao mercado mais rápido, com melhor qualidade e menores custos. A consequência é que eles são capazes de aproveitar as oportunidades de mercado de forma mais eficiente que seus concorrentes (ARAUJO; CRUZ 2000).

As empresas aeronáuticas estão inseridas neste contexto, realizando esforços com o objetivo de melhorar a sua forma de desenvolver de novos produtos e fugir da concorrência. Um exemplo dessa tendência é a Embraer S.A., que a cada novo programa tem extensivamente testado e implementado novas filosofias, ferramentas, metodologias e formatos organizacionais (ARAUJO; CRUZ 2000).

Durante o programa EMBRAER170/190 foi estabelecido o Desenvolvimento Integrado de Produto (DIP), prática de execução de desenvolvimento de produtos que integra processos, planejamento integrado, organização e o uso de ferramentas adequadas (GIACOMETTI, 2007). Nessa abordagem, todas as decisões tomadas pelos envolvidos no projeto devem ser fundamentadas nos requisitos que se desejam alcançar para o produto que está sendo desenvolvido, tais como custo, qualidade, cumprimento de prazos, logística e meio ambiente (ARAUJO; CRUZ 2000).

Um programa é a visão Embraer S.A. do conjunto de fases do ciclo de vida do produto sobre domínio, responsabilidade e interesse da Empresa. O Programa é representado em cinco fases e pode ser visto na Figura 2.9 (GIACOMETTI, 2007).

Figura 2.9 - Fases de acompanhamento de Programas Embraer S.A.

Fonte: GIACOMETTI (2007)

A seguir, cada uma das fases são brevemente descritas (GIACOMETTI, 2007):

- Definições Iniciais - nesta etapa, as oportunidades de novos negócios são identificadas e desdobradas em requisitos.
- Definição Conjunta - nessa fase os parceiros e fornecedores trabalham em conjunto com a Embraer S.A. buscando refinar e validar a configuração inicialmente escolhida, com a definição de leiautes básicos de projeto, montagem e interfaces.
- Projeto detalhado e certificação - esta fase compreende o detalhamento completo de forma documentada de todos os objetos do projeto, necessários para permitir que o produto seja identificado, fabricado, inspecionado e aprovado.
- Seriação - corresponde à fase do programa na quais as aeronaves são produzidas, vendidas e entregues aos clientes, ocorrendo ainda a evolução contínua do produto e garantia do suporte necessário ao cliente.
- Descontinuação (*Phase-out*) - a produção da aeronave é descontinuada, porém permanece o compromisso do fabricante de manter a frota operacional até 20 anos após a fabricação da última aeronave ou conforme definido nas cláusulas contratuais.

Segundo Keila (2007), pelo fato do projeto de aeronaves ser linear, há dificuldade de envolver o usuário final no desenvolvimento do produto. O que ocorre muitas vezes é que a área de inteligência de mercado transmite à engenharia as necessidades do comprador/da companhia aérea e não do usuário final deste produto.

2.3.3 EVOLUÇÃO DAS CABINES DE PASSAGEIRO

A experiência de voo na primeira metade do século passado era glamourosa, apesar dos aviões serem barulhentos, não pressurizados, com baixa autonomia de voo e não oferecerem os recursos de conforto disponíveis em grandes transatlânticos e trens de luxo da época. O simples fato de voar era uma oportunidade para poucos (BERNARDO, 2009). Desde o início do transporte aéreo de passageiros em 1919 até então, as aeronaves passaram por diversas transformações como pressurização, melhoria do ruído interno e conforto térmico, introdução de equipamentos de entretenimento, proibição do fumo e liberação do uso de celular em voo. Aparentemente, a maioria das mudanças teve o intuito de melhorar a experiência de voo de seus passageiros, proporcionando um ambiente mais próximo possível ao que eles teriam em suas casas ou escritórios.

No entanto, com o passar do tempo, fatores econômicos forçaram as empresas a racionalizar o espaço interno de seus aviões e criar classes de voo de acordo com o poder aquisitivo de cada passageiro. Essa ruptura no conceito de voar levou a necessidade de aumentar o número de fileiras nos aviões, ocasionando numa diminuição do espaço do passageiro. Foi o fim da era da 1ª classe, que foi reduzida para tamanhos mínimos que pudessem ainda traduzir uma atmosfera diferenciada e exclusiva e o início da classe executiva e econômica, com distâncias mínimas entre as poltronas, quase nenhuma reclinção nos encostos e um serviço de bordo bem racionalizado (BERNARDO, 2009).

A falta de um requisito claro que estabeleça as dimensões mínimas entre uma poltrona e outra faz com que as companhias aéreas muitas vezes pratiquem distância entre as poltronas mínimas. A distância entre poltronas ou *seat pitch* é o espaço linear entre um ponto de uma poltrona até o mesmo ponto na poltrona da

frente, sendo comumente dado em polegadas (in). A Figura 2.10 mostra como medir o *seat pitch*. Vale ressaltar que a escolha do *seat pitch* adotado em uma aeronave é opção da companhia aérea. O fabricante do avião é responsável apenas por oferecer uma poltrona certificada para operar dentro de uma faixa de *seat pitches* (Exemplo: pitch variando de 29”(73,66 cm) a 33” (83,82 cm)).

Fonte: adaptado de VINK; BRAUER (2011)

O SeatGuru⁵ é um *website* que traz informações detalhadas das aeronaves das principais companhias aéreas do Brasil e do mundo que operam nos Estados Unidos. Analisando as cartas de comparação disponíveis nesse *website*, é possível perceber que quase metade dos modelos de aeronaves listados que fazem voos de até 3 horas (os chamados voos de curta duração) utiliza um *seat pitch* de 31” (78,74 cm), sendo o menor *pitch* encontrado de 28”(71,12cm) e o maior de 38”(96,52cm). Bernardo (2009) em seu texto diz que os membros da Star Alliance, uma parceria entre várias companhias aéreas, adotam um *pitch* mínimo de 32”(81,28 cm).

⁵ <http://www.seatguru.com/>

Algumas pessoas relacionam o espaço para as pernas diretamente com o *seat pitch*, porém é preciso ter cuidado para não tirar conclusões precipitadas. A próxima fileira de poltronas pode estar posicionada a um pitch de 34" (863,60cm), mas se essa poltrona possuir um encosto espesso e um porta revistas cheio de papéis, por exemplo, o espaço para o joelho ficará prejudicado (ver Figura 2.10) (VINK; BRAUER, 2011). Por isso, o conceito de espaço útil é mais utilizado quando se deseja comparar o espaço disponível para agir.

Em paralelo a redução do *seat pitch* nas cabines de passageiros, houve um grande avanço em tecnologia e ergonomia no projeto de poltronas de aeronaves. Um estudo piloto feito pela ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil (SILVA; MONTEIRO, 2009) verificou que o espaço entre as poltronas não estava obrigatoriamente relacionado com o *seat pitch*, mas sim com o design dos diversos tipos de poltronas instaladas nas aeronaves. A Figura 2.11 mostra um estudo similar desenvolvido pela Airbus.

Figura 2.11 - Avanço tecnológico permitiu o desenvolvimento de poltronas mais leves e menores

Desde 1978, a média de espaço entre poltronas da classe econômica diminuiu 3".

Novas e mais finas poltronas poderiam ter aumentado o espaço para as pernas...

...mas, muitas companhias aéreas optaram por usar o espaço para colocar mais poltronas...

...e a Airbus propôs o conceito de poltrona semi-sentada.

Fonte: adaptado de Airbus (2005)

É possível perceber que na década de 70 as poltronas de classe econômica eram muito mais robustas do que as de hoje em dia, que apresentam encosto fino, são mais leves e ocupam menos espaço. São as chamadas poltronas *high-density* ou de alta densidade, em português. Outros benefícios da nova geração de poltronas

aeronáuticas é a incorporação de recursos que somente eram previstos em assentos das classes superiores como apoio ajustável para a cabeça, descanso para os pés e almofada inflável na região lombar. Segundo Bernardo (2009) esses novos recursos funcionariam como alternativas para minimizar o desconforto e compensar a falta de espaço. Infelizmente não são todas as configurações de aeronaves que possuem esses recursos.

Outro conceito que está sendo bastante discutido no momento é o de poltronas em pé como mostra a Figura 2.11 e a Figura 2.12. Apesar de ainda não ter sido instalada em nenhuma aeronave, já existem companhias aéreas dispostas a adquirir o produto e fabricantes de poltronas interessados em fornecê-la. Na maior feira internacional de interiores de aeronaves de 2011, a Aircraft Interiors⁶, a empresa italiana fabricante de poltronas aeronáuticas Avio Interiors apresentou um protótipo de poltrona semi-sentada, ilustrado na Figura 2.12.

Figura 2.12 - Poltrona semi-sentada apresentada pela Avio Interiors

Fonte: http://www.ukipme.com/mag_aircraftinteriors.htm

Recentemente a Skyscanner, site global de pesquisa de viagens, realizou uma pesquisa com mil passageiros de diversos países para delinear como seria o avião dos sonhos. Observe na Figura 2.13 que entre os principais desejos dos viajantes aparecem dormitórios do tipo cápsula, seção para crianças com isolamento acústico, serviços de cinema e chuveiro e bar (PASSAGEIROS [...], 2012). Segundo o diretor

⁶ <http://www.aircraftinteriorsexpo.com/>

geral da Skyscanner no Brasil, Mateus Rocha, mesmo sendo recursos bastante atraentes não há conhecimento de planos de qualquer companhia aérea para incluí-los no mercado neste momento. De fato, é um grande desafio de projeto para as cias aéreas reunir tantos recursos a um custo acessível para o passageiro.

Figura 2.13 – Características mais votadas em uma pesquisa sobre o avião dos sonhos

Fonte: <http://www.skyscanner.com.br/noticias/artigos/2012/06/012881-10-principais-requisitos-para-o-aviao-dos-sonhos.html>

2.3.4 PROJETO DE POLTRONAS

O projeto da poltrona geralmente leva em consideração a população que irá utilizar esse produto. Procedimentos para o projeto de poltronas baseados em antropometria foram os primeiros critérios desenvolvidos para o projeto de poltronas (HOOTON, 1945; EKLUND, 2008). Com o passar dos anos, esses procedimentos foram se desenvolvendo para os diversos tipos de cadeiras, poltronas e bancos existentes, e o que antes era focado apenas em dimensões e medidas acabou incorporando também análises de acesso, de manutenção e robustez (EKLUND, 2008). Além disso, métodos específicos como ensaios subjetivos de avaliação de conforto tem sido desenvolvidos (SHACKEL et al., 1969; DRURY; CORY, 1982).

Por outro lado, poucos trabalhos são baseados nas atividades desenvolvidas pelos usuários das poltronas analisadas (SOUZA, 2010; EKLUND, 2008).

O projeto de poltronas começa com a determinação do usuário do produto. Através da identificação do usuário é possível definir os valores das medidas antropométricas e de forças que serão utilizadas no projeto da poltrona (EKLUND, 2008). Segundo Iida (1990) as principais dimensões para o projeto de uma poltrona estão ilustradas na Figura 2.14.

Figura 2.14 - Dimensões antropométricas essenciais para o projeto de uma poltrona

Fonte: Elaborado pela autora

Iida (1990) em seu livro estabelece princípios gerais sobre poltronas a serem verificados no projeto e seleção de poltronas:

- Existe uma poltrona mais adequada para cada tipo de função – isso quer dizer que não existe um tipo ideal de poltrona para todas as ocasiões, mas aquela mais adequada para cada tipo de tarefa.
- As dimensões da poltrona devem ser adequadas às dimensões antropométricas do usuário.

- O assento deve permitir variações de posturas – as frequentes variações de postura servem para aliviar as pressões sobre os discos vertebrais e as tensões dos músculos dorsais de sustentação, reduzindo-se a fadiga.
- O encosto deve ajudar no relaxamento – o perfil do encosto é importante para suportar a coluna vertebral.

Por outro lado, antropometria por si só não é suficiente para desenvolver uma poltrona confortável. Souza (2010) realizou um levantamento bibliográfico dos estudos que pesquisaram especificadamente o conforto em poltronas e verificou os diversos aspectos de projeto que podem influenciar na percepção de conforto, como mostra a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Aspectos relacionados ao conforto em poltronas

CONFORTO
Aspectos Cinesiológicos: Possibilidade de movimentação
Aspectos Dimensionais
Assento
Altura do assento em relação ao chão
Largura
Profundidade
Inclinação do assento
Encosto
Inclinação do Encosto
Apoio Lombar
Altura
Largura
Apoio para os braços
Apoio para os pés
Medida do Pitch
Materiais: espumas e revestimentos
Distribuição da pressão no assento e no encosto da poltrona
Borda do assento curvada anteriormente
Grau de facilidade/dificuldade em relação à atividade pretendida

Fonte: SOUZA (2010)

É claro que as questões dimensionais basicamente definidas pelas características antropométricas dos usuários são essências para o projeto, porém é necessário também considerar outras variáveis como a escolha da espuma e do material de acabamento (SOUZA, 2010).

Outro ponto importante a ser considerado no projeto de uma poltrona é a questão da movimentação. Alguns autores reforçam a importância de se considerar no projeto de uma poltrona que os usuários adotaram diferentes tipos de posturas ao longo de sua utilização (IIDA, 1990; HUET, 2003; SOUZA, 2010). Aumento do desconforto na postura sentada tem sido atribuído a uma postura mantida fixa (GRIECO, 1986). Segundo Schuls (2010), manter a mesma postura e os mesmos movimentos por períodos prolongados desequilibram o corpo ou o sujeita ao estresse.

No caso de poltronas de avião, o projeto é ainda mais complicado, uma vez que elas são desenvolvidas para passageiros do mundo todo (GOONETILLEKE; FEIZHOU, 2001) e deve seguir uma infinidade de requisitos como baixo peso, baixo custo, conforto, entre outros. Em uma apresentação feita no International IIR Fórum Aircraft Seating (2008), a empresa de fibras e tecidos Trevira CS resumiu as variáveis que um projeto de poltronas de aeronaves deve respeitar, como mostra a Figura 2.15.

Parâmetros como, por exemplo, baixo peso, baixo custo, ergonomia, conforto e design são tão importantes como certificação, manutenção, durabilidade e confiabilidade. Esta simples ilustração serve para mostrar que a questão do conforto é apenas um dos diversos parâmetros, tendo que ser associado a diversos outros no

projeto. É claro, que a indústria aeronáutica exige requisitos severos como a segurança, o peso, o custo que vão constituir fatores de decisão nas fases de projeto do produto.

2.3.5 ESPUMAS E MATERIAIS DE ACABAMENTO

Ao longo dos últimos anos, o *seat pitch* tem diminuído enquanto o desejo por maior espaço útil para o passageiro e maior área para acomodação de bagagens abaixo da poltrona tem aumentado. Com isso, os estofados da poltrona foram ficando cada vez mais finos e para não perder a qualidade em termos de elasticidade e durabilidade, a dureza e a densidade das espumas também aumentaram (METZELER, 2008).

As espumas de poliuretano podem ser produzidas com dureza e densidades específicas, ou seja, são variáveis independentes e por isso, facilitam o processo de desenvolvimento de uma poltrona aeronáutica (METZELER, 2008). A densidade está relacionada com o peso da espuma por volume. Já a dureza mede a resistência à penetração, ou ao risco (VILAR, 2004).

A dureza da espuma pode ser ajustada durante o processo de produção por meio do aumento ou diminuição das forças coesivas intermacromoleculares (VILAR, 2004, METZELER, 2008). A dureza de materiais sólidos é medida em escalas arbitrárias descritas nos métodos ASTM D 785 e ASTM D 2240. Segundo Vilar (2004), para a caracterização da dureza das espumas de poliuretano sólidas é normalmente utilizado o teste de dureza Shore. Neste teste, um durômetro mede a resistência, tomada como a medida da dureza, à penetração de um pino pressionado contra o elastômero pela ação de uma mola sob carga padronizada. Um ponteiro move-se através de uma escala para mostrar a resistência à penetração, e as escalas nos durômetros Shore variam de 0 a 100. As escalas normalmente utilizadas são a escala Shore A para os materiais macios e a Shore D para os duros.

Considerando a espessura limitada dos estofados das poltronas de classe econômica, a densidade das espumas do assento deve estar entre 55 e 65 Kg/m³, enquanto a dureza deve estar entre 300 e 400N. Para o encosto da poltrona, os valores para a densidade e para a dureza são correspondentemente mais baixos (METZELER, 2008).

Para que uma pessoa tenha uma boa postura na posição sentada, a espuma deve ser firme o suficiente para impedir que a pessoa afunde ao sentar e aumente a flexão da coluna lombar, forçando as articulações vertebrais. Por isso, até recentemente, costumava-se recomendar estofamentos duros, pois estes seriam mais adequados para suportar o peso do corpo. Os estofamentos muito macios não proporcionam um bom suporte e, além disso, a pressão se distribui para outras regiões das nádegas e das pernas, que não são adequadas para suportar as pressões, causando estrangulamento da circulação sanguínea dos capilares, o que provoca dores e fadiga (IIDA, 1990). Porém, uma vez que uma espuma com maior dureza é menos flexível, concentra-se mais pressão em torno das tuberosidades isquiáticas do que uma espuma mais macia (EBE; GRIFFIN, 2001).

Dessa forma, os estofados com menor rigidez tendem a ser avaliados como mais confortáveis do que os assentos com maior rigidez uma vez que existe uma relação linear significativa entre o peso total sobre a área dos ísquios e as pontuações conforto: o peso total em torno das tuberosidades isquiáticas foi negativamente correlacionado com o conforto do assento (EBE; GRIFFIN, 2001). As amostras de espuma com pressões mais elevadas em torno desta área foram avaliadas como tendo menos conforto do que as amostras com pressões mais baixas (EBE; GRIFFIN, 2001). Um exemplo disso pode ser visto na Figura 2.16, que mostra que estofamento macio, reduzindo a pressão máxima e aumentando a área de contato, sem prejudicar a postura (OBORNE, 1982).

Figura 2.16 - Distribuição de pressões sobre o assento com estofamento duro e macio

Fonte: Osborne (1982)

Muitos outros fatores, tais como posturas adotadas e materiais de acabamento também podem afetar o conforto estático. O material utilizado para revestir as espumas deve ter característica antiderrapante e ter capacidade de dissipar o calor e umidade gerados pelo corpo, não sendo recomendados, por conseguinte, plásticos lisos e impermeáveis (COURY, 1995, IIDA, 1990). Para dar estabilidade, o assento não pode ser escorregadio e deve ter ligeira inclinação para trás (COURY, 1995). Outros autores também reforçam a preocupação com a escolha de um material de revestimento que seja áspero para fornecer a sustentação ao ocupante e evitar o deslizamento da pelve (KEEGAN; 1953, HUET, 2003). No entanto, não é possível a manutenção da pelve contra o encosto durante a viagem toda, por conta da alta pressão nas tuberosidades isquiáticas. Sem falar, que também é preciso preservar a lordose lombar e favorecer a mobilidade dentro do espaço da poltrona (HUET, 2003). Por último, para dar conforto e liberdade, a espuma deve ser de fácil acesso, não ser muito dura ou macia (ceder 2 cm quando sentamos) e ser forrada com material que permita boa ventilação (COURY, 1995).

2.3.6 REGULAMENTAÇÃO

Não existe até o momento nenhum documento que regule o conforto em viagens aéreas (SILVA; MONTEIRO, 2009). No Brasil, o RBHA 121 (Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica) juntamente com o órgão de regulamentação americano FAA (Federal Aviation Administration) definem alguns parâmetros no projeto de uma poltrona aeronáutica através de um documento chamado TSO-C127 – Rotorcraft and transport airplane seating system. Este

documento descreve os requisitos mínimos que uma poltrona de avião deve possuir para que ela seja certificada para voo. Porém, esses requisitos são mais relacionados com aspectos de segurança e robustez do produto do que em conforto.

Em 1989 a agência que regula a aviação no Reino Unido, a Civil Aviation Authority (CAA), por meio da Airworthiness Notice 64 (AN64) tentou regulamentar a distância mínima entre as poltronas de aeronaves com 20 ou mais lugares. O denominado espaço mínimo para passageiro sentado ou *minimum space for seated passengers* foi definido como a distância da parte interna do encosto de uma poltrona e a face traseira do encosto da poltrona instalada à frente de qualquer poltrona (distância A medida de acordo com a Figura 2.17). Essa distância para esse espaço deve ser de 26" (66 cm) e foi determinada a partir da área da cabeça, do tronco e da coxa em relação à parte traseira do assento à frente, assim como a habilidade do indivíduo entrar e sair da poltrona em situação de emergência.

Figura 2.17 - Requisitos para distâncias entre poltronas descritos pela AN64

Dimensão	Descrição	Mínimo
A	Distância mínima entre a almofada do suporte lombar de uma poltrona e as costas da poltrona ou estrutura fixa a frente.	26 in (660 mm)
B	Distância mínima entre o assento e outro ou outra estrutura fixa a frente.	7 in (178 mm)
C	Distância mínima vertical entre duas linhas projetadas entre as fileiras dos assentos ou entre o assento e qualquer estrutura fixa a frente.	3 in (76 mm)

Fonte: QUIGLEY (2001)

Ao receber um grande número de reclamações de usuários alegando que os espaços entre assentos não eram compatíveis com o tamanho da população e que a falta de conforto de uma viagem aérea não era proporcional ao alto custo da passagem, a ANAC encomendou um estudo para verificar a possibilidade de criação

de uma regulamentação brasileira para distâncias entre poltronas. Intitulado por Projeto Conhecer, essa iniciativa visitou os 20 principais aeroportos do Brasil e registrou algumas medidas antropométricas de mais de 5 mil homens a fim de determinar o perfil do passageiro brasileiro e sua adequação nas aeronaves de voo doméstico. Além do foco no passageiro brasileiro, essa pesquisa também mediu a largura das poltronas e o espaço útil das aeronaves das três maiores companhias aéreas de país no item passageiro por km pago transportado.

O espaço útil pode ser definido como a distância média a partir da intercessão entre o assento e o encosto no ponto médio na parte posterior da poltrona à frente a uma altura de 63 cm do piso do avião, como mostra a Figura 2.18 (SILVA; MONTEIRO, 2009).

Figura 2.18 - Medição do espaço útil

Fonte: SILVA e MONTEIRO (2009)

Durante a medição das aeronaves das três maiores companhias aéreas do país, foi verificado que era comum ter mais de um *seat pitch* em uma mesma aeronave, o que acarretaria espaços úteis diferentes em locais distintos da aeronave. Como resultado do estudo chegou-se a algumas dimensões mínimas que a poltrona e seu entorno devem ter para que um brasileiro percentil 95% consiga sentar.

Uma das conclusões do estudo foi que nem todas as 22 poltronas avaliadas cumprem o espaço útil necessário para que um percentil 95% caiba na poltrona. Outro aspecto verificado foi que, em média, os encostos das poltronas possuem 45 cm de largura enquanto 56,12% dos indivíduos estudados possuem largura de ombros entre 45 e 50 cm e 12,97% acima de 50 cm. Isso significa que na maior

parte dos casos que dois homens sentam lado a lado no avião pode haver desconforto e falta de mobilidade. A Figura 2.19 resume as conclusões do Projeto Conhecer.

Figura 2.19 - Conclusões do Projeto Conhecer (ANAC)

Fonte: adaptado de GUIMARÃES (2009)

Embora o peso dos componentes do interior afete a eficiência de combustível e seja uma preocupação para as companhias aéreas e o conforto seja um critério para os passageiros, as normas e regulamentos para assentos da aeronave são determinados pela Administração Federal de Aviação (FAA). O documento intitulado por Federal Aviation Regulation (FAR) 25,853 define os requisitos para poltronas da aeronave (PFA, 1997).

Outro aspecto importante na certificação de poltronas é a regulamentação que rege o uso de espumas de poliuretano flexível. A questão da resistência à chama é a primeira consideração em especificações de poltronas da aeronave. Três técnicas básicas são usadas para atender aos padrões de inflamabilidade das espumas da poltrona (PFA, 1997):

1. Utilizar espuma de poliuretano flexível em combinação com um material que bloqueia o fogo, o chamado *fireblock*. Neste processo a espuma é envolta com uma capa especial de tecido que resiste a fogo. O tecido reforçado serve

como um escudo, fazendo com que a espuma mais difícil de inflamar-se ou queimar-se menos rapidamente.

2. Criar espuma do tipo *firehard* com a adição de aditivos especiais. Aditivos de combustão modificar tais como ésteres de fosfato clorados ou melamina são adicionados durante o processo de formação de espuma para produzir um produto mais resistente à ignição.
3. Utilizar espuma com impregnados de grafite (GIF). Esta tecnologia produz uma espuma que pode atender FAR 25.853 com o mínimo *fireblock*. Ao eliminar o *fireblock* espumas GIF passam a ter preços competitivos. Além disso, a tecnologia GIF também permite design e fabricação de estofados mais confortáveis e esteticamente agradáveis.

Outro obstáculo na produção de espumas aeronáuticas é a confecção dos assentos flutuantes. As espumas feitas em poliuretano são formadas por células abertas, que permitem a permeabilidade do ar e facilitam a dissipação do calor e da umidade. Porém, essa espuma absorve água, se imergida. Para garantir a flutuabilidade requerida pela TSO C72c, a flutuação média deve ter um volume equivalente de 6 a 8 litros, que corresponde a uma boa parte da espuma do assento. Dessa forma, é necessário utilizar uma espuma formada com células fechadas como o polietileno, que possui boa flutuabilidade e não fica saturada com líquidos causando o afundamento da mesma. A desvantagem das espumas de células fechadas é que sua rígida estrutura requer a aplicação de uma camada fina e superficial de espuma de poliuretano a fim de prover um pouco de conforto ao passageiro (METZELER, 2008).

Espumas de poliuretano convencionais proporcionam uma resposta rápida com relação ao retorno a forma ou contorno original após o carregamento. Já as espumas de viscoelástico ou espuma com memória possuem formulação alteradas para oferecer uma resposta mais devagar ao descarregamento. Essas espumas tem sido utilizadas em algumas regiões do assento da poltrona para reduzir o risco de trombose. A Figura 2.20 mostra como o acréscimo de espumas viscoelástico (em verde) no assento melhoram o apoio das coxas de passageiros pequenos e grandes.

Figura 2.20 - O uso de espumas de viscoelástico na borda frontal de assentos aeronáuticos

Fonte: Metzeler (2008)

2.4 POSTURA SENTADA

Para melhor compreender o que acontece com o corpo humano na postura sentada, inicialmente são apresentados os aspectos anatômicos da coluna vertebral, pelve e membros. Em seguida, o conceito de conforto na postura sentada é explorado.

2.4.1 ASPECTOS ANATÔMICOS DA POSTURA SENTADA

A coluna vertebral é uma estrutura que compreende 33 vértebras dispostas uma sobre a outra longitudinalmente, unidas por juntas cartilaginosas, formando um conjunto que se estende pela nuca, tórax, abdome e pelve. A coluna vertebral transfere força e movimentos de torção e flexão da cabeça e ombros até a pelve, além de proteger a medula espinhal (KROEMER et al., 1994, CHAFFIN et al., 2001). A Figura 2.21 ilustra os aspectos da coluna vertebral.

Figura 2.21 - Classificação das vértebras da coluna

Fonte: IIDA (1990)

Na vista lateral do corpo de uma pessoa em pé é possível notar as curvaturas normais da coluna vertebral (Figura 2.22). A primeira curvatura de baixo para cima é a chamada lordose lombar, que é caracterizada pela disposição das vértebras em forma de arco com a concavidade para trás. A seguir, está a cifose torácica formada pelas vértebras torácicas com concavidade voltada para frente. Já na parte superior da coluna vertebral está localizada a lordose cervical, cujas vértebras possuem concavidade para trás (COURY, 1995).

Segundo Couto (1995), a passagem da postura em pé para a postura sentada resulta em uma condição totalmente diferente com relação à distribuição de pesos e compressões na coluna vertebral. Ao sentar, algumas mudanças básicas ocorrem na disposição dos elementos do corpo humano, ocasionando na mudança do formato da coluna, como pode ser visto na Figura 2.23. Primeiramente a articulação do quadril é dobrada. Com isso, os ossos da bacia são rotacionados, fazendo com que as pontas dos ossos apontem para baixo. Dessa forma, a lordose lombar é “esticada”, sofrendo uma diminuição ou eliminação de sua curvatura dependendo da inclinação do tronco com relação às coxas. Nessa condição, portanto, parte do peso do corpo é descarregada através das duas pontas dos ossos da bacia ou tuberosidades isquiáticas (COURY, 1995).

Figura 2.22 - As quatro divisões da coluna: cervical, torácica, lombar e sacro

Fonte: CHAFFIN et al. (2001)

Figura 2.23 - Mudanças que ocorrem na coluna e nos ossos da bacia com a passagem da postura em pé para a sentada

Fonte: COURY (1995)

De acordo com Schoberth (1962) a coluna na postura sentada pode adotar três configurações com relação à localização do centro de gravidade do corpo e da proporção do peso corporal transmitida ao chão e pelos pés: anterior, média e posterior, dependendo da tarefa e da cadeira utilizada (Figura 2.24). Essa divisão é baseada no ponto em que está localizado o centro da massa corporal e afeta curvatura da coluna lombar e a proporção do peso do corpo transmitida para as diferentes superfícies de apoio (CHAFFIN et al., 2001).

Figura 2.24 - A pelve e a parte lombar da coluna de um indivíduo quando: (a) sentado; (b) relaxado na posição sentada, com sacro sem suporte na posição média; (c) sentado ereto, com suporte para o sacro; (d) sentado na posição de inclinação anterior; e (e) relaxado na posição sentada na postura de inclinação posterior.

Fonte: CHAFFIN et al. (2001)

Coury (1995) apresenta em seu livro outras três conseqüências possíveis da permanência na postura sentada para as costas. A primeira conseqüência é o aumento da pressão dentro do disco intervertebral. A passagem da postura em pé para a sentada aumenta em aproximadamente 35% a pressão do núcleo dentro do disco vertebral, uma vez que ocorre a diminuição da curva lombar. Com isso, a posição das vértebras muda, diminuindo o espaço entre elas na frente e aumentando o espaço de trás, além de deslocar o núcleo que estava no centro do disco para trás (Figura 2.25).

Figura 2.25 - Mudanças na coluna lombar na passagem para a postura sentada

Fonte: COURY (1995)

A segunda conseqüência é o estiramento das estruturas que ficam na parte de trás da coluna (ligamentos, pequenas articulações e nervos que saem da medula) devido ao achatamento do arco lombar. Uma vez que essas estruturas são muito sensíveis,

com o passar do tempo pode aparecer dor na região lombar, sobretudo quando o tronco é inclinado para frente (COURY, 1995).

A terceira consequência é decorrente das duas primeiras e está relacionada com o deslocamento do núcleo para trás. Quando isso acontece, o núcleo pressiona a parte de trás do disco, enfraquecendo a região e facilitando o aparecimento de pequenas rachaduras. Se condições diversas também estiverem presentes, como idade acima de 35 anos, predisposição individual, esforço manual excessivo ou repentino, aumentam as chances de ocorrer uma hérnia de disco (COURY, 1995).

Além das consequências da passagem da postura em pé para a postura sentada apontadas por Coury (1995), pode-se citar a transferência de peso do tronco para uma área relativamente pequena, que são as tuberosidades isquiáticas e tecidos moles que as circundam. Segundo Moraes e Pequini (2000), ao se sentar, o ser humano apoia cerca de 75% de todo o seu tronco sobre as tuberosidades isquiáticas, cuja área não passa de 26 cm² (Figura 2.26).

Figura 2.26 - Transferência do peso do tronco pelas tuberosidades isquiáticas na postura sentada

Fonte: Lueder et al.⁷ (1994 apud Huet, 2003)

Os constrangimentos músculos-esqueléticos consequentes das altas pressões do peso do corpo sobre as tuberosidades isquiáticas, coxas, pelve e tronco podem além de provocar dores e desconforto nos usuários trazer riscos para a saúde do passageiro quando o mesmo encontra-se sentado (HUET, 2003). No caso de

⁷ LUEDER, R.; DANIELSON, C.; GREENSTEIN, G. C.; HSIEH, J.; PHILLIPS, R.; DESIGN WORKS/USA Does it matter that people are shaped differently, yet backrests are built the same? In: LUEDER, R.; NORO, K. **Hard Facts About Soft Machines: Ergonomics and the Science of Seating** London: Taylor and Francis, 1994.

viagens de avião, o passageiro fica muitas vezes sem sair da poltrona e acaba buscando o alívio dessas pressões escorregando a pele para frente, perdendo o apoio lombar oferecido pelo encosto (HUET; MORAES, 2002).

Segundo Meschan⁸ (1975 apud PETERSON; ADKINS, 1982), as tuberosidades isquiáticas ficam a cerca de 10 cm do encosto da poltrona para as mulheres e um pouco mais distante para os homens, sendo que essa distancia não é muito influenciada pelo peso a altura da pessoa. Ao sentar-se ereta, sem inclinação pélvica, uma pessoa concentra seu peso nas pontas das tuberosidades isquiáticas e a coluna lombar está retificada ou com uma pequena cifose (CHAFFIN et al., 2001). Além disso, as tuberosidades isquiáticas ficam entre 5 e 13 cm a partir do encosto de uma poltrona, dependendo da massa glútea (Figura 2.27). Ao escorregar um pouco na poltrona, a sínfise da pessoa é inclinada para cima e as tuberosidades isquiáticas são deslocadas para frente na cadeira. Dessa forma, o peso do corpo fica apoiado na ponta posterior das tuberosidades isquiáticas. Quando isso ocorre, os pontos de pressão aparecem a quase 30 cm do encosto da poltrona (Figura 2.28) (PETERSON; ADKINS, 1982).

Figura 2.27 - Posição das tuberosidades isquiáticas na posição sentada em relação ao encosto da poltrona

Figura 2.28 - Aumento da distância das tuberosidades isquiáticas na posição "escorregada"

Fonte: PETERSON; ADKINS (1982)

Fonte: PETERSON; ADKINS (1982)

A postura sentada dita anterior ocorre partindo-se da postura média rodando-se para frente a pelve e mantendo-se a coluna ereta, ou flexionando-se a coluna causando

⁸ MESCHAN, I. **An atlas of anatomy basic to radiology**. Philadelphia, PA, WB Saunders Co, 1975.

uma leve cifose e rotação da pelve, ou mantendo a rotação da pelve, mas com uma grande cifose da coluna (CHAFFIN et al., 2001). Com a pelve inclinada para frente, a sínfise abaixará e o peso do corpo será suportado pelo ramo inferior do ísquio e púbis. Nessa configuração da pelve, o centro de massa está na frente das tuberosidades isquiáticas e as pernas suportam mais de 25% do peso do corpo e, dessa forma, os pontos de pressão serão mais perto do encosto da poltrona e mais próximos entre si do que o normal por causa da angulação do ramus das tuberosidades isquiáticas (Figura 2.29) (PETERSON; ADKINS, 1982, CHAFFIN et al., 2001).

A postura sentada posterior é normalmente obtida por uma rotação para trás da pelve e, simultaneamente, uma cifose da coluna. Nesta posição, a parte superior do corpo é sustentada pelo encosto da poltrona e menos de 25% do peso corporal é suportado pelas pernas e o centro de massa está atrás das tuberosidades isquiáticas (PETERSON; ADKINS, 1982, CHAFFIN et al., 2001). Quando a pelve é inclinada posteriormente, o peso do corpo é suportado pelo sacro e cóccix (Figura 2.30). A pressão tolerada sobre essas superfícies é menor do que a suportada pelas tuberosidades isquiáticas e deve ser evitada (PETERSON; ADKINS, 1982).

Figura 2.29 - Pelve rotacionada para frente na posição sentada com o peso do corpo no ramo inferior do ísquio e da púbis.

Tuberosidades Isquiáticas Ramus inferior

Fonte: PETERSON; ADKINS (1982)

Figura 2.30 - Pelve rotacionada significadamente para trás com o peso do corpo na superfície do sacro e do cóccix.

Fonte: PETERSON; ADKINS (1982)

2.4.2 RISCOS DA POSTURA SENTADA

Diversos estudos na literatura estabeleceram relações entre a postura sentada e dor nas costas, principalmente após longos períodos sentados em veículos (CORLETT, 1989; COURY, 1995; SCHOBERTH, 1962; HUET, 2003). Segundo Eklund (2008), a carga na coluna e o grau da cifose da lombar são os fatores de risco mais importantes para dor nas costas depois de vibração. Alguns estudos também citam um aumento na dor no pescoço e ombros (EKLUND, 2008).

A circulação sanguínea também sofre uma alteração importante: o retorno do sangue das veias até o coração se torna mais difícil, especialmente se a região frontal do assento está comprimindo a fossa poplíteia (EKLUND, 2008). Na posição sentada, a pressão na parte posterior das coxas funciona como um obstáculo importante, prejudicando este retorno (COUTO, 1995). A pressão sanguínea aumenta, podendo causar inchaço nas pernas e pés e até trombose. Esses efeitos também estão relacionados a inatividade dos músculos da panturrilha (EKLUND, 2008).

Ficar sentado por longos períodos durante as atividades diárias pode desenvolver estresse nos músculos das costas, nádegas e pernas. Um bom design de poltrona pode reduzir esse risco. Uma poltrona bem projetada deve ser capaz de acomodar todos os tamanhos e formas dos usuários, assim como deve fornecer apoio adequado (GROSS, 1992). Quando o corpo não é bem suportado, vários grupos musculares agem em conjunto para restaurar a estabilidade, contribuindo para a carga estática. Como resultado, obtém-se desconforto e fadiga (NG et al., 1995).

Outro aspecto verificado da postura sentada é que o desconforto e a dor prejudicam a produtividade e afetam a qualidade dos resultados. Para contrabalançar esses efeitos, repouso e atividades que eliminem o desconforto são recursos comumente utilizados (EKLUND, 2008).

2.4.3 REDUZINDO A SOBRECARGA NAS COSTAS

Cinco providências simples podem reduzir significativamente a sobrecarga tanto na coluna lombar quanto nos músculos das costas (COURY, 1995):

1. Usar o encosto da poltrona sempre que possível – com o uso do encosto, parte do peso do corpo é transferida para o apoio, diminuindo assim a sobrecarga nas costas. Os encostos que apóiam todo o tronco devem acompanhar as curvaturas normais da coluna, ou seja, devem ser mais côncavos na parte superior da coluna, mais convexos na região inferior e apresentar espaço na junção com o assento para acomodar as nádegas (Figura 2.31).

Figura 2.31 - Ilustração esquemática da sobrecarga nas costas em função da postura do tronco e do uso dos apoios

Fonte: COURY (1995)

2. Manter bom ângulo entre o tronco e a coxa – Este ângulo deve necessariamente ser maior do que 90°, ficando preferencialmente em torno dos 100° (Figura 2.31). Portanto, é falsa a idéia de que quanto mais “retinho” uma pessoa sentar mais “correta” será sua postura. Isso faz sentido apenas quando se trata de dobrar o corpo para frente, mas não é válido para os movimentos para trás.
3. Apoiar periodicamente os braços na mesa ou na própria poltrona. Isso ajuda a reduzir a sobrecarga nas costas em 15% se o tronco estiver ereto ou até 30% se o tronco estiver inclinado para frente. Sempre que possível, deve-se apoiar os dois braços e manter os ombros relaxados.

4. Facilitar os movimentos livres do corpo – a variação da posição do corpo e dos apoios adotados durante a permanência sentada ajuda a diminuir a fadiga e dor muscular, aumentar a nutrição dos discos intervertebrais e diminuir o desconforto e dormência nos pontos de apoio.
5. Evitar girar ou manter o tronco inclinado para os lados.

2.4.4 EFEITOS DA POSTURA SENTADA PARA O PESCOÇO

Quando uma pessoa realiza alguma atividade sentada ela precisa adaptar a postura corporal para dirigir sua atenção a essa atividade. Dessa forma, mudanças na posição do pescoço são necessárias. A Figura 2.32 ilustra a posição de pescoço de uma pessoa em pé e a Figura 2.32 mostra a posição mais comum do pescoço na posição sentada, ou seja, dobrado para frente em direção ao livro ou ao trabalho (COURY, 1995).

Figura 2.32 - Mudanças na posição do pescoço na postura sentada

Fonte: COURY (1995)

A postura sentada dita anterior ocorre partindo-se da postura média rodando-se para frente a pelve e mantendo-se a coluna ereta, ou flexionando-se a coluna causando uma leve cifose e rotação da pelve, ou mantendo a rotação da pelve, mas com uma grande cifose da coluna (CHAFFIN et al., 2001). Com a pelve inclinada para frente, a sínfise abaixará e o peso do corpo será suportado pelo ramo inferior do ísquio e púbis. Nessa configuração da pelve, o centro de massa está na frente das tuberosidades isquiáticas e as pernas suportam mais de 25% do peso do corpo e, dessa forma, os pontos de pressão serão mais perto do encosto da poltrona e mais próximos entre si do que o normal por causa da angulação do ramus das

tuberosidades isquiáticas (Figura 2.29) (PETERSON; ADKINS, 1982, CHAFFIN et al., 2001).

Quando o pescoço é levemente flexionado, os músculos extensores das costas do mesmo exercem uma pequena força para compensar o momento resultante. Se a pessoa sente um leve desconforto ou cansaço, ela faz uma pequena mudança postural para estender o pescoço e relaxar os músculos (EKLUND, 2008). Quando uma pessoa permanece com o pescoço e a cabeça imóveis por longos períodos, os músculos precisam trabalhar continuamente para manter essas partes do corpo estáveis, sem movimento. Esse processo é conhecido como trabalho muscular estático. O recomendável é que o pescoço dobre-se para frente de 20° a 30°, no máximo, e que fique em torno de 15°, se o trabalho for prolongado (COURY, 1995).

2.4.5 EFEITOS DA POSTURA SENTADA PARA AS PERNAS

Na posição sentada os movimentos das pernas diminuem muito. Ocorre também uma pressão continua das nádegas e coxas contra o assento da poltrona. Esses dois fatores somados reduzem a circulação local e o retorno do sangue para o coração; com o passar do tempo levam a uma diminuição da temperatura nas pernas, sensação de formigamento, dormência, dor inchaço, principalmente nos pés, tornozelos e pernas (COURY, 1995).

Se o assento estiver muito alto, toda a coxa estará fortemente apoiada sobre ele, inclusive a parte próxima aos joelhos, enquanto os pés ficarão total ou parcialmente pendentes (Figura 2.33). A compressão dessa parte da coxa diminui ainda mais a circulação sanguínea, pois os vasos e nervos passam bem superficialmente nessa região.

Por outro lado, se o assento estiver muito baixo, uma grande parte do peso do corpo estará apoiada sobre uma região muito restrita das nádegas, causando dor no local. Ocorrerá ainda uma diminuição no ângulo interno do joelho, reduzindo a circulação e promovendo dor também nessa região (COURY, 1995).

Figura 2.33 - Efeitos da altura do assento na circulação das pernas

Fonte: COURY (1995)

Mudanças de postura e continua movimentação são estratégias utilizadas para evitar cargas mecânicas e isquemia do tecido, que tem sido identificado como uma das principais razões do desconforto na postura sentada (TAN et al., 2008).

2.5 CONCEITO DE CONFORTO

Desde a década de 1950, definições de conforto têm sido apresentadas em estudos ergonômicos, particularmente naqueles relacionados a poltronas (VAN DER LINDEN et al., 2005). De maneira geral, existe pouco conhecimento disponível sobre o significado desta palavra (LUEDER; 1983). O conceito de conforto ainda não foi claramente definido e por esse motivo, é possível perceber na literatura um longo debate entre diversos pesquisadores (RICHARDS; 1980, LUEDER; 1983, BISHU et al.; 1991, ZHANG et al. 1996; HELANDER; ZHANG, 1997; DE LOOZE et al., 2003; VINK; HALLBECK, 2012). O que se sabe é que conforto é um construto de natureza subjetiva, o que dificulta a sua mensuração, interpretação e correlação com respostas fisiológicas e psicológicas (SHEN; PARSONS, 1997).

Segundo Osborne e Clark (1973) o termo conforto implica um estado de bem estar que é gerado pela combinação de efeitos físicos, psicológicos e fisiológicos. Essa visão vai ao encontro da definição formal de conforto segundo o dicionário Houaiss (2001): "experiência agradável, sensação de prazer, de plenitude, de bem-estar

espiritual, de bem-estar material, comodidade física satisfeita, aconchego". Ou em forma científica "uma harmonia agradável entre a harmonia fisiológica, psicológica e física entre um ser humano e o meio ambiente" (SLATER, 1985).

Uma das primeiras definições para conforto foi proposta por Hertzberg (1958), que o definiu como a ausência de desconforto (LUEDER, 1983). Nessa visão, conforto é um estado mental que ocorre na ausência de sentimentos de desconforto (VAN DER LINDEN et al., 2005). Esse modelo foi aceito por outros pesquisadores (BRANTON, 1969; CORLETT, 1973), assumindo-se a existência de um contínuo variando desde o mais extremo conforto, com vários níveis de conforto, passando por um estado de indiferença (ponto neutro) até o mais extremo desconforto, com vários níveis de desconforto (VAN DER LINDEN et al., 2005).

O eixo unidimensional conforto-desconforto foi questionado por outros autores, com a argumentação de que a ausência de desconforto não implica necessariamente em afeto positivo, que estaria presente na percepção de conforto (VAN DER LINDEN et al., 2005). Além disso, muitas pesquisas indicam que o desconforto é principalmente associado a fatores fisiológicos e biomecânicos, enquanto o conforto também tem relação com o estado psicológico e do ambiente (DHINGRA; TEWARI; SINGH, 2003). Pensando nisso, outros instrumentos de avaliação foram desenvolvidos contemplando apenas a dimensão do conforto (LE CARPENTIER, 1969) ou apenas a dimensão do desconforto (SHEN; PARSONS, 1997).

Shen e Vertiz (1997) propuseram que o conforto e o desconforto coexistem como duas dimensões separadas, com a possibilidade de aumentar o conforto quando o desconforto diminui. Por exemplo, uma largura de assento maior pode proporcionar um melhor conforto do que um assento mais estreito, mesmo que o assento mais estreito não produza um nível diferente de desconforto.

Uma outra perspectiva sobre a relação entre conforto e desconforto foi proposta por Zhang et al. (1996). Em seus estudos, eles concluíram que o conforto e desconforto são duas entidades diferentes e complementares nas intervenções ergonômicas (ZHANG et al., 1996; HELANDER; ZHANG, 1997). Nessa visão, a ausência de

desconforto físico por si só não é suficiente para garantir conforto, enquanto que a ausência de conforto e sensações agradáveis, como aspectos estéticos, por exemplo, não produz necessariamente desconforto. Em uma tentativa de identificar os fatores de conforto e desconforto na postura sentada, Zhang et al. (1996) ainda perceberam, entre outros fatores, que as causas de desconforto estão relacionadas a aspectos biomecânicos como ângulos de juntas, contrações de músculos, distribuição de pressão que produzem dor, cansaço, dor e dormência. Além disso, os sentimentos de desconforto aumentam com o tempo na atividade e com a fadiga. Estas sensações são impostas por limitações físicas e mediadas por fatores físicos, como ângulos articulares, pressão e bloqueio de circulação. Conforto, por outro lado, é associado por sensações de relaxamento e bem-estar e também é influenciado pela estética do objeto (ZHANG et al. 1996).

Zhang et al. (1996) ainda apresentaram um modelo que ilustra a relação de conforto e desconforto, como mostrado na Figura 2.34. Dessa forma, a transição do desconforto para o conforto é possível através dos eixos da Figura 2.34. Se o desconforto é aumentado, o conforto diminui.

Figura 2.34 - Modelo hipotético de conforto e desconforto

Fonte: adaptado de Zhang et al. (1996)

De Looze et al. (2003) em seu estudo propõe um modelo teórico de conforto e desconforto que divide essas entidades em fatores humanos, da poltrona e do contexto, que pode ser visto na Figura 2.35. Desse modelo é possível concluir que a relação entre as medidas objetivas e o desconforto é mais forte do que a relação

com o conforto. Dessa forma, sugere-se a utilização de medidas objetivas nas avaliações de desconforto.

Figura 2.35 - Modelo de conforto descrito por De Looze et al. (2003)

Fonte: adaptado de De Looze et al. (2003)

Vink e Hallbeck (2012) discutem a necessidade por novos modelos que melhorem a compreensão dos fatores que influenciam a experiência de conforto e desconforto ao propor um novo modelo (vide Figura 2.36) de conforto baseado nos trabalhos de Moes (2005) e De Looze et al. (2003). De acordo com os autores, a relação (I) com um ambiente é causada pelo contato entre o sujeito e o produto durante a sua utilização e pode resultar em efeitos internos do corpo humano (H), como as sensações táteis, alterações posturais. Os efeitos percebidos (P) são influenciados pelos efeitos do corpo humano (H), mas também pelas suas expectativas (E) e são interpretados como confortáveis (C), neutros (N) ou desconfortáveis (D). O desconforto pode resultar em queixas músculo-esqueléticas (M) e se ele for muito alto há uma realimentação do ciclo para que a pessoa altere sua postura, tarefa ou uso, por exemplo.

Figura 2.36 - Modelo de conforto proposto por Vink e Hallbeck (2012)

Fonte: adaptado de Vink e Hallbeck (2012)

Recentemente, o conceito de conforto passou a ser relacionado com o prazer (VAN DER LINDEN, 2005). O conceito de prazer é visto sob a ótica do desenvolvimento de produto e projeto de engenharia, onde o prazer aparece como um desenvolvimento da funcionalidade e usabilidade, de mãos dadas com uma nova abordagem em design (JORDAN, 2000). Jordan (2000) vê o conforto como parte do prazer ativada por benefícios emocionais e hedonista associados com o uso do produto e da mediação fisiológica e física, bem como psicológica, sociológica e ideológica. Outros autores estão estudando essa vertente do conforto no contexto do projeto, mas ainda é uma abordagem tímida perante as demais linhas apresentadas neste trabalho (FULTON, 1993; MACDONALD, 1998; DESMET; HEKKERT, 2001; HAUGE-NIELSEN; FLYTE⁹, 2001 apud COELHO, 2002; VINK; HALLBECK, 2012).

2.5.1 CONFORTO E DESCONFORTO NA POSTURA SENTADA

O conforto na postura sentada está fortemente relacionado com fatores de design da poltrona e do ambiente onde ela está instalada, tais como postura, acomodação e facilidade de ajustes (WU et al., 1998). O desconforto foi ainda relacionado com a

⁹ HAUGE-NILSEN, A. L.; FLYTE, M. G. Understanding attributes that contribute to pleasure in product use. In: JORDAN, P. W. GREEN, W. S.(ed) **Pleasure with the use of products**. London: Taylor and Francis, 2001.

distribuição da pressão na interface entre corpo humano e superfície de apoio da poltrona (DHINGRA; TEWARI; SINGH, 2003).

A mensuração do conforto na postura sentada é difícil por conta da subjetividade deste conceito e de outros fatores como as características antropométricas da população usuária, o design e estilo da poltrona e o tempo de exposição dos ocupantes (HERTZBERG, 1972; SHEN; VERTIZ, 1997). Nos últimos anos, inúmeros trabalhos têm investigado como e quais medidas objetivas podem ajudar a percepção de conforto e desconforto na postura sentada (TAN et al., 2009). Algumas das medidas objetivas propostas incluem vibração, pressão de interface, postura e atividade muscular (KOLICH, 2008). Devido à falta de métricas analíticas comprovadas, a literatura e fabricantes de poltronas em geral têm optado por utilizar avaliações subjetivas como principal indicador de conforto (TAN et al., 2009). Outros estudos ainda adotam métodos mistos para determinar os efeitos relativos entre as variáveis, correlacionando dados subjetivos com dados objetivos.

Segundo de Looze et al.(2003), a distribuição de pressão parece ser a medida objetiva com a associação mais clara com as avaliações subjetivas. Em estudos com bancos de automóveis foi encontrada uma relação estatística entre a distribuição da pressão e desconforto local. Com base nesses estudos, alguns fabricantes afirmam ter melhorado a percepção de conforto aliviando a distribuição de pressão no assento e no encosto dos bancos (DE LOOZE et al., 2003).

2.5.2 AVALIAÇÃO DE CURTO OU LONGO PRAZO

A avaliação de conforto e desconforto de curto e longo prazo precisa ser distinguida (KYUNG; NUSSBAUM, 2008). A sensação de desconforto aumenta com o passar do tempo enquanto o conforto tende a permanecer constante (HELANDER; ZHANG, 1997). O aumento do desconforto parece estar associado à fadiga, que pode ser sentida a partir de 1 hora na postura sentada (UENISHI et al., 2002). Segundo Helander e Zhang (1997) a fadiga na postura sentada poderia ser simplesmente devido à passagem do tempo e não necessariamente devido ao design do assento. Além disso, a fadiga em veículos tem se mostrado afetada por outros fatores, tais

como temperatura, qualidade do ar, ruído (GAMEIRO DA SILVA, 2002), e fatores circadianos (BROWN, 1994).

Existe um debate sobre a duração apropriada para estudos experimentais relacionados às respostas humanas em postura sentada (KYUNG; NUSSBAUM, 2008). Um estudo utilizando cadeiras de escritório proposto por Shackel et al. (1969) mostrou que 5 minutos de avaliação são suficientes para identificar assentos confortáveis. Já Reed et al. (1991) avaliaram 4 bancos de automóveis diferentes em ensaios de curta e longa duração e concluíram que avaliações curtas não são suficientes para prever a performance do conforto nas condições de uso diário de um banco de um automóvel. Por outro lado, estudos como o de Wachslar e Learner (1960) e Hanson et al. (2006) não observaram diferenças significativas em ensaios de curto prazo (5 minutos), médio e longo prazo (10, 20, 30 minutos, 4h). Apesar de avaliações de longo prazo terem sido consideradas muito instáveis e pouco confiáveis (BRANTON, 1969), alguns autores têm sugerido durações de longo prazo para a avaliação de desconforto em poltronas (KYUNG; NUSSBAUM, 2008). Gyi e Porter (1999) afirmaram que foram necessárias pelo menos 2 horas de testes para avaliar o desconforto, com foco na medição de fadiga em posturas sentada.

Thakurta et al. (1995) conduziram um experimento com 36 indivíduos e cinco veículos diferentes em um percurso de 80 milhas a fim de identificar diferenças entre avaliações de conforto a curto e longo prazo. Como resultado, eles afirmaram que é importante medir tanto o conforto a primeira vista quanto o conforto em longo prazo, uma vez que o estudo de apenas um fator pode levar a conclusões prematuras e incompletas sobre o conforto do ocupante (THAKURTA et al., 1995). Nesta mesma linha, Mergl (2004) propõe uma estrutura cronológica de avaliação de conforto dividida em três momentos, como mostra a Figura 2.37. A primeira impressão do banco pode ser descrita como o ato de sentar no mesmo. Já as impressões nos minutos subsequentes podem representar sensações de curto e longo prazo.

Figura 2.37 - Estrutura cronológica de avaliação de conforto

Fonte: Adaptado de Mergl (2004)

Do ponto de vista da espuma da poltrona, também é importante avaliar os efeitos em longo prazo na postura sentada. De acordo com sua experiência com viagens longas de carro e avião e estudos em casa de repouso e serviços de assistência médica, Sanchez (2011) acredita que o que é considerado confortável em curto prazo pode não ser confortável em longo prazo.

Outros autores também preconizam a importância das experiências anteriores na avaliação do conforto. Vink (2005), por exemplo, faz uma distinção entre as diferentes expectativas de conforto de acordo com o momento da viagem de um passageiro de avião. Segundo o autor, é importante distinguir as fases de experiências de conforto, uma vez que cada uma delas requer um tratamento diferente (ver Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Experiências que influenciam o conforto de um passageiro de avião

Fase do processo de conforto	Oportunidades
Expectativa	Brochuras, website, sistema de check-in, escolha da poltrona
Primeira vista	Entrada da aeronave agradável, interior com boa aparência, poltrona espaçosa
Conforto de curto prazo	Atenção positiva da tripulação, lembrancinha
Desconforto de curto prazo	Poltrona boa, sem obstáculos, sem pressão, sem tensão no corpo
Conforto de longo prazo	Atenção positiva inesperada da tripulação, filmes, boa visão do exterior, oportunidade para realizar as atividades
Desconforto de longo prazo	Possibilidade de mudar de postura, boa forma e material da espuma da poltrona
Restauração ou Afirmação	Dizer que uma experiência foi uma anomalia, oferecer canal de reclamação ou elogio.

Fonte: Vink e Brauer (2011)

Com o foco na identificação de oportunidades de melhoria do produto e serviço, essa abordagem divide as experiências de um passageiro de avião em cinco momentos: expectativa, primeira impressão, curto prazo, longo prazo e conforto pós serviço. Dessa forma, é possível identificar oportunidades que reduzem o desconforto ou melhoram o conforto em cada uma dessas fases (VINK; BRAUER, 2011).

2.5.3 CONFORTO E DESCONFORTO EM VIAGENS DE AVIÃO

Conforto dos passageiros é claramente um fator principal na aceitação do usuário de sistemas de transporte. Viajar de avião, especialmente longas distâncias, não é uma atividade natural para seres humanos. Muitas pessoas experimentam algum grau de desconforto fisiológico e psicológico e até mesmo estresse durante voo (TAN et al., 2009). Neste ponto, a poltrona tem um papel importante a desempenhar no cumprimento das expectativas conforto dos passageiros, uma vez que é o local onde o passageiro passa a maior parte do tempo durante uma viagem aérea.

Richards e Jacobson (1977) foram uns dos primeiros pesquisadores a estudar o conforto no transporte aéreo. Ao questionarem 861 passageiros eles identificaram os fatores que mais influenciavam o desconforto naquela época: espaço para as pernas, características da poltrona e movimentos da aeronave (ver Tabela 2.3). O interessante deste estudo é que muitos dos achados daquela época ainda podem ser considerados válidos hoje em dia.

De Janeiro de 1975 à Janeiro de 1978 Zurcher (1978) colheu dados como observador participante em voos comerciais. Seu objetivo foi estudar o papel dos passageiros de avião e como os indivíduos defendem sua integridade em grupos encapsulados. Sua pesquisa mostra que as companhias aéreas esperam que os passageiros sejam passivos, relaxem e aproveitem o voo. Por outro lado, as fases de voo permitem que os passageiros exerçam autonomia e essa sensação de liberdade faz com que eles fiquem vulneráveis a intrusões de privacidade dos passageiros vizinhos.

Tabela 2.3 - Fatores que mais influenciam o conforto em viagens de avião

Coefficiente Gama entre fontes de desconforto e julgamento geral de conforto

Fator	Conforto (%)
Espaço para as pernas	0.54
Firmeza da poltrona	0.54
Largura da poltrona	0.52
Formato da poltrona	0.51
Espaço para trabalho	0.49
Movimento lateral	0.48
Ajuste da poltrona	0.47
Movimento vertical	0.46
Vibração	0.44
Turbulência	0.43
Ruido	0.41
Movimento longitudinal	0.40
Descida repentina	0.35
Ventilação	0.31
Manobras	0.28
Iluminação	0.27
Temperatura	0.27
Pressão	0.26
Fumaça de cigarro	0.23
Odores	0.15

Fonte: Vink; Brauer (2011)

Em seus estudos Richards et al. (1978) perceberam que sensação de conforto dos passageiros também é influenciada por suas expectativas, seu estado de saúde, ansiedade e experiências passadas. Eles utilizaram como fontes de dados questionários administrados em voos comerciais e os resultados mostraram que algumas atividades são claramente mais fáceis de executar em alguns ambientes do que em outras.

Um estudo entrevistou 115 passageiros chegando de viagens aéreas longas. O objetivo do estudo foi relacionar o espaço limitado das poltronas aéreas com constrangimentos posturais músculo-esqueléticos provocados pelas posturas assumidas pelos passageiros (HUET, 2003). Um dos resultados dessa pesquisa mostrou as porcentagens de desconforto de acordo com a região do corpo afetada (ver Tabela 2.4). Mais uma vez a queixa de falta de espaço para as pernas aparece como desconforto nos pés e membros inferiores.

Tabela 2.4 - Porcentagens de desconforto de acordo com a região do corpo após voos longos
Dados de desconforto (n=115)

Descrição	%	Frequências	Intervalo de confiança
Desconforto pescoço	64,30	74	59,40 à 70,00
Desconforto pés	59,10	68	49,60 à 68,20
Desconforto lombo-sacro	48,70	56	39,30 à 58,20
Desconforto membros inferiores	40,80	47	31,80 à 50,40

Fonte: Huet (2003)

Blok et al.¹⁰ (2007 apud Vink e Brauer, 2011) estudaram 291 relatórios de viagem de passageiros. Os principais problemas apontados pelos relatórios são novamente o espaço para as pernas e conforto da poltrona, seguidos de atraso e perda da bagagem (ver Figura 2.38) .

Figura 2.38 - Problemas descritos em 291 relatórios de viagens

Fonte: Blok et al.¹⁰ (2007)

Além disso, os autores ainda entrevistaram 152 passageiros logo após o voo através de um questionário sobre sua experiência de conforto em diferentes etapas da viagem. Os resultados desse estudo mostraram que o espaço para os joelhos foi considerado o pior item do voo seguido por espaço pessoal e largura do assento (BLOK et al.¹⁰, 2007 apud VINK; BRAUER, 2011). De fato, mesmo após 30 anos, os problemas encontrados foram os mesmos citados por Richards e Jacobson (1977).

¹⁰ BLOK, M.; VINK, P.; KAMP, I. Comfortable vliegen: Comfort van het vliegtuiginterieur door de ogen van de gebruiker. *Tijdschrift voor Ergonomie*, v.32 (4), p. 4-1, 2007.

Os pesquisadores do projeto “Conforto e Design de Cabine” consideram que o projeto das cabines tem interferência direta no conforto, na segurança e nas condições propiciadas aos passageiros para desenvolver suas ações. Segundo este grupo de pesquisa, a definição de conforto sob o ponto de vista da atividade dos passageiros trata “das condições que o indivíduo dispõe para desenvolver com a maior facilidade possível as ações que ele deseja empreender” (SZNELWAR et al., 2008).

Ao longo de 2009, Vink e Brauer (2011) fizeram uma pesquisa que atingiu 10.032 passageiros de avião. O foco da pesquisa não foi verificar o que é tecnologicamente possível ou interessante a fazer, mas sim entender o que os passageiros realmente vivenciam. Como resultados dessa pesquisa foram identificados os fatores que mais influenciam na percepção de conforto. Espaço para as pernas, higiene, tripulação, e poltrona foram os itens que tiveram relações mais claras com a experiência de conforto e devem ter prioridade no projeto de melhoria das aeronaves (VINK; BRAUER, 2011).

Em seu artigo, TAN et al. (2009) descreve um método composto por técnicas de medição subjetivas e objetivas utilizadas para medir a postura sentada durante a atividade de repousar e dormir em uma poltrona de classe econômica. Os resultados do trabalho mostram que é possível quantificar as posturas e prever padrões que favorecem a comparação entre sujeitos. Além disso, os autores recomendam a utilização de métodos mistos para melhor compreender as sensações de conforto e desconforto dos passageiros de classe econômica.

Outro resultado do estudo foi a proposta de uma metodologia que resultou em um banco de dados e envelopes de posturas, com cálculo da área ocupada pelo passageiro durante a ação, que podem ser ferramentas a serem utilizadas no processo de projeto de cabines de aeronaves, ao possibilitar a análise de posturas adotadas, o cálculo do espaço para ação com base no curso reconstruído e, análise do discurso dos passageiros.

Souza (2010) propôs em seu estudo um método de observação de passageiros em situação real de voo e posterior reconstrução das posturas adotadas ao longo do voo representada através de um envelope, como mostra a Figura 2.39. Esses envelopes podem ser utilizados para cálculo das áreas ocupadas pelos passageiros e são úteis para a discussão de medidas de poltronas em função das atividades desenvolvidas pelos passageiros.

Figura 2.39 - Reconstrução das posturas adotadas por um passageiro durante um voo

Fonte: SOUZA (2010)

Tan et al. (2010) buscaram em sua pesquisa informações mais detalhadas sobre nível de desconforto corporal entre passageiros de avião após uma hora e depois de cinco horas de voo. Um total de 104 voluntários preencheu o questionário sobre nível de desconforto corporal depois de uma hora e depois de cinco horas de voo. De acordo com a hipótese de pesquisa, os resultados confirmaram que passageiros que viajaram cinco horas sentem mais desconforto do que os passageiros que viajaram uma hora. Com base na classificação do nível de desconforto corporal, as principais áreas de desconforto corporal após uma hora de voo foram ombro, pescoço e perna direita. Posteriormente, as principais áreas de desconforto corporal após cinco horas de voo estavam no ombro, nádegas e no pescoço. O desconforto do corpo depois de cinco horas de voo da nádega e pescoço foram semelhantes ao estudo realizado por Quigley et al. (2001).

Gregghi (2012) em sua tese de doutorado propôs um modelo de conforto e desconforto para cabines de aeronaves (vide Figura 2.40) partindo da premissa de que o conforto e desconforto possuem diferentes determinantes (ZHANG et al., 1996) e de que a atividade, mais especificamente a possibilidade/impossibilidade de agir, constitui-se em um elemento intermediador entre conforto e desconforto, sendo capaz de interferir nesta relação. No modelo tem-se a dimensão que caracteriza o

desconforto, representado pela curva vermelha, e o conforto, representado pela curva verde. A ação, representada pela reta azul faz a intermediação entre o conforto e desconforto. A partir dos dados coletados em seu estudo, as variáveis foram organizadas em variáveis “obrigatórias” que devem estar presentes, caso contrário causam desconforto, mas não elevam o grau de conforto e variáveis “encantadoras”, que não geram desconforto se não estiverem presentes, mas podem gerar conforto se estiverem presentes.

Figura 2.40 - Modelo para avaliação de conforto e desconforto adaptado de Kano (1984)

Fonte: adaptado de GREGHI (2012)

O que se pode concluir dos estudos anteriores de conforto e desconforto em viagens de avião é que aparentemente as queixas dos passageiros não mudaram muito nos últimos 30 anos, ou seja, apesar do desenvolvimento maciço em novas soluções de interiores, como sistemas de entretenimento e uso de novos materiais, os passageiros ainda sentem falta de espaço individual e para as pernas. Outro ponto interessante observado é que os mesmos não procuraram associar os desconfortos com a capacidade ou não de realização das atividades ao longo do voo, com exceção do trabalho de Souza (2010) e Gregghi (2012).

Segundo Souza (2010), uma das explicações para a insatisfação dos passageiros é a restrição de espaço das aeronaves que faz com que o projeto do interior seja

baseado em antropometria. A antropometria é útil para definir a maioria dos aspectos dimensionais da poltrona, mas não é suficiente para garantir conforto durante as atividades do dia-a-dia. Além disso, muitas vezes as poltronas são projetadas de acordo com a média e sem considerar as atividades realizadas pelos passageiros, provocando insatisfação de boa parte dos usuários deste meio de transporte (SOUZA, 2010).

2.5.4 ATIVIDADES TÍPICAS EM VOO

Alguns autores acreditam que os aspectos da tarefa desempenhada pelo usuário podem ter um papel importante na percepção de conforto e desconforto (GROENESTEIJN et al., 2009, SOUZA, 2010, VINK; BRAUER, 2011; GREGHI, 2012). A análise da atividade pode ser muito útil no processo de desenvolvimento de uma poltrona, por exemplo. A análise das atividades realizadas por passageiros a bordo de aeronaves possibilita o levantamento das atividades realizadas com maior frequência e as principais dificuldades enfrentadas pelos passageiros para executá-las. Essas informações favorecem o desenvolvimento de soluções de conforto mais adequadas às necessidades dos usuários.

Através da compreensão das atividades realizadas pelos passageiros durante o voo é possível obter dados relativos à satisfação e conforto dos passageiros (JACOBSON; MARTINEZ, 1974). Segundo esses autores, a atividade de leitura é considerada a mais relevante durante o voo. Porém, além da atividade de leitura, outras atividades são realizadas pelos passageiros durante a viagem, sendo estas listadas a seguir, por ordem de importância (JACOBSON; MARTINEZ, 1974): pensar, ver, alimentar-se, conversar, escrever, divagar, fantasiar, dormir, beber, fumar (lembrando que atualmente fumar não é mais permitido em voos comerciais), caminhar pelos corredores da aeronave.

A preferência por algumas atividades é confirmada por OBORNE (1978a), que traz a atividade de olhar para fora da janela como uma das mais frequentes. Além da frequência de ocorrência, esse autor ainda lista as atividades com maior grau de dificuldade de realização, como: dormir, ler, concentrar-se, escrever e conversar.

Mais recentemente, a literatura aborda também as atividades relacionadas ao sistema de entretenimento. Ao alcance de um clique é possível assistir filmes, desenhos, notícias, esporte e shows; brincar com games, utilizar notebooks, além das atividades associadas à comunicação, como usar o telefone disponível na cabine ou o próprio celular durante a viagem (FOLDEN et al, 2007; ALAMDARI, 1999; ROSSI, 2011).

Como a determinação das principais atividades realizadas pelos passageiros também faz parte do escopo do projeto Conforto e Design de Cabine, os pesquisadores da UFSCar e da USP em parceria com a ANAC observaram, filmaram e entrevistaram passageiros de avião durante voos reais. Da análise dos dados, verificou-se que as atividades com maior frequência durante o voo são: repousar e dormir, comer, ler, escrever e trabalhar, atividades de entretenimento e ir ao toilet. As atividades que apresentaram maior dificuldade na sua realização foram repousar e dormir, comer e ler (GREGHI et al., 2012).

2.6 CONTRIBUIÇÕES DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE

O intuito desta sessão é fazer uma revisão da literatura através da investigação das associações entre a distribuição da pressão na interface ocupante-poltrona e o desconforto na postura sentada em usuários de cadeiras de rodas, cadeiras de escritório e bancos de carros, de modo a obter subsídios para o posterior estudo de determinação de desconforto em poltronas de passageiros de aeronaves.

2.6.1 RELAÇÃO ENTRE CONFORTO, DESCONFORTO E PRESSÃO DE INTERFACE

Diversos estudos na literatura apontam que a má distribuição da pressão na interface ocupante-poltrona pode levar à sensação de desconforto na postura sentada (NORO; FUKIMAKI; KISHI, 2005; MOES, 2000; GOONETILLEKE, 1998; STUMPF et al., 2002; DHINGRA; TEWARI; SINGH, 2003). Isso acontece, pois um alto nível de pressão superficial pode comprimir os vasos sanguíneos dos tecidos, restringindo a circulação e causando desconforto. Esses estudos recomendam que o

peso do corpo seja uniformemente distribuído pela superfície do assento a fim de evitar o aparecimento das chamadas úlceras de pressão, que ocorrem quando a pressão excede a pressão dos vasos capilares levando à diminuição da circulação local e à necrose isquêmica (KÄRKI; LEKKALA, 2006; DHINGRA; TEWARI; SINGH, 2003; JOHANSSON, NILSSON, 2006).

Porém, mesmo após muitos anos de pesquisa, a distribuição de pressão ideal entre a poltrona e o ocupante para pessoas saudáveis ainda é desconhecida. Acredita-se que pessoas saudáveis não sofram de úlceras de pressão, pois elas se movimentam constantemente enquanto estão sentadas e a cada movimentação é possível oxigenar as áreas com baixa circulação. Vários fatores influenciam essa distribuição, como peso e altura dos ocupantes, design da poltrona, material de acabamento, características da espuma, entre outros (STUMPF et al., 2002). Segundo Reed et al. (1994), pessoas de formas físicas diferentes possuem de padrões de pressão também diferentes, o que torna difícil o estabelecimento de um requisito único que minimize a concentração de picos de pressão. Contudo, sabe-se que a pele e o tecido adiposo (gordura) localizados abaixo das tuberosidades isquiáticas suportam melhor a pressão que a massa magra (músculo) que envolve esses ossos, sendo mais bem preparados para receber a carga do que os demais tecidos das nádegas e das coxas (REED et al., 1994).

Um fator crucial na percepção de desconforto ao sentar-se é a sensibilidade à pressão nas coxas e nas nádegas. Estudos feitos por Hartung (2006) e Goossens, Teeuw e Snijders (2005) investigaram o limiar de pressão percebido pelo homem e verificaram que há diferença de sensibilidade entre as coxas e as nádegas (ZENK, 2008). Hartung (2004) conduziu uma série de experimentos em cinco mulheres e cinco homens com base em 7200 pontos de pressão e constatou que os indivíduos detectam significativamente um diferencial de pressão de até 20 mmHg. Além disso, Hartung (2006) verificou que a sensibilidade entre homens e mulheres não se altera expressivamente, porém pessoas mais velhas sofrem perda de sensibilidade. Em sua pesquisa com 5 homens e 5 mulheres, Goossens, Teeuw e Snijders (2005) estudou a sensibilidade da área em torno das nádegas onde uma diferença de pressão de 26.3 mmHg pode ser percebida.

De Looze et al. (2003) em sua revisão da literatura visou determinar as relações entre medidas objetivas e subjetivas das avaliações de conforto e desconforto. Como resultado, 21 estudos foram encontrados em que medidas simultâneas de um parâmetro objetivo e uma avaliação subjetiva de conforto ou desconforto foram obtidas. A medida de distribuição de pressão de interface parece ser a medida objetiva com a associação mais clara com as avaliações subjetivas (DE LOOZE et al., 2003). Isso vale especialmente para bancos de carro, onde uma relação estatística entre a distribuição da pressão e desconforto local foi relatada. Com base nesses estudos, alguns fabricantes afirmam ter melhorado a percepção de conforto aliviando a distribuição de pressão das almofadas da poltrona.

Porém, apesar da distribuição de pressão na interface ocupante-poltrona ter sido considerada como uma medida objetiva de conforto, evidências existentes quanto à sua eficácia não são claras (JIN et al., 2009). Lee e Ferraiuolo (1993) avaliaram 16 bancos de automóveis, com 100 indivíduos. O autor concluiu que os resultados não mostram correlação suficiente entre conforto subjetivo e distribuições de pressão do corpo.

Entre outros fatores, o desconforto demonstrou ser influenciado pela existência de apoio insuficiente nas posturas preferidas de condução, no caso de motoristas de automóveis (REED et al., 1999), a distribuição uniforme da pressão de contato (KYUNG; NUSSBAUM, 2008), e a vibração (JOHNSON; NEVE, 2001). Uma vez que a distribuição de pressão é uma medida sensível aos movimentos, é relativamente simples medir, mesmo em um espaço pequeno como um automóvel ou uma aeronave.

2.6.2 PARÂMETROS CHAVE PARA A INTERPRETAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO

Os primeiros estudos sobre a distribuição da pressão na interface ocupante-poltrona foram realizados para minimizar os riscos de ulceração da pele ou úlceras de pressão em pacientes paralisados (TREASTER; MARRAS, 1987; LINDAN et al., 1965). Através deles foi possível verificar que o risco de úlceras de pressão pode ser

reduzido ao se distribuir uniformemente o peso do corpo sobre a superfície do assento. Apesar de muitas pesquisas terem sido realizadas em prevenção de úlceras de pressão, principalmente no caso de cadeiras de rodas, o valor limite para o desenvolvimento de úlceras de pressão profunda, em termos de magnitude e duração, ainda não é conhecido (REENALDA et al., 2009). O que se sabe é que a tolerância à pressão varia de pessoa para pessoa (STINSON et al., 2003) e que a recomendação geral é que tecidos devem estar sujeitos a pressão mais baixa possível (MEFFRE et al., 2007). O nível de pressão em uma poltrona pode ser reduzido ao diminuir pressões de áreas críticas para áreas mais tolerantes ou através da distribuição da pressão sobre uma área maior (KÄRKI, LEKKALA, 2006). Os principais parâmetros de avaliação de pressão de interface entre a poltrona e seu ocupante encontrados na literatura foram listados a seguir.

2.6.2.1 PRESSÃO DO PICO

Historicamente, os valores de pico têm sido utilizados para avaliar diversas poltronas, porém diversos autores possuem opiniões diferentes com relação ao valor limite de pressão. Alguns estudos sugerem que o valor de 32 mmHg corresponde à pressão capilar ao nível do coração e que tal pressão seria capaz de obstruir vasos capilares, iniciando uma privação de oxigenação nos tecidos, pela falta de sangue (KÄRKI; LEKKALA, 2006; STINSON et al. 2003; SHELTON; LOTT, 2003). Por outro lado, um estudo realizado por Bar (1998) determinou que este valor é muito baixo para ser considerado como limitante da pressão numa poltrona e que um valor mais correto para a região das nádegas seria de 60 mmHg (SCHMELER, BUNING, 1999). Outros autores ainda defendem o uso de diferentes valores de pressão de acordo com a região do corpo analisada e o grupo antropométrico (PETERSON; ADKINS, 1982, DUNK; CALLAGHAN, 2005; KAMIJO; et al., 1982; KOLICH, 2004; OUDENHUIJZEN et al., 2003). Segundo Peterson e Adkins (1982) é possível ter pressões de até 40 mmHg sobre as tuberosidades isquiáticas, até 60mmHg sobre os trocanteres posteriores e até 10 mmHg na junção do osso sacro e cóccix, se a pessoa é capaz de mudar de postura frequentemente, ou seja, movimentar-se na poltrona a fim de aliviar a pressão durante exposição prolongada.

Valores um pouco superiores foram propostos por Shapcott e Levy (1999) em seus estudos. Segundo esses autores, nenhuma ação deve ser tomada caso a pressão medida seja inferior a 80 mmHg, uma vez que essa pressão não causaria danos ao tecido das nádegas. Num intervalo de 80 a 120 mmHg, a indicação seria de alguma modificação no tipo da espuma ou então em pequenos ajustes no projeto da poltrona, de forma a redistribuir melhor o corpo sobre o assento. Para pressões acima de 120 mmHg é recomendado o total re-projeto da poltrona, uma vez que o valor excessivo de pressão exporia a pessoa a danos fisiológicos graves. O estudo, no entanto, não faz relação com o tempo de exposição.

No entanto, a quantificação simples dos picos de pressão de interface como indicadores de desconforto não é satisfatória, conforme verificado em estudos disponíveis na literatura (JIN et al., 2009, NA et al., 2005; EITZEN, 2004). Eitzen (2004) analisou a distribuição de pressão de 8 homens sadios sentados em uma cadeira de rodas, utilizando a análise de frequência de pressões, ou seja, registrando o número de vezes que cada valor ocorreu em uma escala com intervalos definidos. Desta forma, foi possível determinar o número de valores observados na parte alta da escala, que representam maior risco a saúde do ocupante. A vantagem da análise de frequência é que em um único gráfico você consegue mostrar a ordem de grandeza do pico de pressão e os valores mais comuns de pressão naquela poltrona (EITZEN, 2004).

Um estudo realizado por Sprigle e Dunlop (2003) recomenda o uso do índice de pico de pressão, que nada mais é do que a média dos valores de pressão em uma área de 9 a 10 cm², que corresponde a área das tuberosidades isquiáticas. Segundo esses autores, outra medida importante a se considerar é o gradiente de pressão nas áreas adjacentes as tuberosidades isquiáticas. Se o gradiente for alto há uma indicação de baixo envelopamento das proeminências dos ossos dessa região, o que pode gerar sensação de desconforto.

Mergl (2006), conforme os autores citados acima concorda que não há um único parâmetro de distribuição da pressão do assento, o que pode explicar o desconforto. Por isso, em seu estudo, define diretrizes para uma boa distribuição da

pressão no banco de um automóvel, considerando três parâmetros: percentual de distribuição de carga, pressão máxima e gradiente de curva cumulativa, onde o percentual de distribuição de carga é definido a porcentagem entre a carga total do corpo e a carga de uma determinada região do corpo e o gradiente de curva cumulativa é descrito pela a curva resultante dos valores de pressão de cada linha de sensores da direita para a esquerda resumido e apresentado como uma curva 2D. Nesta abordagem, considera-se que a pressão média sozinha está mais relacionada com o peso do sujeito do que com conforto, por isso recomenda-se o uso da pressão máxima. Segundo Mergl (2006), os valores de cada um desses três parâmetros varia de acordo com a região do corpo exposta a pressão, como mostra a Figura 2.41. Além disso, sempre que possível, estes parâmetros devem ser calculados para cada uma das 17 áreas do corpo e depois correlacionados com a avaliação subjetiva dos sujeitos.

Figura 2.41 - Referências para uma boa distribuição de pressão. Valores validados para as costas para curto tempo de desconforto (até 30 min) e valores validados para as nádegas para curto tempo e longo tempo de desconforto (até 3h).

Fonte: adaptado de MERGL (2006)

De acordo com esta divisão, deve-se ficar atento para as regiões 4 e 5 das costas e nas regiões 2 e 3 do assento. Segundo Mergl (2006), a região 4 do encosto deve suportar entre 20 e 50% da carga do encosto e sua pressão máxima deve ser de 15 à 52,50 mmHg. A região 5 do encosto também deve ter pressão máxima de 15 à 52,50 mmHg. O assento, por outro lado, pode tolerar maiores concentrações de carga. A região 2 do assento deve suportar uma carga de 49% a 57%, ter pressão máxima inferior a 150 mmHg e gradiente máximo menor que 42,00 mmHg. Já a região 3 do assento deve suportar menos de 14% da carga, pressão máxima menor que 52,50 mmHg e gradiente máximo menor que 12 mmHg.

2.6.2.2 SIMETRIA

Este parâmetro destaca a importância de se integrar os resultados da distribuição de pressão de interface com uma avaliação física completa. Otimização de simetria da distribuição de pressão, comparando os lados direito e esquerdo, requer uma avaliação postural feita em conjunto com a tomada de pressão (DAVIS; SPRIGLE, 2008).

2.6.2.3 ÁREA DE CONTATO

A área de contato é uma medida representativa da distribuição de forças sobre uma área mais abrangente possível. Pode ser representada pelo número total de sensores ativados durante uma avaliação. Segundo Sprigle e Dunlop (2003), deve-se considerar os sensores que estiverem com carga acima de 5mmHg, valor que minimiza interferências nas medições. Além disso, esses autores ainda sugerem o índice de dispersão como outra métrica para avaliar a distribuição de pressão de interface. O índice de dispersão é a soma da pressão distribuída nas regiões das tuberosidades isquiáticas e do sacro dividida pela soma das leituras de pressão de toda a manta, expresso em porcentagem. Um estudo desenvolvido por Drummond et al. (1985) mostrou que índices de dispersão acima de 55% são inaceitáveis.

2.6.3 OUTRAS VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM A DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO

Neste item, serão apresentadas variáveis que influenciam a distribuição de pressão como: o tempo, o gênero e as características da poltrona.

2.6.3.1 PRESSÃO X TEMPO DE EXPOSIÇÃO

Entre as causas externas que contribuem para o aparecimento de úlceras, a pressão em relação ao tempo parece ser a mais importante. Quando a pressão de interface excede a pressão média nas veias capilares, as veias tendem a entrar em colapso. Se essa situação for mantida durante um período de tempo prolongado, necrose isquêmica irá se desenvolver nessa área (EITZEN, 2004).

Reswick e Rogers (1976) definiram uma curva de caracterização que relaciona a pressão exercida versus o tempo de aplicação da mesma. Essa curva, definida apenas como uma recomendação geral pode ser vista na Figura 2.42. Seigler (2002), também sugere essa recomendação, que segundo ele, é baseada na fisiologia humana. Todas as células vivas necessitam de fornecimento de nutrientes para sobreviver, especialmente de oxigênio. O oxigênio é transportado para as células através da circulação sanguínea e a sua pressão parcial ocorre em torno de 95mmHg. Se o pico de pressão no tecido excede 95mmHg, as células ficam sem suprimento de oxigênio, porém conseguem sobreviver uma vez que liberam energia por glicolise. De qualquer forma, as células conseguem sobreviver por um tempo limitado em condições anaeróbias e este é o tempo limitante que define o limite que leva a formação de úlceras na pele devido à pressão. Como já comentado anteriormente, para poltronas em geral deve-se minimizar a duração do pico de pressão (SEIGLER, 2002).

Um estudo mais recente, desenvolvido por Henderson et al. (1994) sugere que danos aos tecidos só começariam após uma exposição contínua a uma pressão de 60 mmHg (ou 8 kPa) por um período superior a 1 hora. Posteriormente, Tanimoto et al. (1998) e Hamanami et al. (2004) validaram os resultados de Henderson et al. (1994).

Figura 2.42 - Relação entre pressão e tempo sentado

Fonte: SEIGLER (2002)

2.6.3.2 INFLUÊNCIA DO ENCOSTO DA POLTRONA NO CONFORTO GLOBAL

O encosto da poltrona é considerado como sendo de grande importância para o aumento do conforto e redução de desconforto em uma poltrona de automóvel (OUDENHUIJZEN et al., 2003). Porém, segundo esse mesmo autor, a maioria dos autores avalia apenas o conforto geral do assento sem se importar com as contribuições específicas do encosto e do assento. Um estudo realizado por Dhingra, Tewari e Singh (2003), mostrou que bancos de tratores confortáveis são aqueles que proporcionam suporte à região lombar. Dessa forma, esse autor concluiu que a pressão de apoio na região lombar pode ser considerada como um dos padrões para avaliar a qualidade de poltronas e que a diminuição do raio da curvatura do encosto, provoca um aumento na área de contato lateral.

2.6.3.3 INFLUÊNCIA DA RECLINAÇÃO

Do ponto de vista biomecânico e fisiológico, estudos têm demonstrado que alterações posturais associadas à variação no ângulo do encosto de uma poltrona podem ter um efeito significativo sobre o ocupante (VOS et al., 2006). Ao analisar a influência da reclinação na distribuição de pressão, Stinson et al. (2003) notou que

uma inclinação de 30° reduz significativamente a pressão média de uma poltrona, enquanto inclinações entre 10° e 20° não produzem efeitos significativos nessa medida. Um estudo feito por Souza (2009) com 12 participantes, verificou a redistribuição de pressão sobre assento e encosto de poltronas aeronáuticas quando da adoção de um mecanismo de inclinação conjunta do assento com o encosto, com abertura fixa, em comparação com o mecanismo convencional adotado pela indústria. Observou-se que a maioria dos casos apresentaram melhorias da distribuição de pressão e em todos os casos foi verificado aumento da área de contato do encosto, o que representa um maior suporte da coluna, levando a um aumento de conforto.

2.6.3.4 DIFERENÇAS NA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO DE HOMENS E MULHERES

Stinson (2003) analisou a distribuição de pressão de 63 estudantes considerando 3 ângulos de inclinação do encosto e situações com e sem apoio para os pés. Ele percebeu que as medidas de pressão média e máxima são independentes do sexo, mas que a pressão média está relacionada com o índice de massa corpórea (IMC). Um estudo mais recente desenvolvido por Vos et al. (2006) com 24 participantes mostrou que os valores de pressão média masculina são superiores aos valores femininos. Vos et al. (2006) também observou que o uso do apoio de braços não afetou a distribuição de pressão feminina, enquanto houve uma pequena diferença na distribuição de pressão masculina com o uso dos apoios de braço. Esses resultados podem ser possivelmente explicados por uma série de diferenças antropométricas existentes entre homens e mulheres (VOS et al., 2006). Homens geralmente possuem estruturas pélvicas estreitas, com tuberosidades isquiáticas espaçadas, com um arco púbico apertado, resultando em uma menor carga área das tuberosidades isquiáticas (VAN DE GRAAF; FOX¹¹, 1999 apud VOS et al., 2006). Enquanto a estrutura pélvica feminina proporciona um maior arco púbico, tuberosidades isquiáticas amplamente definidas, resultando em uma ampla estrutura pélvica, que pode servir para melhor distribuição de peso na poltrona (VAN DE

¹¹ VAN DE GRAAF, K.M., FOX, S.I., **Concepts of Human Anatomy and Physiology**, 5.ed. Boston: McGraw-Hill, 1999.

GRAAF; FOX¹¹, 1999 apud VOS et al., 2006). Essas diferenças de sexo também foram relatadas em estudos anteriores (GYI; PORTER, 1999).

2.6.3.5 MUDANÇA DE POSTURA AO LONGO DO TEMPO

Segundo Jenny et al. (2001), durante as alterações posturais ocorre a facilitação da nutrição e alívio da fadiga muscular proveniente da postura sentada. Da mesma forma, Dhingra, Tewari e Singh (2003) sugeriram que as mudanças na posição do corpo deve ser permitida para aliviar a pressão sobre os grupos musculares e relaxá-los. Akerbloom (1948) observou que para uma poltrona ser confortável, ela deve propiciar alterações posturais. Essas mudanças posturais também serão refletidas nos dados de pressão (KYUNG; NUSSBAUM, 2008).

Uma vez que ainda não foi estabelecida uma relação entre a pressão interface e desenvolvimento de úlcera de pressão, é importante observar o comportamento de pessoas sem deficiência física, uma vez que elas normalmente não desenvolvem úlceras de pressão. Lee e Milosic (1995) afirmaram que a mudança frequente de postura está relacionada com a sensação de desconforto. Em seu estudo ele mostrou que condutores de automóveis tendem a se mover com mais frequência quando sentem desconforto, a fim de ajustar a postura e melhorar a situação de desconforto.

Reenalda et al. (2009) analisou o comportamento de 25 pessoas sadias sentadas em uma cadeira de rodas no intervalo de uma hora percebeu que elas continuamente mudaram de postura ao longo de um tempo que elas ficam sentadas. Com esse estudo foi possível verificar que esses indivíduos se movimentam em média $7,8 + / - 5,2$ vezes por hora e que em cada mudança de postura, há um aumento em média de 2,2% na oxigenação subcutânea, indicando um efeito positivo das mudanças de postura sobre o tecido mole ao redor das tuberosidades isquiáticas. Outro estudo similar, realizado por Linder-Ganz et al. (2007), concluiu que os indivíduos não deficientes mudam aproximadamente 6,7 vezes por hora a sua postura no plano sagital e aproximadamente 10 vezes no plano frontal.

2.6.3.6 INFLUÊNCIA DO MATERIAL DA ESPUMA

Um estudo piloto feito na Georgia Tech utilizou modelos de nádegas em ensaios de medida de pressão de interface para tentar eliminar a variabilidade de tecidos moles no estudo de diferentes poltronas. As medidas foram tomadas em tempo de 0, 1, 3, 5, 8 e 10 minutos e foi verificado um aumento de até 44% em pressão total durante 1-8 minutos. O maior aumento ocorreu entre os tempos 0 e 1, enquanto que pequenas mudanças ocorreram, pelo menos entre 5 e 8 minutos, mostrando que os valores de pressão levaram alguns minutos para estabilizar (DAVIS; SPRIGLE, 2008). Segundo Stinson et al. (2003), o tempo necessário para os valores de pressão de interface para estabilizarem é de 6 minutos para pessoas saudáveis, mas dependendo do tipo do material escolhido para a espuma da poltrona, esse tempo pode variar. Por exemplo, assento e encosto compostos por espumas de alta resiliência possuem baixo tempo de acomodação se comparado com espumas viscoelásticas, (STINSON et al., 2003).

2.6.4 MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE

Comumente empregados em aplicações médicas e industriais, os equipamentos de mapeamento de pressão permitem a medição da distribuição de pressão entre dois objetos que estão em contato. Os primeiros estudos relacionados à pressão de interface ocupante-poltrona tiveram o intuito de minimizar os riscos de ulceração da pele em deficientes físicos (TREASTER; MARRAS, 1987; LINDAN, et al., 1965) e até hoje esses equipamentos são utilizados para tal finalidade. Já na indústria, o mapeamento de pressão é utilizado no estudo de conforto de poltrona (SOUZA, 2009). Através de mapas coloridos que indicam as regiões de maior ou menor pressão de contato entre as duas superfícies, os mapas de pressão podem fornecer subsídios para a melhoria e correção dos projetos de poltronas, uma vez que eles mostram os pontos de contato entre o corpo e a poltrona.

Atualmente, os equipamentos de mapeamento de pressão são formados por mantas de sensores sensíveis à pressão, que por serem finas e flexíveis não influenciam a sensação de conforto. O sistema é tipicamente constituído por uma manta de

sensores, um computador e um software que analisa os dados de pressão (KÄRKI, LEKKALA 2006). Os valores de medida de pressão captados através dos sensores são mostrados através de mapas de pressão e de gráficos de pressão ao longo do tempo, (KÄRKI; LEKKALA, 2006). A Figura 2.43 ilustra o equipamento de mapeamento de pressão da marca Xsensor.

Figura 2.43 - Equipamento de mapeamento de pressão: Manta + Computador + equipamento de aquisição de dados

Fonte: XSENSOR

No mercado, existem basicamente três tipos de tecnologia de sensores para o mapeamento do campo de pressão: resistiva, capacitiva e piezoresistiva (KÄRKI; LEKKALA, 2006). A Tabela 2.5 apresenta uma comparação entre estas três tecnologias.

Tabela 2.5 - Comparação de algumas propriedades de três sistemas comerciais de mapeamento de pressão

Propriedade	Tekscan	Vista Medical	Xsensor
Tipo de sensor	Resistivo	Piezoresistivo	Capacitivo
Escala de pressão (mmHg)	0 - 250	0 - 200	0 - 220
Escala de temperatura (°C)	-9 à +60	+15 à + 32	0 à + 40

Fonte: adaptado de KÄRKI, LEKKALA (2006)

Esta pesquisa utilizou sensores do tipo capacitivo, como mostra a Figura 2.44. Os sensores capacitivos são representados por duas malhas (A e B) separadas por um

elastômero compressível. A malha A apresenta linhas condutivas no sentido horizontal e a malha B apresenta linhas condutivas no sentido vertical. Com a sobreposição entre as malhas, de forma que as linhas condutivas fiquem perpendiculares entre si, e o elastômero forma nós capacitivos nas interseções das linhas (YOSHIDA, 2009).

Fonte: YOSHIDA (2009).

Desta forma, quando uma pressão é aplicada no nó capacitivo o elastômero é comprimido, o que acarreta no estreitamento das faixas e no aumento da capacitância. Através da variação da capacitância é obtida a pressão em cada nó da matriz. Os materiais utilizados na construção da matriz de mapeamento de pressão são combinados de forma a possibilitar uma malha de sensores flexível e robusta, possibilitando desta forma, que a malha siga a silhueta do objeto com o qual está em contato (YOSHIDA, 2009).

Um exemplo de mapa de pressão criado a partir de uma manta de sensores capacitivos pode ser vista na Figura 2.45. O mapa da esquerda mostra área de contato do ocupante com o assento da poltrona, enquanto o mapa da direita ilustra o contato das costas com o encosto da poltrona. A legenda de pressão pode ser vista ao lado dos mapas. A maioria das referências de pressão encontrada na literatura utiliza como unidade de medida o milímetro de Mercúrio (mmHg).

Figura 2.45 - Exemplo de mapa de pressão e a legenda de pressão

Legenda da pressão do assento (mmHg)

Fonte: Souza (2009)

2.6.5 LIMITAÇÕES DA TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO DE PRESSÃO

Os equipamentos de mapeamento de pressão, por si só, causam algumas deficiências metodológicas. Tamanho da manta de sensores, o número de sensores, a tecnologia do sensor e a sensibilidade do sistema influenciam a resolução, precisão, confiabilidade e reprodutibilidade dos valores de pressão medidos (EITZEN, 2004, KYUNG; NUSSBAUM, 2008).

A distribuição da pressão e a tensão de cisalhamento são afetadas em certo grau ao se colocar uma manta de pressão entre a pessoa e o assento vai afetar (EITZEN, 2004). Na verdade, o que ocorre é que a manta de pressão ao ser colocada sobre uma superfície macia segue a forma do corpo, como mostra a Figura 2.46. Ao interpretar os dados, é preciso estar ciente de que esse fenômeno pode dar a impressão de que a área de contato é maior do que realmente é. Apesar de não ter

peso sendo carregado na lateral do corpo, a carga pod ser suficiente para o sensor registrar a pressão (EITZEN, 2004).

Fonte: adaptado de Pressure [...] (2008)

Estudos mostram que a utilização de medição de pressão é mais adequada para avaliações de conforto e desconforto de curto prazo, uma vez que limitações inerentes dos equipamentos de medição influenciam os resultados de avaliações de longo prazo (KYUNG; NUSSBAUM, 2008). Alguns problemas podem ocorrer quando as mantas de pressão são utilizadas por períodos prolongados (KYUNG; NUSSBAUM, 2008). Vários estudos têm relatado sobre a precisão, fluência, histerese nos sensores e também sobre problemas de posicionamento da manta e rugas durante o experimento (ADLER, 2007, KYUNG; NUSSBAUM, 2008, PIPKIN; SPRIGLE, 2008). A primeira é a fluência (creep), definida como um desvio de medição sob uma carga constante, e o segundo é a histerese, o que resulta em um padrão de deslocamento de forças diferentes entre carga e descarga (KYUNG; NUSSBAUM, 2008).

As propriedades dos sistemas de mapeamento de pressão podem variar dependendo do número e tipo de tecnologia dos sensores utilizados na manta. Ferguson-Pell e Cardi (1992) compararam três sistemas de mapeamento de pressão comerciais e perceberam que as diferenças entre os sistemas eram notáveis. Um

estudo realizado por Kärki e Lekkala (2006) investigou as propriedades do sistema de mapeamento de pressão Xsensor. Neste estudo foram realizadas medições com pessoas, bem como com uma carga constante. Repetibilidade, sensibilidade, sensibilidade à temperatura, e histerese do sensor de pressão foram determinados e verificou-se que a histerese pareceu ser mais a propriedade mais pobre do sistema. A partir das propriedades medidas, as medições de sensibilidade, repetibilidade e de sensibilidade à temperatura forneceram resultados relativamente bons. A razão para os resultados de histerese pode ser a estrutura de sensores capacitivos, cujos elastômeros entre os eletrodos não recuperam-se da carga rápido o suficiente (KÄRKI; LEKKALA, 2006).

Outra característica afetada pelo uso da manta de pressão é a sudorese. Durante o período de tomada de pressão, a característica de evaporação do suor de uma poltrona fica alterada (KYUNG; NUSSBAUM, 2008). Com o aumento do período sentado, os indivíduos são mais propensos a sentir desconforto devido a baixa evaporação do suor da pele em contato com a manta de pressão, afetando negativamente as suas avaliações de desconforto (SHEN; PARSONS, 1997). Além disso, os fatores ambientais (por exemplo, ruído, luz e temperatura do ar) não contabilizados pelas mantas de pressão podem afetar drasticamente as respostas subjetivas (KYUNG; NUSSBAUM, 2008). Por isso, é importante o controle das variáveis ambientais durante ensaios com pessoas.

2.6.6 AVALIAÇÃO DA PRESSÃO DE INTERFACE

O método mais comum para analisar a distribuição da pressão do corpo é dividi-lo em áreas (por exemplo, região glútea, da coxa, região dorso, região inferior das costas) e calcular dados como pico de pressão, pressão média e variação de pressão em cada área (NG et al., 1995, PARK; KIM, 1997, VERVE, 2004, JIN et al., 2005, MERGL, 2006). Esse tipo de divisão faz sentido, uma vez que cada região do corpo possui uma composição única de tecidos moles, ossos e cartilagens. Observe, por exemplo, a Figura 2.47. Ela mostra a simulação de uma pessoa sentada em uma superfície macia e ao lado está representado o seu mapa de pressão. É possível

perceber que as regiões com maior pressão são justamente a região dos ísquios e do joelho, onde as proeminências dos ossos são maiores.

Figura 2.47 - Vista lateral de uma da simulação de uma pessoa sentada e seu mapa de pressão

Fonte: VERVE (2004)

Na et al. (2005) distribuíram cada um dos mapas de pressão em dois, como mostra a Figura 2.48. Através dessa divisão eles determinaram quatro regiões onde seriam analisados os dados de pressão total, razão da pressão da região pela pressão total e local e variação de pressão obtida através do estudo dinâmico da distribuição de pressão.

Figura 2.48 - Divisão do mapa de pressão proposta por Na et al. (2005)

Fonte: adaptado de por Na et al. (2005)

Já Kyung e Nussbaum (2008) dividiram os dados dos mapas de pressão em seis regiões (Figura 2.49), ao verificarem através de um estudo da dinâmica dos movimentos das pernas de motoristas de automóvel que era necessário fazer a divisão entre perna direita e esquerda. Nesse estudo foram medidos apenas valores de área de contato e pressão.

Figura 2.49 - Divisão do mapa de pressão proposta por Kyung e Nussbaum (2008)

Fonte: Adaptado de Kyung e Nussbaum (2008)

O estudo desenvolvido por Jin et al. (2009) considerou a divisão do mapa de pressão em oito regiões (Figura 2.50) para cálculo de área de contato, centro de carga, pressão média.

Figura 2.50 - Divisão do mapa de pressão proposta por Jin et al. (2009)

Fonte: adaptado de Jin et al. (2009)

Hartung (2006) procurou sobrepor o mapa corporal com o mapa de pressão, dividindo a área das pernas em 8 regiões e a área das costas em 7 regiões, como mostra a Figura 2.51.

Figura 2.51 - Mapa corporal

Fonte: Hartung (2006)

As regiões 15, 16, 19, 20, 23 e 24, por exemplo, representam as partes do corpo que mais tem contato com o assento da poltrona e por isso foram divididas em seis áreas iguais que visam avaliar a sensação do indivíduo na zona da nádega, meio da coxa e anterior da coxa. Já a região lateral da coxa, representada pelos números 14, 18 e 22 1 17, 21 e 25, por não terem tanto contato com a poltrona foi simplificada em uma só área de cada lado, representas como KT12 e KT 15 na Figura 2.52. Hartung (2006) verificou que apenas dividir o mapa de pressão ortogonalmente não é suficiente para considerar a postura adotada pelo participante no momento da medição de pressão. Por isso, ele propõe um ajuste das regiões KT10 a KT17 de acordo com a posição da pessoa na manta de pressão e o ângulo de abertura das pernas.

Figura 2.52 - Mapa corporal disposto sobre o mapa de pressão sem considerar a postura adotada pelo participante e considerando o ângulo de abertura das pernas

Fonte: Hartung (2006)

Além disso, uma vez que cada sujeito tem um comprimento de pernas diferente, o mapa corporal que é colocado sobre a distribuição de pressão deve ser ajustado individualmente. Por ser formada por apenas um elemento, a análise das costas não necessita de nenhum ajuste específico, como mostra a Figura 2.53. Após serem feitos esses ajustes, foram calculados os dados pressão máxima, distribuição de carga e inclinação da curva cumulativa para cada região do mapa corporal (HARTUNG, 2006).

Figura 2.53 - Mapa corporal sobreposto ao mapa de pressão já com ajustes

Fonte: Hartung (2006)

A quantidade de pesquisa experimental utilizando medições de pressão tem crescido, porém observa-se que diferentes pesquisadores avaliam a pressão de interface utilizando diferentes metodologias e tipos de sistemas de medição (EITZEN, 2004). A falta de linhas de orientação faz com que a avaliação e

comparação dos resultados de novos estudos com o conhecimento existente seja muito difícil (EITZEN, 2004).

2.7 ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA

Este capítulo teve a finalidade de fazer uma revisão dos conceitos de ergonomia e atividade, pesquisa etnográfica, *Design Thinking*, processo de desenvolvimento de produto, conforto na postura sentada e medição de pressão de interface. Apesar de algumas dessas abordagens terem sido desenvolvidas em áreas como concepção de sistemas de trabalho, arquitetura, ciências humanas e da saúde, o presente estudo pretende empregar seus pressupostos em um contexto de projetos de desenvolvimento de cabines de aeronaves.

Embora as primeiras pesquisas de avaliação de conforto e desconforto no transporte aéreo tenham sido realizadas há mais de 30 anos, a principal queixa dos passageiros continua a mesma até hoje: conforto da poltrona. Um possível motivo pelo qual as pesquisas sobre o transporte aéreo tenham gerado poucas melhorias significativas no conforto da poltrona e na cabine de passageiro das aeronaves atuais talvez seja pelo fato que o projeto de poltronas aeronáuticas ainda é baseado, na sua maioria, em medidas antropométricas. Ao projetar uma poltrona considerando apenas a antropometria, aspectos importantes como a movimentação e utilização do espaço durante a realização das atividades em voo acabam não sendo levados em consideração. Estudos mostram que manter a mesma postura e os mesmos movimentos por períodos prolongados desequilibram o corpo ou o sujeita ao estresse (SCHULS, 2010). Além disso, pelo que foi visto na revisão da literatura, são poucos os trabalhos que além de adequar a poltrona às medidas dos usuários ainda se preocupam com as atividades que serão realizadas durante a sua utilização (SOUZA, 2010; EKLUND, 2008).

Outro fato curioso dos estudos que avaliaram o conforto e viagens aéreas é o tipo de abordagem de coleta de dados. A maioria deles foi baseada em entrevistas e questionários distribuídos a viajantes de avião. A fraqueza desses instrumentos está relacionada à falta de associação do desconforto com a expectativa que o

passageiro tem em realizar algumas atividades durante o voo. O ideal seria entender as relações entre os passageiros, o ambiente da cabine e a poltrona, como sugerem os pressupostos da Teoria da Atividade. Uma maneira de fazer isso seria por meio de técnicas de imersão como observação e até mesmo observação participante, como mostrado no estudo de Zurcher (1978).

Por outro lado, quando se fala em processo de desenvolvimento de produto, estudos mostram que a integração de aspectos de ergonomia não é um fenômeno generalizado (BROBERG, 1997). No caso de concepção de sistemas de trabalho, alguns autores se baseiam em métodos de abordagem da atividade futura, uma vez que o objeto de intervenção ainda não existe. Dessa forma, o ergonomista deve procurar situações existentes cuja análise permitirá esclarecer os objetivos e condições da atividade futura (DANIELLOU; GARRIGOU, 1992).

Observou-se também na revisão da literatura que a falta de uma definição clara e o caráter subjetivo do conceito do conforto tem dificultado a sua mensuração em avaliações de poltronas. Segundo De Looze et al. (2003), a relação entre as medidas objetivas e o desconforto é mais forte do que a relação dessas medidas com o conforto. Por este motivo, uma maneira encontrada em alguns estudos para minimizar a subjetividade neste tipo de análise tem sido a utilização de medidas objetivas de avaliação de desconforto. A técnica mais utilizada nessa área tem sido o mapeamento de pressão de interface.

A partir da revisão da literatura e das considerações anteriormente apresentadas, acredita-se que se faz necessário desenvolver um método de levantamento de conforto e desconforto de cabines e poltronas de avião baseado na percepção dos passageiros durante a realização de algumas atividades típicas em um voo. Dessa forma, este estudo propõe um método de avaliação de conforto e desconforto de poltronas e cabines de aeronaves baseado em conceitos da análise da atividade futura e do *Design Thinking*. Esse método está dividido em três fases sequenciais (mapeamento de pressão de posturas estáticas, mapeamento contínuo de pressão e mapeamento de posturas típicas) e será apresentado no próximo capítulo.

3. MÉTODO DA PESQUISA

Este capítulo apresenta o método de avaliação de conforto e desconforto de poltronas e cabines de aeronaves proposto nesta pesquisa. Inicialmente será relatado o histórico de como esse método foi idealizado e a sua evolução ao longo do tempo. Na sequência, o método será descrito e as fases que o compõe serão detalhadas.

3.1 CONSTRUÇÃO DO MÉTODO

A primeira etapa da pesquisa foi uma revisão bibliográfica referente a aspectos de conforto, ergonomia, postura sentada, projeto e avaliação de poltronas. A partir dessa revisão verificou-se que apesar de terem vários estudos sobre conforto e desconforto em bancos de automóveis, cadeiras de rodas e de escritório, pouco se fala a respeito de poltronas de avião. As pesquisas encontradas que reportam a avaliação de poltronas de aeronaves associam o conforto com parâmetros dimensionais ou de ajuste (YOSHIDA, 2009; SOUZA, 2009; SOUZA, 2010). Além disso, esses estudos ainda realizam seus experimentos de maneira estática, ou seja, numa poltrona disposta em um ambiente não representativo e sem mudanças bruscas de postura. Por outro lado, Sznelwar et al. (2008), Souza (2010) e Gregghi (2012) mostraram a importância de considerar o curso da ação das atividades desenvolvidas pelos passageiros durante um voo típico.

Dessa forma, propõe-se introduzir conceitos da análise da atividade durante o desenvolvimento de uma cabine de aeronave por meio de um método composto de três fases: mapeamento de pressão de posturas estáticas, mapeamento contínuo de pressão e mapeamento de posturas típicas. O método foi elaborado fase a fase com o objetivo de aprimorar as limitações de algumas técnicas e reforçar o uso de outras.

Inicialmente, com o intuito de identificar as contribuições e limitações dos métodos e técnicas descritos na literatura, foi desenvolvido o primeiro protocolo da pesquisa. Inspirado nos métodos utilizados por Yoshida (2009) e Souza (2009), este protocolo avaliou a percepção de conforto de curto prazo por meio de mapeamento de

pressão de interface de posturas estáticas e um questionário de avaliação da poltrona. A análise dos dados mostrou que a postura estática facilita a comparação dos dados da medição de pressão de diferentes voluntários, além de identificar pontos de melhoria na poltrona. De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 3.1, a Fase 1 inicia com o mapeamento de posturas estática. Caso sejam identificados pontos de melhoria durante a análise de dados, novas soluções devem ser sugeridas e implementadas no projeto da poltrona, gerando um novo ciclo de análise.

Figura 3.1 – Fase 1 do método proposto nesta pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

Entretanto, observou-se que os resultados gerados na Fase 1 não foram suficientes para prever a dinâmica de uso da poltrona, uma vez que apenas duas condições muito similares foram estudadas. Além disso, a poltrona foi avaliada em um laboratório fora do seu contexto de uso, ou seja, fora da aeronave ou de um ambiente que represente o interior da aeronave. Conforme foi visto na revisão bibliográfica, os pressupostos da Teoria da Atividade pregam o conceito de ação orientada a um objetivo e mediada por artefatos. Sob este ponto de vista, a avaliação de uma poltrona aeronáutica poderia ser enriquecida ao se considerar as diversas atividades e posturas adotadas durante um voo típico.

Outro referencial importante que poderia complementar a avaliação de poltronas aeronáuticas é o proposto pelo *Design Thinking* uma das correntes que fala de inovação, e que prega o desenvolvimento de um produto ou serviço em três etapas:

imersão, ideação e prototipação (BROWN, 2010; VIANNA et al., 2011). A imersão sugere que a equipe de projeto deve se colocar no lugar dos usuários e a partir daí identificar as necessidades que não são verbalizadas por eles. A ideação se refere à parte de criação de ideias e soluções para os problemas e por fim, a prototipação é a fase de teste das ideias propostas.

Pensando em resolver as limitações da Fase 1 e nos pressupostos da Teoria da Atividade e do *Design Thinking* uma nova fase de avaliação de poltronas foi sugerida, como mostra a Figura 3.2. O segundo protocolo experimental proposto foi baseado na análise da atividade de passageiros de avião, com o apoio da técnica de medição contínua de pressão de interface poltrona-ocupante em conjunto com observação dos participantes e relato pós-experimento. A participação da equipe de projeto nas simulações propicia a reflexão sobre a poltrona e seu entorno com base na experiência vivida durante os ensaios, permitindo a identificação de oportunidades de melhoria durante sessões de *brainstorming*. Já a etapa de prototipação transforma em realidade algumas ideias geradas na etapa de ideação por meio de modelos rápidos de conceito e realimenta o ciclo.

Figura 3.2– Fase 2 do método proposto nesta pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

Apesar da importante contribuição da Fase 2 no processo de avaliação da poltrona, houve dificuldade para associar os dados objetivos obtidos através do mapeamento

de pressão com a percepção de desconforto dos participantes em cada postura adotada. Verificou-se que informações detalhadas de cada postura adotada são perdidas se não expressadas no momento da ação. Por esse motivo, mais uma fase foi acrescentada ao método, como mostra a Figura 3.3. A proposta do protocolo de mapeamento de posturas típicas foi avaliar a percepção de desconforto em cada parte do corpo em posturas pré-definidas que representam as posturas mais utilizadas nos ensaios de simulação das atividades da Fase 2 da pesquisa. Ao término da Fase 3, o ambiente vivencial do passageiro está apto para ser produzido e instalado nas aeronaves.

Figura 3.3 – Fase 3 do método proposto nesta pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

Como foi possível perceber, o método foi construído a partir das discussões geradas durante a análise dos dados de cada fase. A Figura 3.4 apresenta uma representação esquemática de método de avaliação de poltronas e cabines de aeronaves proposto nesta pesquisa. As próximas sessões detalham os procedimentos experimentais de cada uma das fases deste estudo.

Figura 3.4 – Representação esquemática de método proposto nesta pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

3.1 FASE 1 - MAPEAMENTO DE PRESSÃO DE POSTURA ESTÁTICA

A fase 1 do método proposto nesta pesquisa foi baseado em estudos na literatura que avaliam o desconforto de poltronas aeronáuticas por meio de medição de pressão de posturas estáticas (YOSHIDA, 2009; SOUZA, 2009).

3.1.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A fase 1 consistiu no mapeamento de postura estática de uma poltrona aeronáutica baseado nas técnicas utilizadas por Yoshida(2009) e Souza (2009). O experimento foi realizado em um laboratório segundo os seguintes procedimentos: a) mapeamento de pressão de interface poltrona ocupante; b) aplicação de um questionário ao término do experimento; c) registro fotográfico dos participantes na posição inicial do experimento.

3.1.1.1 PARTICIPANTES

Participaram desta avaliação 06 pessoas. Antes do início do primeiro ensaios todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido e um termo de autorização de uso de imagem e depoimentos através do qual autorizam o uso das informações prestadas e de imagens, de acordo com orientação do Conselho Nacional de Saúde (CNS, 1996). O projeto “Conforto de Cabine – análise integrada de critérios de conforto” foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da USP (registro CEP-HU/USP 704/06 – SISNEP CAAE: 2242.0.000.198-06) em 02 de março de 2007. Uma cópia do documento aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da USP pode ser visto no Apêndice A.

3.1.1.2 APARATO EXPERIMENTAL

As características do ambiente, local do ensaio e equipamentos utilizados foram:

- Poltrona: um conjunto com duas poltronas aeronáuticas de classe econômica, denominada Poltrona A, conforme mostra a Figura 3.5. A poltrona utilizada nos ensaios foi a do lado direito.

Figura 3.5- Poltrona A

- Local do ensaio: Laboratório
- Condições ambientais: não controladas
- Características da poltrona:
 - Dimensões aproximadas:
 - Altura do assento: 420 mm
 - Largura do assento: 480 mm
 - Largura entre braços: 465 mm
 - Profundidade do assento: 420 mm
 - Altura do encosto: 700 mm
 - Largura do encosto: 450 mm
 - Reclinação do encosto: 22°
 - Reclinação da poltrona do participante: permitida após 5 min de ensaio.
 - Poltrona ao lado: vazia e não inclinada durante todo ensaio.
 - Poltrona da frente: não há
- Equipamentos utilizados:
 - Câmera fotográfica: para registro da postura inicial de cada participante
 - Instrumentação para medição de pressão de interface poltrona ocupante - Foram utilizadas duas matrizes modelo X3 PX100:40.64.02 de 50.8cm x 81.28cm do fabricante XSensor, fixadas sobre o assento e sobre o encosto da poltrona. O tempo ajustado para cada medição foi de 10 min e os dados dos mapas de pressão foram gravados considerando uma frequência de 6 Hz ou 6 quadros por segundo. Mais

informações sobre este equipamento podem ser encontradas no Apêndice B.

- Instrumento de avaliação da poltrona: para este experimento utilizou-se o questionário proposto por Yoshida (2009). O questionário está disponível para consulta no Apêndice C.

3.1.1.3 PROTOCOLO DO ENSAIO

O procedimento seguido nesse experimento foi baseado no texto de Yoshida (2009), que estudou parâmetros de conforto de aeronaves executivas:

- A pesquisadora posiciona as mantas de pressão no encosto e assento da poltrona do lado direito, escolhida para a realização do ensaio, e ajusta a posição da câmera fotográfica, para que todas as fotos possuam o mesmo enquadramento.
- Uma breve introdução sobre o experimento é dada aos participantes.
- A pesquisadora pede para que o participante retire todos os objetos do bolso, bem como o cinto, para que esses objetos não interfiram na coleta de dados.
- O participante se aproxima da poltrona e a pesquisadora o auxilia durante sua acomodação, evitando que a manta escorregue da sua posição inicial.
- O participante se acomoda na poltrona durante o tempo que considerar necessário.
- Quando o participante termina de se acomodar na poltrona, o ensaio inicia. Nesse momento, o equipamento de medição de pressão é ligado.
- O participante deve permanecer sentado por 5 minutos. Durante esse tempo, o participante deve evitar movimentações bruscas.
- Passados 5 minutos, a pesquisadora pede para o participante reclinar o encosto da poltrona.
- Após 5 minutos com o encosto reclinado, o ensaio é finalizado e o participante é convidado a responder um questionário.
- Ao terminar de preencher o questionário, o participante se levanta e chama o próximo voluntário.

3.2 FASE 2 - MAPEAMENTO CONTÍNUO DA PRESSÃO DE INTERFACE

Na fase 1 a poltrona A foi avaliada em um laboratório fora do seu contexto de uso, ou seja, fora da aeronave ou de um ambiente que represente o interior da aeronave. Além disso, o protocolo se caracterizou por avaliar posturas estáticas e dessa forma, a dinâmica do uso da poltrona, assim como a relação entre ela, o passageiro e o interior da aeronave não foram levados em consideração. Por outro lado, conforme foi visto na revisão bibliográfica, os pressupostos da Teoria da Atividade pregam o conceito de ação orientada a um objetivo e mediada por artefatos. Sob este ponto de vista, a avaliação de uma poltrona aeronáutica poderia ser enriquecida ao se considerar as diversas atividades e posturas adotadas durante um voo típico. Pensando nos pressupostos da Teoria da Atividade e do *Design Thinking* uma fase complementar de avaliação de poltronas foi sugerida.

3.2.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A fase 2 desta pesquisa teve como finalidade introduzir conceitos da análise da atividade em avaliações de poltronas aeronáuticas. O procedimento experimental sugere a utilização de medição de pressão contínua em conjunto com outras técnicas como observação, relato pós-experimento e filmagem para avaliar o conforto e o desconforto percebido pelo passageiro nas principais atividades realizadas em um voo típico. Além disso, conceitos de design como imersão, ideação e prototipação podem ser aplicados de forma a estimular o envolvimento da equipe de projeto na avaliação não só da poltrona, mas de todo o seu entorno.

3.2.1.1 IMERSÃO

O protocolo proposto para a fase 2 desta pesquisa foi baseado em uma simulação da experiência de voo, onde o passageiro era o próprio pesquisador. Inspirado em algumas pesquisas que utilizaram observação participante, os membros da equipe do projeto assumiram o papel do usuário na situação a ser avaliada, ou seja, de passageiros realizando as principais atividades realizadas em um voo típico. Para tal, a equipe foi treinada para agir como passageiro em simulações de voo em um

laboratório que representa o interior de uma aeronave comercial. A observação em laboratório permite a criação de situações estruturadas e de certa forma controladas, como por exemplo, o controle das condições ambientais e das atividades realizadas pelos passageiros.

Outras técnicas ajudaram a compor este protocolo e serão mais bem detalhadas nos itens posteriores como a medição contínua de pressão de interface poltrona-ocupante, filmagem, relato após experimento, pares de observação, *brainstorming* e prototipação.

3.2.1.2 APRESENTAÇÃO DO LABORATÓRIO

Um dos pontos a ser melhorado no protocolo da fase 1 é o ambiente no qual o experimento foi realizado. Como visto na seção acima, o método proposto na literatura avalia poltronas fora do seu contexto de uso, ou seja, fora da aeronave. Uma avaliação feita fora do ambiente representativo da poltrona pode até trazer alguma indicação sobre o conforto, porém não é possível concluir como o indivíduo se relaciona com os demais itens do interior da aeronave enquanto está sentado.

Por este motivo, propõe-se a análise de uma poltrona de um avião comercial para passageiros (poltrona A) inserida em um ambiente representativo. Para tal foi utilizado um simulador de interior de uma aeronave comercial instalado no Prédio da Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP. A Figura 3.6 abaixo ilustra o laboratório e as poltronas que serão utilizadas na pesquisa.

O simulador reproduz não só o interior de um avião comercial regional, mas também o sistema de ar condicionado e os efeitos de ruído e vibração para tornar o ambiente ainda mais real.

3.2.1.3 APRESENTAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO

A equipe de projeto é formada por onze pesquisadores do pacote de Ergonomia do Projeto Conforto e Design de Cabine, sendo 6 alunos de iniciação científica, um aluno de mestrado, dois alunos de doutorado e dois professores doutores. Destes pesquisadores, apenas oito foram também observadores participantes. Dentre os oito observadores participantes seis são homens e duas são mulheres.

Além de ser uma equipe bem heterogênea em termos de características físicas, os participantes também possuíam experiências de voo distintas antes do início desta pesquisa. Outra característica interessante desta equipe está na multidisciplinaridade dos pesquisadores, que possuem formações acadêmicas diversas, entre elas, engenharia, ergonomia, design, arquitetura, educação física e medicina.

3.2.1.4 TREINAMENTO DE SENSIBILIZAÇÃO

Antes de iniciar os ensaios propriamente ditos, foi realizado um treinamento de sensibilização com o intuito de nivelar as experiências dos pesquisadores e treinar a percepção deles com relação ao que deveria ser considerado durante as futuras avaliações. O treinamento de sensibilização consistiu em uma simulação de voo no laboratório, na qual os pesquisadores tiveram que desempenhar diversas atividades em um período de 2h. Antes dessa simulação de voo, os pesquisadores receberam a tarefa de prestar atenção nas facilidades e dificuldades encontradas durante a realização das atividades. Além disso, deveriam tentar identificar os motivos das mudanças posturais realizadas. Ao término do voo, cada participante foi convidado a comentar suas experiências e em seguida houve uma discussão sobre as percepções e sensações de cada um a partir dos critérios e conceitos de ergonomia.

Essa etapa da pesquisa foi fundamental para reflexão da importância de se considerar as atividades durante a avaliação de adequação de uma poltrona de avião, assim como para perceber os benefícios de se utilizar um júri treinado neste tipo de estudo. O treinamento de sensibilização serviu também para identificar as técnicas que poderiam ser agregadas ao método a ser proposto a fim de obter maior confiabilidade nos dados. Além da medição da pressão de interface, foram identificadas as seguintes técnicas:

- Relato – a experiência de discussão do que aconteceu após o treinamento de sensibilização foi muito rica e serviu de incentivo para o uso do relato após todos os demais ensaios. O formato sugerido pela equipe para o relato pós ensaio foi de uma entrevista gravada logo após cada ensaio.
- Filmagem dos ensaios – durante a discussão pós-treinamento de sensibilização alguns participantes relataram dificuldade de lembrar-se de todas as posturas adotadas e apoios da aeronave utilizados ao longo do ensaio. Outro ponto levantado foi que através do relato pós-experimento não era possível reproduzir fielmente o curso da ação do pesquisador, uma vez que ele não conseguia lembrar todas as posições dos segmentos corpóreos de cada postura adotada. Consequentemente, uma sugestão foi usar a filmagem do ensaio durante a análise dos dados para ajudar tanto na identificação das mudanças posturais como na restituição e validação do relato dos participantes após os experimentos. Além disso, conforme já havia sido percebido no ensaio de mapeamento estático de pressão, a filmagem pode ser útil na interpretação dos dados de pressão, principalmente na identificação de posturas relevantes ao longo do tempo.
- Pares de observação ou sombra – além da filmagem do ensaio, foi sugerido também que outro pesquisador, ou sombra, também observasse o participante do ensaio sem interferir nas suas ações. A ideia dos pares de observação foi de identificar fatos relevantes como dificuldades e estratégias adotadas pelo passageiro durante o experimento que muitas vezes não seriam verbalizadas ou explicitadas na entrevista pós-experimento.

3.2.1.5 PROTOCOLO DO ENSAIO

A proposta do experimento foi avaliar o comportamento dos pesquisadores ao realizar as atividades de repousar e ler em um ambiente simulado, que representa os aspectos gerais da cabine como arranjo interno, temperatura e iluminação, que normalmente não são considerados em ensaios estáticos. As atividades de repousar e ler foram escolhidas pelo alto grau de dificuldade de realização segundo estudos na literatura (OBORNE, 1978b, GREGHI; et al., 2012). Dessa forma, essa etapa da pesquisa foi dividida em dois experimentos: repouso e leitura. Observou-se 5 pesquisadores ao longo de 40 minutos na posição sentada realizando as atividades de repousar ou ler.

Aparato experimental

O objeto de estudo foi uma poltrona do modelo A, mesmo modelo utilizado no ensaio de medição de pressão estática só que desta vez instalada no simulador apresentado na Figura 3.6 a um *pitch* de 36°. Duas mantas de pressão (PX100 X3 modelo: 50,8 centímetros x 81,28 centímetros 40.64.02 - Xsensor) foram posicionadas no encosto e no assento da poltrona A. Uma câmera de vídeo registrou os movimentos e as posturas adotadas pelos participantes durante todo o experimento.

A temperatura dentro do simulador foi ajustada para 21 ° C e a iluminação interna da cabine foi mantida acesa durante todo o experimento. Apesar do simulador possuir um sistema de reprodução de ruído e vibração característicos da fase de cruzeiro de um voo típico, optou-se por não ligá-lo a fim de se estudar o comportamento dos passageiros sem a influência do ruído e da vibração.

Protocolo dos ensaios

Os participantes permaneceram sentados por 40 minutos em uma poltrona próxima a janela sem nenhum passageiro sentado ao lado ou na frente deles. Os participantes foram filmados ao longo de todo ensaio e também observados por

outro pesquisador, para que as movimentações e posturas adotadas fossem registradas para posterior avaliação. Paralelamente, também foi utilizado o equipamento de mapeamento de pressão de interface para registro das mudanças posturais. No final dos 40 minutos em atividade, cada participante relatou suas percepções sobre o ensaio e descreveram as motivações e intenções que os levaram a mudar de postura durante o experimento.

Um roteiro foi elaborado para auxiliar a pesquisadora a conduzir o experimento da mesma forma para todos os participantes:

- A pesquisadora posiciona as mantas de pressão na poltrona escolhida para a realização do ensaio e ajusta o foco da câmera fotográfica.
- Uma breve introdução sobre o experimento é dada aos participantes.
- A pesquisadora pede para que o participante retire todos os objetos do bolso, bem como o cinto, para que esses objetos não interfiram na coleta de dados.
- O participante se aproxima da poltrona e a pesquisadora o auxilia durante sua acomodação, evitando que a manta escorregue da sua posição inicial.
- Um observador senta em uma poltrona na mesma fileira do participante, porém do outro lado do corredor (ver Figura 3.7) a fim de observar o primeiro participante durante todo o ensaio.
- Quando o participante termina de se acomodar na poltrona, o ensaio inicia. Nesse momento, são ligadas as câmeras e o equipamento de medição de pressão.
- O participante deve permanecer sentado por 40 minutos realizando a atividade de repousar ou ler, dependendo do ensaio ao qual ele foi designado.
- Ao término deste período, o participante é entrevistado pela pesquisadora e pelo observador, que procura reconstituir os principais momentos do ensaio, posturas adotadas, incômodos e conforto e desconfortos.
- O participante se levanta e chama o próximo voluntário.

Figura 3.7 - Arranjo do experimento

Fonte: Elaborado pela autora

3.2.1.6 IDEIAÇÃO

Após a análise preliminar dos dados dos ensaios de leitura e repouso foi realizada uma sessão de *brainstorming* com todos os participantes dos ensaios para capturar as oportunidades de melhoria da poltrona avaliada. O *brainstorming* ou tempestade de ideias é uma técnica desenvolvida por Alex Osborn em 1953 para explorar a criatividade em equipe através da geração de novas ideias, conceitos e soluções para um problema proposto (SIQUEIRA, 2011). Geralmente realizado em grupo, é um processo criativo que possibilita uma abordagem rica para gerar ideias em cima de questões relevantes que nasceram durante as fases de imersão e de análise de dados (VIANNA et al., 2011).

Participaram do *brainstorming* sete pesquisadores¹² do projeto Conforto e Design de Cabine mais a autora deste trabalho, que conduziu as atividades. Para criar uma atmosfera mais informal, a sessão de *brainstorming* foi realizada em uma sala de reunião fora da universidade.

O objetivo da sessão de *brainstorming* nesta pesquisa foi fomentar uma discussão sobre possíveis soluções que pudessem ser incorporadas na poltrona avaliada ou no seu entorno de modo a melhorar a sensação de conforto percebida durante a realização de algumas atividades em voo. Antes de discutir as possíveis melhorias no projeto da poltrona e seu ambiente, foi pedido para que os participantes listassem

¹² Participaram do *brainstorming* os pesquisadores: Amanda Mota, Isabela Gallego, Felipe Mujica, Samuel Cruz, Victor D'Afonseca e Silva, Laerte Sznclwar e Fausto Mascia.

algumas recomendações para que as atividades anteriormente avaliadas no simulador fossem realizadas com sucesso e sem constrangimentos. Discutir essas recomendações foi fundamental para identificar os principais problemas encontrados durante a realização das atividades e nortear a natureza das soluções que deveriam ser incorporadas no projeto da poltrona e seu entorno. O protocolo seguido para a realização do *brainstorming* foi:

- A autora iniciou a reunião explicando que a equipe estava reunida para participar de uma sessão de geração de ideias a partir da experiência que eles tiveram com os ensaios no simulador.
- O problema a ser atacado na sessão de *brainstorming* foi expresso através de uma pergunta: De que forma podemos melhorar a experiência de voo considerando cada uma das atividades analisadas?
- Inicialmente foram concedidos 10 minutos para os participantes pensarem sobre a pergunta.
- Paralelamente foram distribuídas algumas revistas especializadas em interiores de aeronaves (*Aircraft Interiors International*) para inspirar os participantes.
- Ao término do período, os participantes foram convidados a falar sobre a atividade de repouso começando pelas as características ou recomendações para realizar a atividade de repousar, levando em consideração não só o ambiente da cabine de uma aeronave, mas também como eles repousam no carro, em casa ou no sofá.
- Cada comentário foi anotado pela autora em um quadro branco disponível na sala de reunião.
- Feito isso, os participantes começaram a sugerir soluções que pudessem diminuir o desconforto durante a realização da atividade de repousar.
- Mais uma vez as sugestões foram anotadas no quadro branco pela autora.
- Esse mesmo procedimento foi repetido para a atividade de leitura.

3.2.1.6 PROTOTIPAÇÃO

Após reunir as ideias geradas na etapa de ideação, selecionou-se algumas soluções para serem prototipadas. Segundo Brown (2010), a prototipagem permite a exploração de muitas ideias por meio de protótipos rápidos, rudimentares e baratos que não visam criar um modelo funcional, mas saber se a ideia tem ou não valor funcional.

Após a confecção dos protótipos, uma prova de conceito foi feita. Para tal, o protótipo foi instalado no simulador.

3.3 FASE 3 - MAPEAMENTO DE PRESSÃO DE POSTURAS TÍPICAS

Um dos principais pontos em aberto do protocolo apresentado na fase 2 é a dificuldade de associação dos dados objetivos obtidos através do mapeamento de pressão com a percepção de desconforto dos participantes em cada postura adotada. Isso ocorre pelo fato que o relato dos participantes ocorre apenas no final do experimento e ressalta apenas os momentos mais marcantes. Verificou-se que informações detalhadas de cada postura adotada são perdidas se não expressadas no momento da ação.

Para tentar minimizar essa dificuldade, pensou-se em modificar o protocolo para que o relato acontecesse ao longo do experimento ao invés de só no final. Porém, dessa forma, os participantes deixariam de agir naturalmente, uma vez que precisariam interromper o que estavam fazendo para dizer o que estavam sentindo.

Pensando nas restrições encontradas no protocolo anterior e nas posturas semelhantes adotadas pelos participantes, foi proposta mais uma fase para compor o método: simulação de posturas típicas.

A proposta da etapa de simulação de posturas típicas foi avaliar a percepção de desconforto em cada parte do corpo em posturas pré-definidas que representam as posturas mais utilizadas nos ensaios de simulação das atividades de ler e repousar

da fase 2 da pesquisa. Alguns estudos na literatura também propuseram avaliações considerando posturas típicas (TAN et al.; 2009, BRONKHORST; KRAUSE, 2005, DÉNES; TAKÁCS, 2012). Para tal, todas as posturas adotadas pelos participantes nos experimentos foram categorizadas.

De forma a caracterizar e identificar as posturas mais adotadas pelos participantes em cada atividade, cartas de caracterização de posição para cabeça, tronco, braços e pernas foram elaboradas com base no trabalho desenvolvido por Souza et al.(2010), como mostra a Figura 3.8.

Figura 3.8 - Cartas de caracterização de posição de cabeça, tronco e membros

Fonte: Elaborado pela autora

Com o uso das cartas de caracterização de posturas foi possível codificar a postura adotada por cada participante considerando a posição da cabeça, tronco e membros. Um exemplo de postura caracterizada pode ser visto na Figura 3.9.

Figura 3.9 - Exemplo de caracterização de postura

Fonte: Elaborado pela autora

Ao codificar todas as posturas adotadas pelos participantes em cada atividade, foi possível selecionar as posturas que mais apareceram e as que foram adotadas por mais tempo durante os experimentos. Baseado nesses resultados, 8 diferentes posturas foram escolhidas, sendo 4 posturas típicas para repouso e 4 posturas típicas para leitura, como podem ser vistas na Figura 3.10.

Figura 3.10 - Posturas típicas para repousar e ler

Fonte: Elaborado pela autora

3.3.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A fase 3 consistiu num experimento onde foram simuladas as 8 posturas típicas de voo identificadas anteriormente. Em um mesmo experimento, as posturas típicas de repouso e leitura foram simuladas por alguns participantes dentro do mesmo simulador utilizado na fase 2. Três pesquisadores do projeto foram envolvidos neste estudo.

3.3.1.1 APARATO EXPERIMENTAL

Novamente o objeto de estudo foi a poltrona do modelo A instalada no simulador de interior de aeronave apresentado na fase 2.

Duas mantas de pressão (PX100 X3 modelo: 50,8 centímetros x 81,28 centímetros 40.64.02 - Xsensor) foram posicionadas no encosto e no assento de cada poltrona localizada a lado da janela, como mostra a Figura 3.11. A poltrona utilizada está posicionada atrás de uma poltrona do mesmo modelo e o encosto da poltrona da frente não está reclinado.

Figura 3.11 - Arranjo do experimento

Fonte: Elaborado pela autora

Uma câmera fotográfica foi utilizada para registrar a postura inicial de cada participante e gravar o relato ao término do experimento.

A temperatura dentro do simulador foi ajustada para 21 °C e a iluminação interna da cabine foi mantida acessa durante todo o experimento. Assim como na fase 2, optou-se por não ligar o sistema de reprodução de ruído e vibração a fim de se avaliar a percepção dos participantes nas mesmas condições que as posturas típicas ocorreram.

3.3.1.2 AVALIAÇÃO SUBJETIVA

O objetivo da avaliação subjetiva foi estimar a percepção de conforto também de desconforto em cada parte do corpo em uma dada postura pré-definida com o intuito de correlacioná-la com dados objetivos obtidos através da medição de pressão.

Antes de chegar ao formato final do instrumento de avaliação subjetiva, um questionário preliminar foi aplicado em um estudo piloto com 5 pessoas. Com as contribuições dos participantes do estudo piloto foi possível melhorar a organização das perguntas aperfeiçoar a compreensão dos enunciados.

O instrumento de avaliação subjetiva utilizado na simulação de posturas típicas é composto de três componentes: ficha de caracterização do participante, ficha de medição antropométrica e ficha de avaliação de desconforto, como pode ser visto no Apêndice D.

- Ficha de caracterização do participante - tem o objetivo de colher algumas informações sobre o participante.
- Ficha de medição antropométrica – visa obter as principais medidas antropométricas dos participantes que possam ter alguma relação com a percepção de desconforto na postura sentada.
- Ficha de avaliação de desconforto – para avaliar a percepção de desconforto em cada uma das posturas típicas de voo foi desenvolvido um questionário auto-administrado. De acordo com o objetivo do experimento, duas questões foram desenvolvidas para obter estimativas subjetivas da intensidade de desconforto em cada parte do corpo em cada postura típica avaliada.

A primeira questão requer que os participantes estimem numericamente a sensação de desconforto na postura anteriormente adotada atribuindo uma posição em uma escala de resposta de 10 cm com descritores “nenhum desconforto” e “muito desconforto” (OBONE; CLARK, 1973):

A segunda questão teve como base alguns instrumentos utilizados na literatura (CORLETT; BISHOP, 1976, CORLETT; MANENICA, 1980, GUIMARÃES, 2001 KYUNG et al., 2008) e traz um mapa corporal associado a uma escala discreta de 0 a 10, variando de “nenhum desconforto” a “muito desconforto”, utilizada para obter a percepção de desconforto em vinte e três regiões do corpo em contato direto com a poltrona (pescoço, região superior das costas, região mediana das costas, região inferior das costas, nádegas e coxas), como pode ser visto na Figura 3.12.

Fonte: Elaborado pela autora

3.3.1.3 PROTOCOLO DO ENSAIO

Um roteiro foi elaborado para auxiliar a autora a conduzir o experimento da mesma maneira para todos os participantes. Dessa forma, os experimentos foram baseados na seguinte sequência de procedimentos:

- A autora posiciona as mantas de pressão na poltrona escolhida para a realização do ensaio.
- O participante se aproxima da poltrona e a autora o auxilia para sentar corretamente em cima das mantas.
- Quando o participante termina de se acomodar na poltrona, o ensaio inicia.
- Uma breve introdução sobre o experimento é dada aos participantes.
- O participante deve permanecer sentado por 10 minutos, sem restrição de postura e atividade.
- Passados os 10 minutos iniciais, o equipamento de medição de pressão é ligado e a simulação de posturas típicas inicia.
- A autora mostra uma imagem com a postura que o participante deve adotar (Figura 3.10) e o auxilia na composição da mesma.
- O participante deve permanecer 1 minuto nessa posição sem se mexer.
- Ao término de 1 minuto, o participante responde o questionário de avaliação de desconforto e faz um relato da sua percepção da postura adotada.
- Este procedimento é repetido para as outras 7 posturas.
- Ao término da simulação das posturas, o participante responde uma ficha de caracterização e suas medidas antropométricas são colhidas.

Para diminuir a influência da fadiga na avaliação das posturas, a ordem da apresentação das posturas foi aleatorizada.

4. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados alcançados nos experimentos, de acordo com as fases do método proposto.

4.1 ANÁLISE DOS DADOS DA FASE 1 - MAPEAMENTO DE PRESSÃO DE POSTURA ESTÁTICA

Nesse item é apresentada a análise dos dados coletados na fase 1 da pesquisa. Através desses experimentos procurou-se investigar os dados provenientes da medição de pressão e suas relações com a percepção dos participantes sobre alguns aspectos da poltrona. Para tal, são apresentados os resultados da análise dos dados obtidos através das:

- Mapeamento de pressão de interface
- Respostas do instrumento de avaliação de poltrona

4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Participaram desta avaliação 06 pessoas, sendo 4 homens e 2 mulheres com idade variando de 21 à 32 (média = 24.8, mediana = 23). Na ocasião, todos os participantes eram alunos de graduação ou pós-graduação da USP participantes do projeto Conforto e Design de Cabine. A Tabela 4.1 apresenta as características de peso e altura dos participantes. Os dados antropométricos completos dos participantes se encontram no Apêndice E.

Tabela 4.1 - Peso e altura dos participantes

1,70m	1,54m	1,78m	1,78m	1,75m	1,87m
70kg	57kg	68kg	78kg	69kg	100kg

Fonte: Elaborado pela autora

4.1.2 ANÁLISE DA MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE

Para a análise dos dados provenientes da medição de pressão foram utilizados o software do sistema de mapeamento de pressão *X3 PRO*, uma rotina em *Matlab* e uma planilha em *Excel* desenvolvidas pela autora para o cálculo da distribuição de pressão em diferentes regiões do mapa de pressão. A rotina em *Matlab* encontra-se no Apêndice F. Através do software *X3 PRO* os dados gerados pelas duas mantas de pressão foram registrados na forma de frames (quadros) como num vídeo, onde cada quadro representa uma fotografia dos valores dos sensores tirada de tempos em tempos, de acordo com a frequência de aquisição definida pelo protocolo da pesquisa. Como descrito anteriormente, os dados dos mapas de pressão desta pesquisa foram gravados considerando uma frequência de 6 Hz, ou 6 quadros por segundo.

O software *X3 PRO* possui algumas análises e visualizações disponíveis como figuras da manta em modelo 2D e 3D quadro a quadro, histograma, gráfico de pressão versus tempo, valores de pressão média e pico de pressão. A Figura 4.1 mostra a interface gráfica do software.

Fonte: Elaborado pela autora

Antes do início da análise dos dados, é importante ajustar a unidade de medição da pressão para mmHg e a escala da legenda de cores. A sensibilidade à pressão das costas é diferente da sensibilidade das coxas e tuberosidades isquiáticas, por isso a apresentação dos resultados deve ser feita de acordo com a legenda de cores para cada manta de sensores de pressão. Quanto mais quente a cor, mais pressão está sendo aplicada no ponto analisado. Foi utilizada uma escala de 10 mmHg (pressão mínima captada pelos sensores, segundo o fabricante) até 70 mmHg, ilustrada na Figura 4.2. Os valores da escala foram escolhidos de forma a ressaltar os pontos de pressão considerados mais altos.

Figura 4.2 - Legenda de cores do mapa de pressão

Fonte: Elaborado pela autora

O início da análise dos dados começa com a verificação do gráfico de pressão versus tempo para cada participante. Com esse gráfico é possível examinar se

houveram mudanças de posturas ao longo da tomada de dados do ensaio, uma vez que a sensibilidade da manta consegue captar pequenas mudanças de pressão ocasionadas pela movimentação dos participantes.

Neste caso, uma vez que os ensaios foram de curta duração, observou-se que a maioria dos participantes adotou apenas uma postura durante a condição do encosto levantado e uma postura na condição de encosto reclinado. As setas em vermelho na Figura 4.3 mostram o momento da mudança de postura em cada gráfico de pressão versus tempo.

Figura 4.3 - Gráfico Pressão versus Tempo para os seis participantes

Fonte: Elaborado pela autora

Além de verificar as mudanças bruscas de posturas, a análise desse tipo de gráfico ajuda na determinação de pequenas oscilações ocasionadas por uma mudança mínima de posição ou mesmo interferência ou ruído na manta. Quando os experimentos são filmados, é possível cruzar os dados do gráfico com a filmagem a fim de verificar a relevância da mudança de postura para a análise dos dados. Se a variação for irrelevante para a pesquisa, como por exemplo, uma pessoa bocejando, é possível através do software *X3 PRO* eliminar os quadros indesejáveis. Como

neste ensaio específico foram registradas apenas as imagens do início de cada ensaio não foi possível fazer a confrontação do vídeo com os dados de pressão versus tempo. Porém, devido a movimentações relativas à acomodação do participante no início do ensaio e no momento da reclinção do encosto, foi necessário retirar alguns quadros do início e no meio da medição.

Após a identificação de cada postura adotada por cada participante e da eliminação dos quadros indesejáveis é possível gerar um mapa com os valores médios de pressão em cada sensor no intervalo correspondente a cada postura adotada, como mostra a Figura 4.4.

Figura 4.4 - Mapas de pressão do assento e do encosto com valores médios de pressão para um dos seis participantes na condição de encosto levantado

Fonte: Elaborado pela autora

O protocolo sugerido na fase I desta pesquisa permite comparar os mapas de pressão dos diferentes participantes. Ao reuni-los, como na Figura 4.4, é visualmente fácil de identificar:

- A região do corpo em contato com a poltrona que ocorrem as maiores concentrações de pressão;

- Se as áreas com maior concentração de pressão se repetem sempre no mesmo lugar;
- Se a distribuição da pressão é simétrica;

No caso da Figura 4.4, os mapas de pressão mostram que as regiões com maior concentração de pressão no assento são as tuberosidades isquiáticas e o trocanter maior e no encosto é a região lombar. É possível notar também diferenças entre mapas de pessoas com percentis distintos, como é o caso do participante 2 e o participante 6. A participante 2 é uma mulher percentil 10% e possui pernas mais curtas. Por esse motivo, seu mapa de pressão apresenta maior concentração de pressão nas tuberosidades isquiáticas e na fossa poplítea. Já a poltrona para o participante 6, um homem percentil 95%, é baixa e pouco profunda e dessa forma, ocorre concentração de pressão nas tuberosidades isquiáticas e no trocanter maior.

Os mapas de pressão também podem ser utilizados para verificar a simetria da distribuição de pressão. Na Figura 4.4 é possível perceber que a pressão não está uniformemente distribuída entre o lado direito e esquerdo dos mapas, revelando regiões com concentração maior de pressão na coxa e tuberosidades isquiáticas da direita. Essa assimetria pode ser causada por diversos motivos como não uniformidade da espuma, composição estrutural da poltrona, instalação inadequada no laboratório, etc.

Além dos mapas gerados automaticamente pelo software, a literatura mostra que a análise dos dados de medição de pressão pode ser enriquecida ao dividir os mapas em algumas regiões e a partir delas avaliar questões como simetrias, porcentagem de carga, gradiente de pressão, entre outras. A partir deste ponto, serão apresentados os dados da análise completa para o participantes 3, um homem percentil 67%, de acordo com a definição de Tilley (2005).

A Figura 4.5 mostra o número de ocorrência de um valor de pressão por intervalos de 10 mmHg para o participantes 3 na condição de encosto levantado. A pressão no assento do participante 3 está distribuída entre 10 mmHg e 72 mmHg, tendo uma predominância de valores de pressão entre 30 e 39 mmHg e pressão média de

33,82 mmHg. Já a pressão no encosto do participante 3 apresenta valores de pressão mais baixos do que o assento e se distribui entre os valores de 10 e 32 mmHg. A pressão média no encosto é de 15,26 mmHg. Observando o histograma é possível perceber que apenas 2% dos sensores ativados apresentam valores de pressão acima de 60 mmHg.

Figura 4.5 - Gráfico de distribuição de pressão para o participante 3 (encosto levantado)

Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico de distribuição de frequências sozinho não é capaz de dizer em que regiões da poltrona as pressões estão se concentrando, por isso é necessário analisar os mapas de pressão e calcular outras medidas como área de contato do corpo do participante com a poltrona, pressão média e pico de pressão. O software *X3 PRO* calcula automaticamente medidas como área de contato do corpo do

participante com a poltrona, pressão média e pico de pressão para cada quadro ou conjunto de quadros. A Tabela 4.2 e a Tabela 4.3 fazem um resumo dos dados da medição de pressão nas condições de encosto levantado e reclinado para todos os participantes da fase 1 desta pesquisa.

Tabela 4.2 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para todos os participantes na condição de encosto levantado

ID	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	% sensores acima 60mmHg
1	16,49	43,64	96,00	31,56	51,70	207,00	0,12
2	17,32	31,39	58,25	30,74	48,98	222,25	0,11
3	15,26	32,16	60,00	33,82	72,00	196,50	2,16
4	15,25	35,82	77,00	37,89	107,71	219,50	8,31
5	14,18	26,58	59,00	32,65	82,51	193,50	2,45
6	17,42	36,28	115,50	39,78	85,37	235,00	5,43

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 4.3 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para todos os participantes na condição de encosto reclinado

ID	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	% sensores acima 60mmHg
1	15,89	50,30	123,50	31,21	49,62	205,25	0,12
2	16,46	36,13	65,25	28,97	47,09	216,50	0,12
3	15,80	30,93	82,25	33,73	61,82	200,50	0,25
4	16,96	35,78	115,75	35,08	105,78	230,50	2,28
5	14,40	33,38	66,25	33,10	71,60	187,50	1,47
6	18,37	39,36	146,50	39,77	83,29	217,75	13,32

Fonte: Elaborado pela autora

Considerando as duas condições de encosto, as pressões médias no encosto ficaram entre 14 e 18 mmHg e no assento entre 28 e 39 mmHg. Já os picos de pressão no encosto variaram entre 26 e 50 mmHg enquanto no assento a variação foi entre 47 e 107 mmHg. Com relação à área de contato, a variação no encosto foi entre 0,04 à 0,09 m² (58,25 a 146 in²) e no assento 0,12 à 0,15 m² (187 a 235 in²).

A Figura 4.6 apresenta os mapas de pressão para o participante 3 nas condições de encosto levantado e reclinado. Ao comparar esses mapas, observa-se uma diminuição das regiões de concentração de pressão nas tuberosidades isquiáticas (por meio da diminuição das áreas vermelhas no assento) e um aumento na área de contato na região lombar (aumento da área azul claro no encosto) ao passar da

condição de encosto levantado para reclinado. Essas diferenças podem ser confirmadas com os valores de pressão média e área de contato associadas (ver Tabela 4.2 e Tabela 4.3). A área de contato do corpo do participante 3 com a superfície da poltrona na condição de encosto levantado é de $0,17\text{m}^2$ ($256,50\text{ in}^2$), enquanto na condição de encosto reclinado é de $0,18\text{ m}^2$ ($282,75\text{ in}^2$).

Figura 4.6 - Mapas de pressão para o participante 3 nas condições de encosto levantado e reclinado.

Uma vez verificada a frequência dos valores de pressão e a área de contato do corpo do participante com a superfície da poltrona, é chegada a hora de analisar os picos de pressão e onde ocorrem esses valores. Para o participante 3 as regiões com maior concentração de pressão são as tuberosidades isquiáticas e a fossa poplíteia no assento e a região lombar no encosto, nas duas condições do ensaio. Na condição de encosto levantado, o pico de pressão no assento é de $72,00\text{ mmHg}$ e o pico de pressão no encosto é de $32,16\text{ mmHg}$ (ver Tabela 4.2 e Tabela 4.3). Por outro lado, na condição de encosto reclinado, se comparado aos valores com o encosto levantado, o pico de pressão diminui para $61,82\text{ mmHg}$ no assento e para $30,93\text{ mmHg}$ no encosto.

Com o intuito de avaliar a distribuição de carga na poltrona, os dados do mapeamento de pressão foram divididos em dez: região superior das costas, região mediana das costas, região inferior das costas, nádegas e coxas. Com a ajuda da rotina gerada no *Matlab* pela autora, dados de pressão média, área de contato, pico

de pressão e porcentagem de carga da região no assento ou encosto foram calculados para cada uma das dez regiões, como mostra a Figura 4.7 para o participante 3 na condição de encosto levantado.

Figura 4.7- Mapa do assento do participante 3 na condição de encosto levantado dividido em dez regiões

Fonte: Elaborado pela autora

Ao dividir o mapa desta forma, é possível comprovar se há ou não simetria entre o lado direito e esquerdo em termos de área de contato e pressão média e onde ocorre o pico de pressão. No caso da distribuição do assento participante 3, ocorre uma leve assimetria que carrega um pouco mais a nádega direita e a lombar esquerda e as pressão máxima no assento e no encosto também ocorrem nessas

regiões. Conforme visto anteriormente, apenas 2% dos sensores ativados no assento estavam acima de 60 mmHg.

A Figura 4.8, a Figura 4.9, a Figura 4.10, e a Figura 4.11 mostram a distribuição de carga no encosto e no assento, nas duas condições avaliadas, para todos os participantes.

Figura 4.8 - Distribuição media de carga no encosto na condição encosto levantado – todos participantes

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 4.9 - Distribuição media de carga no encosto na condição encosto reclinado – todos participantes

Fonte: Elaborado pela autora

Para a poltrona avaliada, a reclinção do encosto da poltrona provoca um aumento na concentração de carga na região mediana das costas (região lombar). Já as distribuições no assento quase não se alteram com a reclinção do encosto.

Figura 4.10 - Distribuição media de carga no assento na condição encosto levantado – todos participantes

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 4.11 - Distribuição media de carga no assento na condição encosto reclinado – todos participantes

Fonte: Elaborado pela autora

Outra maneira de dividir os mapas de pressão foi proposta por Mergl (2006). Com a ajuda da rotina gerada no *Matlab* pela autora, dados de porcentagem de distribuição

de carga, a pressão máxima e máximo gradiente no assento e encosto foram calculados para cada uma das catorze regiões, como mostra a Figura 4.12.

Figura 4.12 - Mapas de pressão divididos em catorze regiões - Participante 3 na condição de encosto levantado

Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com a Figura 4.13, na condição de encosto levantado, a região 4 do encosto do participante 3 apresentou pressão máxima de 28,22 mmHg e 42% de porcentagem de distribuição de carga. Já a região 5 do encosto exibiu pressão máxima de 24,17 mmHg e 48% de porcentagem de distribuição de carga. Por outro lado, no assento, as regiões 2 e 3 apresentaram pressão máxima de 72,00 e 53,03 mmHg, 55 e 41% de porcentagem de distribuição de carga e gradiente máximo de 19,55 e 21,15 mmHg.

Figura 4.13 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 3 na condição de encosto levantado – Mapas de pressão divididos em catorze regiões

		Pressão média (mmHg)	Pico de pressão (mmHg)	Área (in ²)	% distribuição de carga
Encosto	E1	0,00	0,00	0,00	0
	E2	0,00	0,00	0,00	0
	E3	14,48	24,17	29,75	48
	E4	15,71	28,22	23,75	42
	E5	0,00	0,00	0,00	0
	E6	11,48	16,73	2,00	3
	E7	13,80	23,64	2,00	3
	E8	18,34	32,16	1,50	3
	E9	10,79	19,33	1,00	1
Assento	A1	8,18	12,14	1,00	0
	A2	39,17	72,00	92,00	55
	A3	30,85	53,03	87,25	41
	A4	20,22	34,80	12,75	4
	A5	0,00	0,00	0,00	0

Fonte: Elaborado pela autora

4.1.3 RESPOSTAS AO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DAS POLTRONAS

O instrumento de avaliação de poltronas teve o objetivo não só de avaliar aspectos dimensionais da poltrona como por exemplo altura, largura e profundidade do assento, mas também de caracterizar melhor a amostra, levantando o histórico de problemas na coluna dos participantes e nível de experiência de voo.

Em termos de problemas na coluna, verificou-se que dois participantes possuem escoliose, sendo que um deles sente dores frequentes na região lombar (3 vezes por semana). Com relação a experiência de voo, a amostra se apresentou heterogênea: um participante nunca voou de avião, dois participantes já voaram algumas vezes e três participantes viajam duas vezes por ano.

De maneira geral, as respostas dos participantes sobre os itens relacionados com as dimensões da poltrona foram condizentes com suas características antropométricas. A Tabela 4.4 traz uma comparação das medidas da poltrona com as principais medidas antropométrica dos participantes.

Tabela 4.4 - Comparação das medidas da poltrona e as medidas antropométricas dos participantes

Medidas da poltrona	(mm)	Medidas antropométricas (mm)	1	2	3	4	5	6
Altura do assento	420	altura polplítea	450	442	453	442	435	445
Largura do assento	480	largura do quadril	367	402	311	385	330	430
Profundidade do assento	420	comprimento glúteo Joelho	456	415	445	486	516	545
Altura do encosto	700	altura tronco-cefálica	865	800	909	924	878	990
Largura do encosto	450	largura dos ombros	455	403	444	440	460	470

Fonte: Elaborado pela autora

Ao serem questionados sobre a altura do encosto da poltrona, os participantes mais baixos classificaram o encosto como alto, enquanto os participantes com estatura mediana e alta classificaram-a como baixa ou muito baixa. O mesmo ocorreu com a altura do apoio de cabeça, onde apenas os dois participantes mais baixos assinalaram a opção alta, enquanto os demais responderam que ele era muito baixo ou ideal (apenas 1 voto). Já a inclinação do encosto não apresentou relação com as características antropométrica, sendo considerada pouca ou muito pouca por todos participantes.

Metade dos participantes classificou a altura da poltrona como ideal, dois classificaram como alta e um como baixa. Com relação a profundidade do assento, apenas um participante classificou o assento como profundo e os demais classificaram como curto ou ideal. O participante que classificou o assento como profundo possui a medida glúteo-patela menor do que a profundidade do assento, o que dificulta o seu posicionamento na poltrona. Um assento muito profundo e alto faz com que o ocupante tenha que escolher entre ficar com as costas apoiada no encosto da poltrona e os pés sem apoiar no chão ou apoiar os pés no chão e não encostar totalmente as costas no encosto.

Referente ao apoio de braço, quatro participantes consideraram a altura e o comprimento do apoio de braço ideal e apenas dois participantes votaram o apoio como sendo baixo e curto. Quando os participantes foram questionados com relação a largura do assento da poltrona, todos eles assinalaram a opção ideal. No caso da largura do encosto, a resposta não foi muito diferente, sendo que apenas uma pessoa, a mais alta do experimento, assinalou a opção estreita, enquanto os demais assinalaram a opção ideal.

Tirando as perguntas sobre as dimensões da poltrona, os participantes ainda responderam questões sobre o estofado e o formato da mesma. Nestas questões não houve uma tendência uniforme das respostas.

Com relação ao aspecto de conforto da poltrona durante os 10 minutos de ensaio, 5 dos 6 participantes classificaram essa poltrona como confortável e apenas uma pessoa julgou-a como pouco confortável. Apesar do questionário apontar que a poltrona é confortável, ao responder as perguntas discursivas os participantes puderam trazer sugestões para melhorar aspectos que os incomodaram durante o ensaio. Analisando essas respostas foi possível identificar três pontos de descontentamento com a poltrona: o material da poltrona que “aquece em excesso as partes em contato com o corpo”, falta de apoio lombar e falta de apoio de cabeça.

Para finalizar a análise dos dados subjetivos, os participantes que já haviam voado de avião relataram algumas estratégias utilizadas para diminuir o desconforto em viagens longas: cruzar as pernas, variar a postura e deslizar no assento.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS DA FASE 2 - MAPEAMENTO CONTÍNUO DA PRESSÃO DE INTERFACE

Uma análise aprofundada da atividade de repouso e leitura levou em consideração as posturas adotadas ao longo do experimento, os mapas de pressão e o relato dos participantes.

4.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Três participantes do sexo masculino foram envolvidos no estudo de repouso e dois homens e uma mulher participaram do ensaio de leitura, como mostra Tabela 4.5. A idade dos participantes variou entre 22 e 30 anos. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo comitê de ética regional (Projeto "conforto da cabine - Integrado de Análise e Desenvolvimento de Critérios de Conforto Registro-CEP: 704/06)". Todos os indivíduos que participaram deram o seu consentimento.

Tabela 4.5 - Características dos participantes do ensaio de repouso e leitura

Ensaio de leitura			Ensaio de Repouso

Participante 1 1,70m 70kg	Participante 2 1,78m 78kg	Participante 3 1,78m 68kg	Participante 1 1,78m 73kg	Participante 2 1,68m 65kg	Participante 3 1,78m 68kg

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.2 ANÁLISE DA MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE

Para a análise dos dados provenientes da medição de pressão foram utilizados o software do sistema de mapeamento de pressão *X3 PRO*, uma rotina em *Matlab* (ver Apêndice F) e uma planilha em *Excel* desenvolvidas pela autora para o cálculo da distribuição de pressão em diferentes regiões do mapa de pressão.

Através da medição contínua da pressão de interface entre o participante e a poltrona ao longo dos 40 minutos de ensaio, foi possível gerar um mapa de pressão para cada postura adotada por cada participante. As mudanças de posturas, bem como a duração de cada uma delas, foram identificadas ao analisar o gráfico de pressão versus tempo em conjunto com a filmagem do experimento. O gráfico de pressão versus tempo evidencia as mudanças de postura por meio da presença de transientes nas curvas correspondentes a manta do encosto e a manta do assento. Além disso, graças à filmagem do experimento, foi possível identificar que parte do corpo mudou em cada alteração de postura.

Por exemplo, a Figura 4.14 mostra que o participante 2 adotou apenas 8 posturas durante os 40 minutos de ensaio. Esse participante levou aproximadamente 90 segundos no início do experimento se acomodando na poltrona, ou seja, realizando uma sequência de pequenas alterações de posturas com duração inferior a 30 segundos. Após a acomodação inicial, o participante realizou pequenas mudanças de posição de pernas e braços até novamente passar por um momento de acomodação maior, que foi quando o participante 2 vestiu a blusa de moletom que estava servindo como apoio de cabeça nas posturas anteriores.

Foram consideradas posturas estáveis aquelas que eram mantidas por um tempo superior a 30 segundos, pois analisando os gráficos pressão versus tempo, observou-se que quando ocorre um evento, demora-se pelo menos 15 segundos para o gráfico estabilizar e chegar a um novo patamar. Dessa forma, multiplicou-se esse valor por dois para se ter certeza que não haveria influencia dos transientes.

Uma vez identificadas as mudanças posturais, pode-se estabelecer um mapa de pressão para cada postura, como foi feito na Figura 4.14.

Figura 4.14 - Gráfico pressão versus tempo e as posturas adotadas pelo participante 2 ao longo do experimento de repouso

Fonte: Elaborado pela autora

Observando os 8 mapas é possível constatar que há diferenças entre eles. É interessante notar que ao analisar os mapas de pressão sozinhos fica fácil identificar mudanças na posição das pernas, tronco, e cabeça, porém algumas mudanças

principalmente com os braços e com a cabeça, quando ela não está apoiada, são difíceis de inferir se não houver a ajuda da filmagem. Por meio da filmagem é possível verificar o teor de cada mudança postural, além de ser essencial para a validação dos dados dos ensaios.

Em um ensaio de medição de pressão contínua, como este, a movimentação dos sujeitos fica evidente, mostrando para diversas posturas as regiões mais solicitadas da poltrona, assim como pontos de maior concentração de pressão ou falta de apoio. Para entender um pouco mais o comportamento do participante e sua relação com a poltrona, pode-se fazer uma sobreposição dos mapas de pressão de cada postura adotada por cada participante. O mapa resultante da sobreposição pode ser utilizado para delimitar o contorno da área de interface entre a poltrona e o ocupante durante todo o ensaio, como mostram as representações do encosto e do assento para os participantes do ensaio de repouso e leitura nas Figura 4.15. e Figura 4.16.

Figura 4.15 - Sobreposição dos mapas de pressão de cada postura adotada durante o ensaio de repouso para cada participante

Participante Repouso 1

Participante Repouso 2

Participante Repouso 3

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 4.16 - Sobreposição dos mapas de pressão de cada postura adotada durante o ensaio de leitura para cada participante

Participante Leitura 1

Participante Leitura 2

Participante Leitura 3

Fonte: Elaborado pela autora

Além da área de contorno é possível notar algumas diferenças entre as sobreposições dos mapas dos ensaios de leitura e repouso. Uma delas é a predominância da orientação do apoio das pernas e costas paralelas a linha longitudinal da poltrona no ensaio de leitura, enquanto no ensaio de repouso fica nítida a presença de posturas mais “inclinadas” na poltrona. Além disso, os mapas do ensaio de repouso mostram que uma área maior do encosto da poltrona foi solicitada durante este ensaio se comparado com o ensaio de leitura. Outro fato interessante é que o uso do apoio de cabeças foi bem comum no ensaio de repouso e pouco explorado no ensaio de leitura. Já um ponto em comum de todos os mapas de pressão do encosto da poltrona foi a falta de apoio na região lombar.

Também é possível fazer uma sobreposição dos centros de pressão assento e no encosto de cada postura adotada, como mostram as Figura 4.17 e Figura 4.18. O centro de pressão (COP) é definido como o ponto de aplicação da força resultante entre duas superfícies, no caso o ocupante e a poltrona. Neste caso, ao sobrepor os centros de pressão do assento e do encosto é possível observar o caminho percorrido por eles ao longo do experimento. Os losangos vermelhos representam os centros de pressão e os valores ao lado deles os números das posturas correspondentes.

Figura 4.17 - Passeio dos centros de pressão no assento - posturas adotadas pelo participante 2 no ensaio de repouso

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 4.18 - Passeio dos centros de pressão no encosto - posturas adotadas pelo participante 2 no ensaio de repouso

Fonte: Elaborado pela autora

A avaliação do comportamento do centro de pressão evidencia os tipos de mudança de postura ao longo do tempo: micro e macromovimentos. Micromovimentos são movimentos de baixa amplitude ao redor de uma mesma postura, enquanto os macromovimentos são mudanças maiores na postura. Na Figura 4.17, por exemplo, é possível perceber que ocorreram dois macromovimentos de tronco do participante 2 ao longo do experimento (vide regiões tracejadas). Nas posturas de 1 a 4, as mudanças de COP no encosto foram pequenas (ou micromovimentos), já a mudança para a postura 5 e depois para a postura 6 foram mais significativas. O Apêndice G mostra os passeios do centro de pressão para os demais participantes. Analisando os passeios do centro de pressão para os demais participantes verificou-se que nos ensaios de repouso os macromovimentos eram mais bem definidos do que nos ensaios de leitura.

Olhando para os valores das coordenadas do centro de pressão do assento e encosto no início e no final do experimento presentes nas Tabela 4.6 e Tabela 4.7, verificou-se que tanto no caso do repouso quanto no de leitura o maior deslocamento ocorreu no encosto. O mesmo aconteceu com o a maior amplitude entre centros de pressão. Comparando os deslocamentos entre as duas atividades, foi possível identificar que em geral os deslocamentos durante a leitura foram menores do que durante o repouso tanto para o encosto quanto para o assento.

Tabela 4.6- Valores iniciais e finais do centro de pressão no ensaio de repouso para cada participante

ID	Local	Posição inicial do COP (in)	Posição final do COP (in)	Final menos inicial (in)	Maior diferença (in)
1	assento	22,27	21,56	0,71	4,30
		16,05	17,75	-1,70	4,10
	encosto	22,25	27,80	-5,55	12,64
		41,77	30,48	11,29	11,29
2	assento	19,80	22,71	-2,91	4,23
		18,79	20,75	-1,96	4,25
	encosto	13,48	11,07	2,41	2,77
		34,89	36,68	-1,79	3,08
3	assento	20,26	20,93	-0,67	0,89
		16,75	13,71	3,04	6,87
	encosto	22,31	20,50	1,81	12,85
		34,61	32,50	2,11	11,32

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 4.7- Valores iniciais e finais do centro de pressão no ensaio de leitura para cada participante

ID	Local	Posição inicial do COP (in)	Posição final do COP (in)	Final menos inicial (in)	Maior diferença (in)
1	assento	21,53	21,58	0,05	1,91
		16,51	16,51	0,00	1,26
	encosto	12,89	15,97	3,08	5,24
		22,98	22,47	-0,51	5,71
2	assento	21,06	20,13	-0,93	2,09
		16,89	17,82	0,93	4,75
	encosto	17,58	13,7	-3,88	9,68
		41,51	44,38	2,87	29,81
3	assento	21,02	20,06	-0,96	2,17
		16,86	18,15	1,29	8,78
	encosto	19,03	18,06	-0,97	10,22
		41,60	39,39	-2,21	8,9

Fonte: Elaborado pela autora

Analisando agora os dados de pressão, a Tabela 4.8 faz um resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para cada postura adotada pelo participante 2 ao longo do ensaio de repouso.

Tabela 4.8 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 2 do ensaio de repouso

Postura	Encosto			Assento			% sensores acima 60mmHg
	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	
1	17,45	33,12	103,50	32,53	92,58	171,50	3,50
2	17,39	33,66	107,75	32,71	82,21	174,50	2,58
3	16,85	33,74	108,25	31,54	98,32	171,00	3,36
4	17,72	42,83	108,25	31,82	73,37	185,25	0,40
5	19,38	42,36	106,25	33,72	141,85	184,75	6,09
6	17,87	70,14	99,50	41,60	128,23	139,00	17,63
7	17,29	66,21	101,00	42,25	167,41	138,75	19,64
8	17,50	63,58	108,50	43,28	213,34	127,75	16,44
média	17,68	48,21	105,38	36,18	124,66	161,56	8,71
mediana	17,48	42,60	107,00	33,22	113,28	171,25	4,80
desvio padrão	0,75	15,83	3,58	5,19	48,04	22,76	7,82

Fonte: Elaborado pela autora

Observe que os valores vão se alterando ao longo das posturas adotadas. Conforme a postura vai mudando a área do assento vai diminuindo e o pico de pressão vai aumentando e algumas vezes chegam a valores até 100% maiores do que os valores iniciais. Esse fenômeno também pode ser visto na Figura 4.14 aonde os mapas de pressão do assento vão apresentando mais pontos vermelhos. A

porcentagem de sensores acima de 60 mmHg também aumenta ao longo do experimento, chegando a quase 20% na postura 7. No Apêndice H é possível conferir o resumo dos dados e os mapas de pressão dos participantes do ensaio de repouso e leitura.

4.2.3 ANÁLISE POSTURAL

A análise postural foi feita a partir da observação das imagens gravadas em cada experimento. Cada participante teve uma frequência de movimentos diferente durante o experimento, independentemente se o estudo era de repouso ou leitura. No ensaio de repouso, o primeiro participante foi o mais inquieto dos três, adotando 22 posturas diferentes ao longo dos 40 minutos. Já o segundo participante foi o mais tranquilo, ficando em apenas 8 posturas durante todo o ensaio. Já a frequência de movimentação do terceiro participante ficou no meio entre os outros dois participantes, com um total de 13 posturas.

A frequência de mudanças posturais no ensaio de leitura foi mais homogênea. O primeiro participante adotou 18 posturas, o segundo 19 e o terceiro 17 posturas. Essas diferenças podem estar relacionadas a vários fatores, entre eles, o engajamento na atividade e grau de desconforto percebido.

4.2.3.1 ENSAIO DE REPOUSO

Apesar do número reduzido de participantes, foi possível identificar algumas posturas comuns adotadas por eles, começando pela posição inicial. A Figura 4.19 mostra que os participantes iniciaram o ensaio com a coluna ereta e apoiada no encosto da poltrona, cotovelos e pernas paralelas com pés próximos ao corpo, com exceção do participante 1 que estava com as pernas cruzadas. Normalmente essa é a postura observada nas avaliações estáticas de poltrona e possui uma distribuição de pressão mais homogênea.

Figura 4.19 - Participantes do ensaio de repouso na posição inicial do ensaio

Participante 1

Participante 2

Participante 3

Fonte: Elaborado pela autora

Com o passar do tempo, os participantes foram se acomodando melhor na poltrona e adotando posturas diferentes de cabeça, pernas e pelve. Um fenômeno comum entre os participantes foi o deslizamento do quadril para frente (Figura 4.20). Com esse deslocamento da pelve, geralmente ocorre a concentração do peso do corpo nas coxas e nádegas e região cervical, praticamente eliminando o apoio lombar. Interessante notar que essa postura, nestes casos, está associada também com a presença das pernas esticadas.

Figura 4.20 - Participantes do ensaio de repouso com o quadril deslocado para frente

Participante 1

Participante 2

Participante 3

Fonte: Elaborado pela autora

Sem associação direta com alguma postura específica, também foi observado que a movimentação da cabeça e pescoço dos participantes durante o ensaio foi grande e sempre em busca de um ponto de apoio seja na janela ou na poltrona ao lado, como pode ser visto na Figura 4.21. Apesar de se repetir ao longo do ensaio de repouso, essa postura é cansativa, obrigando o participante a fazer pequenas alterações como apoiar a cabeça nas mãos. Outra estratégia utilizada pela maioria dos participantes foi alternar os lados do apoio da cabeça entre direito e esquerdo.

Figura 4.21 - Diferentes posições de cabeça e pescoço adotadas pelos participantes do ensaio de repouso

Participante 1

Participante 2

Participante 3

Fonte: Elaborado pela autora

Um fato interessante verificado nos ensaios foi a utilização quase que contínua do apoio de braço. A Figura 4.22 evidencia as principais posturas do braço e antebraço adotadas pelos participantes. Como é possível perceber, na maior parte do tempo os participantes apoiaram apenas o cotovelo em pelo menos um dos apoios de braço, mas houve algumas tentativas de apoiar todo o antebraço. É claro que essa

característica está diretamente associada ao formato do experimento que considerou apenas um passageiro agindo em uma poltrona dupla.

Figura 4.22 - Diferentes maneiras de utilização do apoio de braço no ensaio de repouso
Participante 1

Participante 2

Participante 3

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.3.2 ENSAIO DE LEITURA

Mais uma vez houve uma certa uniformidade na postura adotada dos participantes. Em sua postura inicial, os participantes apoiaram as costas no encosto, usaram o apoio de braços e posicionaram a cabeça para frente em direção ao livro que estava sendo segurado pelas mãos, como pode ser visto na Figura 4.23.

Figura 4.23 - Posição inicial dos participantes do ensaio de leitura

Participante 1

Participante 2

Participante 3

Fonte: Elaborado pela autora

Em determinado momento, os participantes relataram dor no pescoço e como estratégia para diminuir o desconforto, eles trouxeram o livro mais perto do rosto, suportando a cabeça e o ombro no encosto da poltrona (ver Figura 4.24).

Figura 4.24 - Participantes do ensaio de leitura com o livro próximo aos olhos

Participante 1

Participante 2

Participante 3

Fonte: Elaborado pela autora

No entanto, esta postura não durou muito tempo porque o peso do livro forçava a busca de um novo suporte para ele. Uma alternativa foi a de apoiar o livro em uma das suas coxas. Ao apoiar o livro na coxa, o pescoço voltou a incomodar e uma estratégia utilizada por todos os participantes foi justamente apoiar a cabeça nas mãos, como mostra a Figura 4.25.

Figura 4.25 - Participantes do ensaio de leitura com as pernas cruzadas para apoiar o livro
Participante 1

Participante 2

Participante 3

Fonte: Elaborado pela autora

Verificou-se que os participantes não só adotaram várias soluções para apoiar a sua cabeça e livro durante a leitura, mas também assumiram variadas posições de pernas. Uma tática utilizada principalmente pelo participante 1 e pelo participante 3 foi cruzar as pernas e apoiar o livro na perna cruzada (ver Figura 4.25). Com isso eles conseguiram suspender um pouco o livro, deixando-o um pouco mais perto dos olhos. Como no estudo de descanso, os braços também foram amplamente utilizados.

4.2.4 ANÁLISE DO RELATO

O relato dos participantes após o experimento foi determinante para a compreensão tanto do grau de envolvimento na atividade quanto na identificação de desconforto em cada postura adotada. Por exemplo, o relato do segundo participante do estudo de repouso mostrou que ele realmente conseguiu dormir durante o ensaio e por isso a sua percepção com relação às mudanças posturais foi baixa. De acordo com o segundo participante, ele teria ficado apenas em duas posições sem se mexer durante todo o ensaio, sendo uma no início do ensaio e outra após vestir a blusa de moletom, o que na verdade não aconteceu.

4.2.4.1 ENSAIO DE REPOUSO

O relato do participante 1 mostrou que as mudanças posturais estavam associadas a falta de apoio nas pernas e no pescoço. Por ser um participante alto, a falta de apoio nas pernas incomodou durante todo o ensaio, forçando-o a cruzar, esticar e dobrar as pernas várias vezes. Uma estratégia utilizada para reduzir o desconforto nas pernas foi ficar de lado como uma concha, sem encostar as costas no encosto da poltrona. Nesta postura, o participante conseguiu relaxar e dormir um pouco. Segundo o participante, essa posição é a que mais se assemelha a forma como ele está acostumado a dormir que é de barriga para baixo ou de lado. Ele ainda citou que o ideal mesmo para relaxar seria poder dormir totalmente deitado, onde seria possível encostar todas as partes do corpo ao mesmo tempo.

Após o ensaio, o participante 2 comentou em seu relato que tinha conseguido repousar de verdade e que achava que tinha ficado em apenas duas posições. De fato, pela análise da filmagem e dos mapas de pressão foi possível identificar duas grandes posturas com algumas variações pequenas, motivadas principalmente pelo desconforto nas pernas (formigamento). Uma estratégia utilizada foi apoiar a cabeça na janela, o que trouxe uma sensação muito boa. Ao término do ensaio, porém, o participante comentou que estava sentindo desconforto na região dos glúteos e da perna.

Inicialmente o participante 3 tentou sentar-se com a lombar bem apoiada no encosto da poltrona, porém essa posição não pode ser mantida devido a um incômodo na lombar. O pescoço e as pernas também estavam desconfortáveis, o que fez com que esse participante se movimentasse várias vezes.

4.2.4.2 ENSAIO DE LEITURA

De acordo com a primeira participante do ensaio de leitura, ela estava cansada e teve que mudar várias vezes de posição para não dormir. Além disso, ela mudou a maneira de segurar o livro devido ao desconforto em suas mãos e pescoço. O livro era pesado e ela preferiu apoiá-lo em suas coxas, mas nesta posição o livro permanecia fora de sua linha de visão forçando o pescoço para frente. Observando a Figura 4.26, é possível perceber que a participante 1, num primeiro momento, tenta manter as costas bem apoiadas e a cabeça paralela ao chão quando ela apoia o livro na sua coxa esquerda. No entanto, essa postura não favoreceu a leitura e fez com que a coluna se curvasse e a cabeça ficasse cada vez mais próxima do livro. Como resultado, a participante se queixou de dores no pescoço. Com relação às pernas, a participante relatou que utilizou a poltrona da frente para apoiar o pé da perna cruzada, o que ajudou a aliviar o peso do livro nas mãos. Mesmo assim, ao longo de todo ensaio, as pernas foram sendo cruzadas de um lado para outro em busca de uma melhor posição.

Figura 4.26 - Movimento da cabeça em busca de melhor posição para leitura

Fonte: Elaborado pela autora

O relato do participante 2 do ensaio de leitura mostrou que ele sentiu dificuldade de encontrar uma posição confortável. Como visto na análise postural, o participante relatou que tentou alternar a forma de segurar o livro e apoiar toda a coluna no encosto da poltrona a fim de diminuir as dores na região lombar e pescoço. A melhor estratégia encontrada foi segurar o livro com uma mão e a cabeça com a outra. Com relação ao movimento das pernas, o participante disse que não conseguiu prestar muita atenção, pois estava concentrado na tarefa de leitura.

O terceiro participante do ensaio de leitura também sentiu dificuldade para realizar essa atividade. Segundo esse participante, o livro que ele estava lendo era pesado, por isso ele preferiu apoiá-lo no colo e segurá-lo com pelo menos uma das mãos. Ao longo do ensaio, o participante descobriu que cruzando as pernas ele poderia deixar o livro um pouco mais alto, o que deixou a leitura mais confortável para o pescoço. Porém, foi difícil encontrar uma maneira confortável de manter a cabeça apoiada. Toda vez que a leitura de uma página terminava, o participante utilizava a mão que estava segurando a cabeça para virar a página. Passado algum tempo, o pescoço do participante começou a doer de ficar flexionado para frente e ele tentou erguer o livro na altura dos olhos, mas não dava para manter de maneira firme por muito tempo devido ao peso do livro.

4.2.5 ANÁLISE DOS DADOS DA IDEIAÇÃO

Todos os comentários gerados na sessão de *brainstorming* foram compilados em uma planilha. As ideias afins foram reunidas e agrupadas por temas como mostra Tabela 4.9. Verificou-se que para realizar as atividades de repousar e dormir e ler, o passageiro faz o uso de vários elementos da cabine como apoio de cabeça, apoio de braço, apoio de pernas e pés, mesa lanche e iluminação.

Tabela 4.9 - Necessidades e soluções para melhorar a percepção de conforto nas atividades de leitura e repouso

	Repouso	Leitura
	<u>Necessidades:</u> apoio adequado da cabeça e privacidade.	<u>Necessidade:</u> apoio para a cabeça.
Apoio de cabeça	<u>Soluções:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ter divisórias acolchoadas entre as poltronas para apoiar a cabeça. • Ter apoio frontal da cabeça (dormir na escola). • Apoio de cabeça do tipo <i>quick massage</i>. • Abas do apoio de cabeça (<i>flex wings</i>) mais resistentes e reguláveis na altura. 	<u>Solução:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Abas do apoio de cabeça (<i>flex wings</i>) mais resistentes e reguláveis na altura.
Apoio de braço	<u>Necessidade:</u> apoiar e liberar os braços. <u>Soluções:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Apoio de braço escamoteável. • Prolongador de apoio de braço. • Apoio de braço que abaixa (tipo de poltrona executiva). 	<u>Necessidade:</u> ter apoio para cotovelos e braços. <u>Soluções:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Apoio de braço escamoteável. • Prolongador de apoio de braço.
Apoio de pernas e pés	<u>Necessidades:</u> manter pernas e pés apoiados e pés elevados. <u>Soluções:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Apoio de pé que vem da poltrona da frente (tipo ônibus). • Apoio de pernas (cadeira + puff). 	<u>Necessidades:</u> ter possibilidade de cruzar as pernas e ter apoio para pernas e pés. <u>Soluções:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Apoio de pé que vem da poltrona da frente (tipo ônibus). • Apoio de pernas (cadeira + puff).
Mesa lanche	Não aplicável	<u>Necessidade:</u> ter apoio para o livro. <u>Soluções:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Usar mesa lanche como apoio. • Mesa treliça (que aproxima e muda de altura)
Iluminação	<u>Necessidade:</u> ter um ambiente pouco iluminado que favoreça o repouso.	<u>Necessidade:</u> ter ajuste do foco da iluminação individual.
Outros	<u>Necessidade:</u> deitar, manter o corpo na horizontal. <u>Soluções:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Deixar o corpo mais apoiado possível através de apoios para cabeça, braços, pernas e pés. • Espuma mais macia e que molde o corpo (visco elástico). • Aumentar a reclinção do encosto. 	<u>Necessidade:</u> ter apoio para o livro. <u>Solução:</u> Suporte tipo partitura para segurar o livro.

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.6 CONFECÇÃO E AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

Após reunir as ideias geradas no *brainstorming* com a equipe de projeto, foram identificadas algumas soluções para serem prototipadas. Como visto na análise das filmagens e no relato dos participantes, o apoio de braços foi um dos elementos mais utilizados da cabine tanto na atividade de leitura, quanto na atividade de repouso. Por esse motivo, a ideia selecionada para ilustrar essa etapa do método escolhidas se propõe a melhorar o uso do apoio de braço em aeronaves comerciais:

- Apoio de braço escamoteável – Uma vez que a maioria das poltronas de classe econômica possui apoios de braço compartilhados, surgiu a ideia de projetar um apoio de braço que acomodasse dois apoios de braço e que pudesse ser acionado de acordo com a necessidade. A Figura 4.27 apresenta uma solução para prover apoios de braços independentes ao acomodar um suporte extra para o braço embaixo do primeiro. O suporte de braço poderia ser aberto tanto para um lado, quanto para o outro, ou até mesmo ter dois suportes.

Figura 4.27 - Proposta de apoio de braço escamoteável

Fonte: Elaborado pela autora

A proposta de apoio de braços escamoteável foi materializada por meio de um protótipo desenvolvido em madeira e metal e revestido com tecido, como pode ser visto na Figura 4.28. Uma prova de conceito foi realizada para avaliar as

contribuições da solução proposta. Para tal, o protótipo foi instalado no simulador e um teste com o conceito foi realizado.

Figura 4.28 – Prova de conceito do protótipo

Apoio de braço com suportes recolhidos

Apoio de braço com suportes abertos

Suporte de braço na condição de uso

Na prova de conceito foi possível perceber que os suportes extras proporcionam um bom apoio para os braços e evitam que os cotovelos entrem em contato um com o outro.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS DA FASE 3 - MAPEAMENTO DE PRESSÃO DE POSTURAS TÍPICAS

Neste tópico são apresentados os dados coletados na fase 3 da pesquisa. Nessa fase foi investigada a associação entre pressão de interface e percepção de desconforto em várias partes do corpo por meio do confronto dos dados gerado pela medição de pressão e pela avaliação subjetiva.

4.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Três participantes do sexo masculino foram envolvidos neste estudo. As informações de peso e altura dos participantes podem ser vistas Tabela 4.10. Os dados da medição antropométrica dos participantes podem ser vistos no Apêndice I.

Tabela 4.10 - Peso e altura dos participantes.

Participante 1	Participante 2	Participante 3
1,91 m	1,80 m	1,75m
86 kg	85 kg	69kg

Fonte: Elaborado pela autora

Assim como na fase 2, os participantes do ensaio foram pesquisadores do projeto que passaram pela etapa de sensibilização.

4.3.1 ANÁLISE DA MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE INTERFACE

Mais uma vez foram utilizados o software do sistema de mapeamento de pressão X3 PRO, uma rotina em *Matlab* (ver Apêndice F) e uma planilha em *Excel* desenvolvidas pela autora para a análise dos dados provenientes da medição de pressão.

A análise dos dados provenientes da medição de pressão começa com a identificação das oito posturas adotadas pelos participantes durante o experimento e pela confecção de seus mapas de pressão. A Figura 4.29 mostra os mapas dos participantes na postura 2 e Apêndice J traz os mapas de pressão de todas as posturas para cada participante.

Assim como na análise da fase 1, é possível comparar os mapas dos participantes em cada uma das posturas típicas, uma vez que eles ficaram na mesma posição. Ao reunir os mapas da mesma postura fica fácil de identificar regiões com maior concentração de pressão no assento e no encosto e se a distribuição é simétrica. No

caso da postura 2 mostrada na Figura 4.29, que as regiões com maior concentração de pressão no assento são as tuberosidades isquáticas e no encosto é a região torácica.

Figura 4.29 - Mapas de pressão da postura 2 para os participantes da fase 3

Fonte: Elaborado pela autora

Com relação a simetria, a postura 2 apresenta mapas de assento simétricos e mapas de encosto com leve assimetria, evidenciando concentração de pressão maior no lado direito do encosto devido ao apoio de cabeça se dar deste lado. Ao analisar os mapas das demais posturas é possível perceber que apenas as posturas 1, 6 e 8 apresentam mapas simétricos. Isso já era esperado, uma vez que as posturas 2, 3, 4, 5, e 7 possuem características que não favorecem a simetria.

A Tabela 4.11 faz um resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato e porcentagem de sensores acima de 60,00 mmHg para a postura típica 2. As pressões médias no encosto ficaram na faixa dos 17,00 mmHg e no assento 44,00 mmHg. Já os picos de pressão no encosto variaram entre 26,00 e 38,00 mmHg enquanto no assento a variação foi entre 156,00 e 230,00 mmHg. Com relação à área de contato, a variação no encosto foi entre 0,06 à 0,08 m² (90,75 a 126,25 in²) e no assento 0,10 à 0,14 m² (153,75 a 215,25 in²). Já a porcentagem de sensores acima de 60,00 mmHg varia de 14 à 20%.

Analisando os dados das demais posturas é possível perceber que os valores vão se alterando ao longo das posturas adotadas, como visto nos dados da fase 2. As posturas que apresentam maiores pressões médias e pico de pressão no encosto são postura 5 e 7. No assento, as posturas com maiores pressões médias são 2 e 3

e maiores pico de pressão são 2 e 5. No Apêndice J é possível conferir o resumo dos dados e os mapas de pressão dos participantes.

Tabela 4.11 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato n a postura 2 para todos os participantes

ID	Postura	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	% sensores acima 60mmHg
1	2	16,99	31,95	126,25	44,58	230,89	166,00	17,62
2	2	16,08	26,08	103,75	42,73	178,59	215,25	14,83
3	2	17,67	37,96	90,75	44,49	156,09	153,75	20,26

Fonte: Elaborado pela autora

Assim como na análise de dados da fase 1, os dados do mapeamento de pressão foram divididos em sete regiões: região superior das costas, região mediana das costas, região inferior das costas, nádegas e coxas. Com a ajuda de uma rotina gerada no *Matlab* pela autora, dados de pressão média, área de contato, pico de pressão e porcentagem de carga da região no assento ou encosto foram calculados para cada uma dessas regiões.

A escolha da divisão dos mapas em sete regiões foi norteada pela necessidade de se correlacionar os dados subjetivos da ficha de avaliação de desconforto com os dados objetivos da medição de pressão. A Figura 4.30 mostra a correspondência entre as divisões nos mapas de pressão do encosto e do assento e o mapa corporal da ficha de avaliação de desconforto. Apenas a percepção de desconforto nas regiões do corpo de A à I foram comparadas as medidas de pressão, uma vez que são as regiões em contato com a superfície da poltrona que está equipada com uma manta de pressão. O desconforto nas demais regiões do corpo foram melhor compreendidas no relato pós-experimento.

Figura 4.30 - Divisões no mapa do encosto e do assento e as regiões do corpo correspondentes

Fonte: Elaborado pela autora

4.3.2 ANÁLISE DA FICHA DE AVALIAÇÃO DE DESCONFORTO

A ficha de avaliação de desconforto teve o intuito de estimar a percepção de desconforto em algumas partes do corpo durante a adoção das posturas típicas.

Analisando de forma geral as respostas de percepção de desconforto dos três participantes verificou-se que cada um teve um comportamento na hora de preencher os questionários. Mesmo sendo participantes sensibilizados, as respostas aos itens variaram bastante, como pode ser visto no Apêndice K. O participante 1 utilizou valores mais baixos na escala, tendo a sua maioria entre 0 e 2. Já o segundo participante foi mais extremista, utilizando mais 0 ou 10 e às vezes 5. E por último, o participante 3 utilizou na maioria dos casos valores de 3 à 7, ou seja, mais o centro da escala. Por este motivo, não foi possível comparar valores absolutos para cada resposta. O que se procurou fazer foi comparar se de uma postura para outra houve tendência de piora ou melhora nas notas dos participantes.

A primeira questão da ficha de avaliação de desconforto se refere ao desconforto geral, ou seja, como o participante se sentiu no momento que estava adotando a postura típica avaliada. A pior postura de repouso para o participante 1 e para o participante 3 foi a postura 1, enquanto para o participante 2 foi a postura 3. Já a postura de repouso que apresentou menor desconforto foi a 2 para os participantes 1 e 2 e a postura 4 para o participante 3. A Figura 4.31 mostra as notas para a primeira questão da ficha de avaliação de desconforto por postura típica.

Fonte: Elaborado pela autora

Ainda para as posturas de repouso, observou-se que o desconforto na questão 1 foi menor na postura 2 do que na postura 1. Da postura 2 para a postura 3, houve um aumento na percepção de desconforto para os participantes 1 e 2 e não houve quase alteração para o participante 3. Também quase não houve alteração de percepção de desconforto da postura 3 para a postura 4.

Já nas posturas de leitura, a postura que apresentou maior desconforto foi a postura 5 para o participante 1, a postura 7 para o participante 2 e a postura 8 para o participante 3. Por outro lado, a postura de leitura que apresentou menor desconforto foi a 8 para os participantes 1 e 2 e a postura 6 para o participante 3.

Ao comparar as respostas para a questão 1 nas posturas de leitura observou-se que a postura 5 e postura 6 tiveram percepção de desconforto muito próximas. Em compensação, da postura 6 para a postura 7, houve uma redução de percepção de

desconforto para os participantes 1 e 3 e um aumento de desconforto para o participante 2. Por último, da postura 7 para a postura 8 também houve uma diminuição do desconforto percebido pelos participante 1 e 2 e aumento para o participante 3.

Observando as notas por postura para cada parte do corpo avaliada, é possível perceber que as regiões que apresentaram maior desconforto durante a realização das posturas típicas foram o pescoço e a região lombar, como pode ser visto na Figura 4.32 e Figura 4.33.

Figura 4.32 - Notas para o desconforto no pescoço por postura típica

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 4.33 - Notas para o desconforto na região lombar por postura típica

Fonte: Elaborado pela autora

A percepção de desconforto no pescoço e ombros apareceu por volta de uma pressão média de 10,00 mmHg na região superior das costas. Já na região torácica

e lombar, a percepção de desconforto aparentemente começa com uma pressão média de 16,00 mmHg e 19,00 mmHg, respectivamente.

Analisando os valores de pressão média nas nádegas, percebeu-se que ao redor de 37,00 mmHg ocorrem as primeiras indicações de desconforto para os três participantes. Já para as coxas esse valor é um pouco mais baixo, ficando na ordem de 26,00 mmHg. Para nenhum dos três participantes, o pico de pressão na região das nádegas foi inferior a 60,00 mmHg. Ainda com relação ao pico de pressão, observou-se que as primeiras indicações de desconforto nas nádegas ocorreram por volta de 70,00 mmHg. Na região das coxas, a percepção de desconforto não foi coerente com a variação dos valores de pico de pressão. Por outro lado, a variável que mostrou mais correlação com a percepção de desconforto foi a área de contato. Na região das coxas, notou-se que quanto mais alto o valor da área de contato menor a percepção de desconforto nessa região do corpo e vice-versa.

4.3.3 ANÁLISE DO RELATO

Como visto na análise dos dados provenientes da ficha de avaliação de desconforto, os participantes em geral não responderam as questões da mesma forma e dessa forma não foi possível comparar valores absolutos. Pensando nisso, foi fundamental ter o relato pós-postura para entender os constrangimentos de cada postura e as motivações os levaram a pontuar de maneira tão diferente.

Nesta etapa da análise dos dados, o cruzamento das medidas da poltrona com as características antropométricas dos participantes também foi importante para compreender os constrangimentos relatados pelos sujeitos. A Tabela 4.12 traz uma comparação das medidas da poltrona com as principais medidas antropométrica dos participantes.

Tabela 4.12 - Comparação das medidas da poltrona e as medidas antropométricas dos participantes

Medidas da poltrona (mm)		Medidas antropométricas (mm)	1	2	3
Altura do assento	420	altura polplítea	460	461	435
Largura do assento	480	largura do quadril	421	425	330
Profundidade do assento	420	comprimento glúteo Joelho	624	594	516
Altura do encosto	700	altura tronco-cefálica	960	921	878
Largura do encosto	450	largura dos ombros	533	554	460

Fonte: Elaborado pela autora

4.3.3.1 POSTURA 1

Em geral os participantes não relataram muito desconforto nessa postura. A postura 1 é uma postura de repouso e é caracterizada por uma postura mais ereta, costas bem apoiadas no encosto, pernas a 90° e pés paralelos ao chão, braços cruzados na frente do corpo e cabeça apoiada no apoio de cabeça, como mostra a Figura 4.34.

Figura 4.34 – Representação da postura 1

Fonte: Elaborado pela autora

O participante 1 sentiu um pouco mais de desconforto nas pernas e pescoço. Por ser um participante alto, tanto a profundidade do assento quanto a altura do encosto da poltrona eram insuficientes para o apoio das pernas e cabeça. Apoiar o pescoço no apoio de cabeça também foi um problema para o participante 2, que ainda relatou desconforto nos ombros por causa do apoio dos cotovelos no apoio de braço. Já o

participante 3 comentou que ficar com as costas totalmente apoiadas no encosto foi difícil uma vez que ele precisou forçar a coluna cervical para apoiar a cabeça.

A Figura 4.35 mostra o participante 2 na posição exigida pela postura 1 e na posição de cabeça que, em sua opinião, reduziria o desconforto no pescoço. Para esse participante, o ideal seria se o apoio de cabeça suportasse sua cabeça nesta posição.

Figura 4.35 – Detalhe da posição da cabeça do participante 2 durante o ensaio e relato

4.3.3.2 POSTURA 2

A postura 2 também é uma postura de repouso e se diferencia da postura 1 pelo deslocamento da pelve para frente, pernas mais esticadas e apoio de cabeça lateral, como mostra a Figura 4.36.

Figura 4.36 – Representação da postura 2

Fonte: Elaborado pela autora

É possível observar na Figura 4.37 que ao adotar a postura 2, os participantes perderam apoio na coxa, concentrando boa parte do peso do corpo nas nádegas. Essa falta de apoio nas coxas foi refletida na percepção de desconforto nas nádegas.

Segundo o participante 1 e o participante 3, as regiões que eles mais sentiram desconforto foram a lombar, por falta de apoio, as nádegas, pela alta concentração de pressão em uma região pequena, e o pescoço, por não ter um apoio fixo. O participante 2 também sentiu muita pressão nas nádegas e falta de apoio na lombar, mas além disso, relatou uma tensão nos ombros e uma pressão nos cotovelos por conta da utilização dos apoios de braços.

4.3.3.3 POSTURA 3

A postura 3 é uma postura assimétrica de repouso, que utiliza a parede lateral da aeronave como apoio de cabeça. Além disso, caracteriza-se por presença de braços cruzados, pernas esticadas e pé direito cruzado sobre o pé esquerdo, como mostra a Figura 4.38.

Figura 4.38 – Representação da postura 3

Fonte: Elaborado pela autora

De maneira geral, os participantes relataram um pouco de desconforto nessa postura. O participante 1 comentou que o maior problema foi ficar um pouquinho torto para a direita e ter que ficar com o pescoço flexionado para encostar na lateral da aeronave. Já o participante 2 descreveu dores na lombar e cervical, desconforto nas pernas e pressão diferente nas nádegas. Por último, o participante 3 ao apoiar a cabeça na lateral da aeronave perdeu apoio lombar apoiou bastante a região torácica. Fora isso, ele sentiu um pouco de formigamento no pé e tornozelo esquerdo e incomodo no joelho. A Figura 4.39 destaca a inclinação do tronco em direção a parede da cabine.

Figura 4.39 – Detalhe do tronco inclinado na direção da parede da cabine durante a adoção da postura 3

Participante 1

Participante 2

Participante 3

4.3.3.4 POSTURA 4

A postura 4 foi a última postura de repouso avaliada. Assim como a postura 3, a postura 4 é assimétrica e também utiliza a lateral da aeronave como apoio para a cabeça. A diferença está no apoio da cabeça também pelas mãos, como mostra a Figura 4.40.

Figura 4.40– Representação da postura 4

Fonte: Elaborado pela autora

Segundo os participantes, o fato de ter a mão segurando a cabeça amenizou o desconforto na coluna cervical, mas não no trapézio e ombro esquerdo. A Figura 4.41 mostra os participantes adotando a postura 4. Outras reclamações comuns foram a pressão no cotovelo direito e incomodo na região lombar. O participante 2 ainda relatou desconforto nas pernas e pés e o participante 3 sentiu formigamento na fossa poplíteia esquerda.

Figura 4.41 – Participantes durante ensaio da postura 4
 Participante 1 Participante 2 Participante 3

4.3.3.5 POSTURA 5

A postura 5 foi a primeira postura de leitura avaliada e é caracterizada por pernas cruzadas, costas centralizadas no encosto, cotovelos apoiados no apoio de braço e revista sendo segurada pelas duas mãos, como mostra a Figura 4.42.

Figura 4.42 - Representação da postura 5

Fonte: Elaborado pela autora

De maneira geral essa postura gerou desconforto na região cervical uma vez que os participantes tiveram que ficar olhando para baixo em direção à revista. Ao cruzar as pernas, os participantes sentiram diferença de pressão nas nádegas. A região lombar também incomodou um pouco os participantes 2 e 3, como pode ser visto na Figura 4.43.

Figura 4.43 – Detalhe para a flexão de pescoço na postura 5
Participante 2 Participante 3

4.3.3.6 POSTURA 6

A postura 6 é uma postura de leitura que se caracteriza por costas apoiadas no encosto, cotovelos apoiados nos apoios de braço, mão segurando a revista, pernas a 90° e pés paralelos ao piso, como mostra a Figura 4.44.

Figura 4.44 - Representação da postura 6

Fonte: Elaborado pela autora

Essa postura foi considerada desconfortável pelos três participantes, pois ficar olhando para baixo em direção a revista causa uma tensão muito forte na cervical e que se espalha para a dorsal e ombros. A Figura 4.45 ilustra a postura dos participantes.

Figura 4.45 - Detalhe para a flexão de pescoço na postura 6
Participante 1 Participante 2 Participante 3

Observe que a coluna deles fica curvada para frente, como se fosse um C. O participante 1 ainda relatou desconforto no quadril e pernas, por ter que ficar com as pernas a 90°. Já o participante 3 descreveu incomodo na região lombar e uma pressão maior nas nádegas.

4.3.3.7 POSTURA 7

Assim como a postura 5, a postura 7 também possui pernas cruzadas. A diferença está no apoio da cabeça pelas mãos e o apoio da revista na coxa direita, como mostra a Figura 4.46.

Figura 4.46 - Representação da postura 7

Fonte: Elaborado pela autora

Segundo o participante 1, a região torácica ficou um pouco mais tensionada, mas em compensação o pescoço, por estar apoiado não mão, não foi muito tensionado. Além disso, as pernas cruzadas distribuem mal o peso nos glúteos. O que mais incomodou o participante 2 e o participante 3 foi a região lombar. O participante 3 ainda comentou que apoiar a cabeça sobre a mão aliviou bastante as dores na cervical. A Figura 4.47 mostra o participantes adotando a postura 8.

Figura 4.47 - Participantes no ensaio da postura 7

Participante 1

Participante 2

Participante 3

4.3.3.8 POSTURA 8

A última postura avaliada também foi uma postura de leitura e como característica possui pernas a 90, pés paralelos ao piso, costas bem apoiadas no encosto e cabeça também apoiada no apoio de cabeça, como mostra a Figura 4.48.

Figura 4.48 - Representação da postura 8

Fonte: Elaborado pela autora

Um ponto comum de desconforto foi o apoio da cabeça no encosto da poltrona, que gerou dores no pescoço que irradiaram para todas as costas. No caso do participante 1, o encosto da poltrona era muito baixo e ele não conseguiu apoiar a cabeça no apoio de cabeça, como mostra a Figura 4.49. O participante 1 ainda sentiu desconforto nas pernas e cotovelos, enquanto o participante 3 sentiu pressão nas nádegas.

Figura 4.49 – Participantes no ensaio da postura 8

Participante 1

Participante 2

Participante 3

5. DISCUSSÃO

Este capítulo tem o intuito de discutir os dados dos ensaios realizados nesta pesquisa e confrontar os resultados com a literatura.

5.1 DISCUSSÃO DA FASE 1

A fase 1 da pesquisa teve com objetivo utilizar um procedimento de análise de aspectos de desconforto de uma poltrona baseado em medição de pressão estática descrito na literatura (adaptado de YOSHIDA, 2009 e SOUZA, 2009) e verificar as suas limitações e contribuições na avaliação de poltronas aeronáuticas.

Nesta etapa da pesquisa uma poltrona aeronáutica denominada poltrona A instalada em um laboratório foi avaliada por 6 indivíduos durante 10 minutos, sendo 5 minutos na condição de encosto levantado e 5 minutos na condição de reclinio máximo do encosto. Estudos mostram que o tempo de avaliação de 5 minutos é suficiente para um indivíduo se familiarizar com a poltrona em uma avaliação de conforto de curto prazo (SHACKEL et al., 1969; GRANDJEAN et al., 1973; MERGL, 2004). Uma vez que a avaliação foi feita durante um curto período de tempo, verificou-se pelos gráficos de pressão versus tempo que os participantes do ensaio ficaram em praticamente duas posições: uma com o encosto levantado e outra com o encosto reclinado. Por este motivo esta avaliação foi considerada uma medição estática de pressão.

Ao comparar os dados provenientes da medição de pressão dos diferentes participantes do ensaio da fase 1 foi possível perceber que mesmo eles possuindo peso e características corporais diferentes, o padrão do mapa de pressão foi similar. Por outro lado, a intensidade da pressão e a área de contato foram diferentes para cada pessoa, como já sugerido por Grandjean et al. (1973). A literatura também mostra que a medição estática de pressão pode ser útil para identificar regiões com alta concentração de pressão, assimetrias, baixo envelopamento das tuberosidades isquiáticas e área de contato e isso foi comprovado nesta fase da pesquisa. Conforme relatado em alguns estudos (NG et al., 1995; SEIGLER, 2002; DHINGRA;

TEWARI; SINGH, 2003), verificou-se que a região com maior concentração de pressão no assento são as tuberosidades isquiáticas e no caso do encosto a maior concentração de carga ocorre na região lombar. Analisando os mapas de pressão de todos os participantes, foi possível perceber que ocorre uma diminuição das regiões de concentração de pressão nas tuberosidades isquiáticas e um aumento na área de contato na região lombar ao passar da condição de encosto levantado para encosto reclinado. Esse fenômeno pode ser explicado pela melhor distribuição do peso do tronco no encosto quando ocorre a reclinção do encosto, reduzindo a carga no assento.

Os mapas de pressão também foram utilizados para verificar a simetria da distribuição de pressão. Estudos recomendam que o peso do corpo seja uniformemente distribuído pela superfície do assento a fim de evitar o aparecimento das chamadas úlceras de pressão (KÄRKI, LEKKALA, 2006; DHINGRA, TEWARI, SINGH, 2003; JOHANSSON, NILSSON, 2006). A postura estática facilitou a comparação dos dados dos diferentes participantes, mostrando que a pressão não estava uniformemente distribuída entre o lado direito e esquerdo dos mapas do assento. Para comprovar a assimetria e avaliar a distribuição de carga na poltrona, os mapas de pressão foram divididos em dez e catorze regiões e para cada região os valores de porcentagem de carga foram calculados. Verificou-se que apenas a divisão dos mapas em 10 regiões facilitou a identificação de assimetrias de distribuição de pressão no encosto e no assento. Os valores médios de carga no assento, nesta divisão, reforçaram a assimetria identificada nos mapas de pressão.

A concentração maior de pressão na coxa e tuberosidades isquiáticas da direita revelou uma assimetria que pode ter sido causada por diversos motivos como não uniformidade da espuma, composição estrutural da poltrona, instalação inadequada no laboratório, etc. Em casos de assimetrias como esta, sugere-se que o time de projeto da poltrona se reúna para descobrir as causas, corrigir as possíveis falhas e por último realizar um novo ensaio como este.

Ao dividir o mapa em 10 regiões também foi possível calcular área de contato, pressão média, pico de pressão e, além disso, verificar a porcentagem de valores de

pressão acima de 60 mmHg. Foi observado que a porcentagem de valores de pressão acima de 60 mmHg variou bastante de participante para participante, sendo que os participantes mais altos tiveram de 2 a 13% dos sensores acima de 60 mmHg, enquanto os dados dos participantes mais baixos não apresentaram pressões tão altas. Stinson et al. (2003) percebeu que as medidas de pressão média e máxima são independentes do sexo, mas que a pressão média está relacionada com o índice de massa corpórea (IMC). Com base nessas informações, pode-se inferir que existe alguma relação entre o peso e a altura e os altos valores de pressão, porém essa relação deve ser mais investigada em estudos futuros.

De acordo com Henderson et al. (1994) e Bar (1998) o valor limite de pressão mais correto para a região das nádegas é de 60 mmHg, sendo que os danos aos tecidos só começariam após uma exposição contínua a esse valor por um período superior a 1 hora. Shapcott e Levy (1999) sugerem que pressões entre 80 mmHg e 120 mmHg são uma indicação de que a poltrona necessita de alguma modificação com a finalidade de redistribuir melhor o corpo sobre o assento. Por outro lado, os estudos de Mergl (2006) aceitam uma pressão de até 150 mmHg nas tuberosidades isquiáticas.

Nesta avaliação, os participantes ficaram apenas 5 minutos em cada postura e como mostram os dados da avaliação subjetiva, a princípio, os valores acima de 60 mmHg não incomodaram os participantes. Porém deve-se levar em conta que uma poltrona aeronáutica tem dimensões características e é utilizada de forma diferente das cadeiras de rodas e bancos de automóveis que estabeleceram os limites de pressão apresentados acima. As poltronas de aeronaves comerciais, como esta avaliada, normalmente não possuem tantos ajustes como bancos de automóveis. Mesmo assim, devem propiciar a realização de diversas atividades ao longo do voo para uma variedade imensa de pessoas. Dessa forma, a simples avaliação estática da poltrona aeronáutica utilizando os limites de pressão apresentados pela literatura talvez não seja suficiente.

Os dados subjetivos obtidos através do instrumento de avaliação da poltrona ajudaram a identificar alguns desconfortos da poltrona como tipo do material de

acabamento e falta de apoio de cabeça e apoio lombar, porém não foram muito conclusivos com relação aos aspectos dimensionais da poltrona. Um bom exemplo é a largura do assento da poltrona: quando os participantes foram questionados sobre esse item, todos assinalaram a opção ideal, apesar desta medida ser considerada na literatura como uma das que mais influenciam no desconforto em viagens de avião (VINK; BRAUER, 2011). Considerando que neste ensaio os participantes ficaram praticamente em uma única posição, não é de se estranhar que alguns aspectos como a largura do assento e do encosto foram considerados adequados, uma vez que estão mais relacionados com o critério de “cabe ou não cabe” do que com o uso da poltrona em uma situação de voo.

Ainda com relação ao instrumento de avaliação da poltrona, verificou-se que a poltrona foi avaliada em relação ao conforto. Entretanto, conforme visto na literatura, o conforto é um construto de natureza subjetiva, o que dificulta a sua mensuração, interpretação e correlação com respostas fisiológicas e psicológicas (SHEN; PARSONS, 1997). Por este motivo, a avaliação de aspectos de desconforto é sugerida em estudos com poltronas (DE LOOZE et al., 2003).

Como visto até aqui, o procedimento experimental da fase 1 apresentou algumas vantagens e algumas limitações. Uma síntese dos procedimentos, vantagens e limitações da fase 1 encontra-se no Apêndice L. Uma das principais vantagens é a comparação dos dados da medição de pressão de diferentes voluntários. Por outro lado, o mapeamento de postura estática não evidencia a dinâmica do uso da poltrona, ou seja, não considera as atividades que são realizadas em voo e conseqüentemente as mudanças posturais que ocorrem no sentido de realizar essas atividades.

Alguns autores reforçam a importância de se considerar no projeto de uma poltrona que os usuários adotam diferentes tipos de posturas ao longo de sua utilização (IIDA, 1990; HUET, 2003; SOUZA, 2010). Essas mudanças posturais também serão refletidas nos dados de pressão (KYUNG; NUSSBAUM, 2008). Neste sentido, uma poltrona aeronáutica deve possuir uma boa distribuição de pressão nas posturas adotadas durante um voo típico.

Outra limitação do protocolo se refere ao tempo de experimento, que avalia apenas o conforto a curto prazo (MERGL, 2004). Além disso, a poltrona foi avaliada fora do seu contexto de uso, não levando em consideração a relação entre ela, o passageiro e o interior da aeronave.

Observando o ciclo de desenvolvimento de uma aeronave apresentado por Giametti (2007), a fase 1 desta pesquisa poderia ser utilizada para avaliar o primeiro protótipo de poltrona desenvolvido pelo fornecedor entre o final da fase de definição conjunta e o início da fase de projeto detalhado e certificação.

5.2 DISCUSSÃO DA FASE 2

A fase 2 desta pesquisa teve como finalidade introduzir conceitos da análise da atividade em avaliações de poltronas aeronáuticas. Esse estudo mostrou a possibilidade de usar a medição de pressão contínua em conjunto com outras técnicas como observação, relato pós-experimento e filmagem para avaliar o desconforto percebido pelo passageiro nas principais atividades realizadas em um voo típico. Além disso, conceitos de design como imersão, ideação e prototipação foram aplicados de forma a estimular o envolvimento da equipe de projeto na avaliação não só da poltrona, mas de todo espaço vivencial do passageiro.

Para introduzir conceitos de análise de atividade em avaliações de poltronas aeronáuticas que ainda estão na fase de desenvolvimento, buscou-se utilizar pressupostos da ergonomia de concepção de sistemas de trabalho que trata da abordagem de atividade futura. De acordo com Daniellou (2002), a vantagem de se observar situações de referência é poder analisar a variabilidade de situações de uso que não podem ser previstas unicamente a partir de desenhos ou especificações técnicas. Dessa forma, foram escolhidas duas situações de referência para serem simuladas nesta pesquisa: ler e repousar.

O protocolo dos experimentos foi baseado em uma situação de voo, onde as atividades e repouso e leitura foram simuladas por passageiros que também eram pesquisadores do projeto. Inspirado na técnica de observação participante, o

processo de simulação da vida do passageiro permitiu aos pesquisadores “calçarem os sapatos” do usuário e experimentarem o ambiente da cabine sob sua perspectiva. Apesar do protocolo utilizado nesta pesquisa não ser caracterizado por uma observação participante pura, uma vez que foi aplicado em uma condição simulada, procurou-se observar fatos, situações e ações que poderiam não ser compreendidas em outras abordagens.

A literatura mostra que é importante envolver usuários reais durante a concepção de produtos (DEJEAN; NÄEL, 2007), por outro lado, o foco desta pesquisa foi sensibilizar a equipe de projeto. Para tal, os pesquisadores passaram por um processo de sensibilização que teve como objetivo nivelar as experiências dos pesquisadores e treinar a percepção deles com relação aos motivos das mudanças posturais e facilidades e dificuldades encontradas durante a realização das atividades. Como resultado, a escolha de se utilizar os membros da equipe como passageiros propiciou o entendimento comum do grupo da situação avaliada, assim como suas limitações, constrangimentos e sucessos.

Na fase 1 desta pesquisa foi identificado que a avaliação de poltronas fora de seu contexto de uso não permite a verificação da relação entre a poltrona, o passageiro e o interior da aeronave. Segundo alguns autores (GUÉRIN et al., 2001; DANIELLOU, 2004), o estudo da ergonomia deve levar em consideração não só os conhecimentos gerais sobre propriedades humanas, mas também como o sujeito age em uma situação particular. De acordo com Fonseca e Mont’alvão (2006), o ambiente físico da tarefa pode contribuir positiva ou negativamente na realização das atividades desenvolvidas pelos usuários deste espaço. Isso ocorre uma vez que uma situação deve ser tratada de forma dinâmica, evolutiva e aberta, cujos elementos não podem ser considerados independentemente de suas relações. Por estes motivos, optou-se por fazer a simulação das principais atividades realizadas em um voo típico em um ambiente que representasse o interior de uma aeronave. Dessa forma, as avaliações foram realizadas em um simulador que reproduz o interior de um avião regional, assim como alguns sistemas essenciais como ar condicionado, vibração e ruído interno. A observação dos comportamentos dos participantes em laboratório (simulador) favoreceu a criação de situações

estruturadas e de certa forma controladas, como por exemplo, o controle das condições ambientais e das atividades realizadas pelos passageiros.

Ao introduzir o conceito de medição contínua de pressão, isto é, registro das mudanças de pressão ao longo do experimento, foi possível verificar que as posturas adotadas pelos participantes não eram estáticas e se alteraram durante todo o ensaio. Além disso, constatou-se um padrão de movimentação diferente para cada atividade analisada, mostrando que a movimentação do sujeito é influenciada pelo o que ele está fazendo ou deseja fazer. Isso indica que avaliar uma poltrona aeronáutica considerando apenas uma postura, como foi feito na fase 1 desta pesquisa, pode ser insuficiente. Alguns estudos em bancos de automóveis, por exemplo, mostram que a medição contínua de pressão tem trazido bons resultados em avaliações de longa duração (ANDREONI et al.; 2002, BAR; 1991, BOGGS; 2004).

A movimentação do participante ao longo do tempo fica evidente por meio da alteração da pressão nos mapas do assento e do encosto. A análise da medição de pressão mostrou que não só as posturas variaram com o tempo, mas também os mapas, os valores de pressão média, pico de pressão, área de contato e os centros de pressão associados a elas. As mudanças nos mapas de pressão refletiram as alterações de posição e contato entre as regiões do corpo do ocupante e a poltrona e evidenciaram posturas assimétricas. Como visto na revisão da literatura, distribuições assimétricas de pressão são indesejáveis, pois dificultam as respostas fisiológicas e levam a condições de desconforto (COHEN, 1998, JIN et al., 2011).

Conforme visto na fase 1, de acordo com os mapas de pressão, a região com maior concentração de pressão no assento são as tuberosidades isquiáticas em praticamente todas as posturas adotadas durante os ensaios de leitura e repouso. Já no encosto, a maior concentração de carga ocorre na região mediana das costas por conta de boa parte das posturas serem caracterizadas por deslizamento do quadril para frente, que favorece o apoio na região mediana das costas ao perder o apoio lombar.

As alterações nos dados de pressão média, de pico de pressão e área de contato no encosto e no assento da poltrona de cada participante dos ensaios foram significativas. O pico de pressão, por exemplo, foi o valor que apresentou maior variação de postura para postura. Outro valor que teve bastante alteração foi a porcentagem de sensores acima de 60 mmHg, que chegou quase a 20% para um participante do ensaio de repouso.

Apesar de a movimentação ser necessária para evitar posturas estáticas indesejáveis, o grau de movimentação na poltrona tem sido uma forma de avaliar o desconforto ao longo do tempo (GRANDJEAN et al., 1973; FENETY et al.; 2000). A suposição desses estudos se baseia no fato que sujeitos se movem menos no início da postura sentada, mas conforme o tempo passa os movimentos vão aumentando possivelmente devido ao desconforto. Entretanto, a relação entre movimentação na poltrona e desconforto ainda não foi estabelecida.

A avaliação do movimento do centro de pressão no encosto e no assento permitiu a distinção das mudanças posturais entre micro e macromovimentos. De acordo com o modelo proposto por Fujimaki e Noro (2005), com o passar do tempo em uma mesma postura a sensação de desconforto vai aumentando até certo ponto. A partir deste momento micromovimentos são realizados com o intuito de diminuir o desconforto. Quando esses pequenos movimentos não são mais suficientes para tal, macromovimentos são realizados. Comparando o passeio dos centros de pressão no encosto e no assento nas duas atividades avaliadas, verificou-se que os macromovimentos foram mais bem definidos nos ensaios de repouso do que nos ensaios de leitura.

Uma forma inédita de visualizar a movimentação do participante na poltrona é sobrepor os mapas de pressão. A sobreposição dos mapas de pressão de cada uma das posturas adotadas por um participante fornece informações importantes para a avaliação do projeto da poltrona como contorno da área de interface entre a poltrona e o ocupante, regiões mais solicitadas e onde há falta de apoio. As diferenças encontradas entre as sobreposições de repouso e leitura foi outro ponto interessante evidenciado pela sobreposição dos mapas de pressão. Essa comparação mostrou

que nas posturas adotadas na leitura houve predominância da orientação do apoio das pernas e costas paralelas a linha longitudinal da poltrona enquanto no repouso houve nítida presença de posturas mais “inclinadas” na poltrona. A área de contato no encosto e o uso do apoio de cabeça foram outros pontos de diferença entre os mapas das duas atividades. Os mapas do ensaio de repouso mostraram que o uso do apoio de cabeça foi mais frequente e a área de contato foi maior do que no ensaio de leitura. Já um ponto em comum de todos os mapas de pressão do encosto da poltrona foi a falta de apoio na região lombar.

A filmagem em conjunto com a medição de pressão teve um papel importante no pós-processamento dos dados, uma vez que auxiliou na compreensão das mudanças posturais ao longo do experimento. Se por um lado a manta de pressão registra as mudanças de postura por meio da variação de pressão, pelo outro a filmagem permite a identificação da região do corpo que se alterou ao longo do tempo.

A análise postural mostrou que a frequência de movimentação dos passageiros foi maior na leitura do que no repouso e que apesar do número reduzido de participantes, foi possível identificar algumas estratégias e posturas comuns adotadas por eles. Todas as informações apresentadas sobre as intenções, dificuldades, e constrangimentos sentidos durante os experimentos só foram possíveis por conta do relato dos participantes. Como os participantes eram pesquisadores sensibilizados foi mais fácil fazer com que eles expressassem ao final dos ensaios a sua percepção sobre o grau de envolvimento na atividade realizada e o motivo das principais mudanças posturais. A Tabela 5.1 faz um resumo das dificuldades e estratégias adotadas pelos participantes ao longo dos experimentos.

Na etapa de ideação ou *brainstorming* o conceito de cognição compartilhada foi verificado, uma vez que essa etapa permitiu uma reflexão sobre a poltrona e o espaço ocupado pelo passageiro em voo com base na experiência vivida durante os ensaios. Fillipe (apud Montmollin, 1995) discute que nas atividades de trabalho coletivo cada indivíduo é portador de conhecimentos parcialmente redundantes como os dos outros, mas que o compartilhar vai além do somatório dos

conhecimentos dos indivíduos. Ao discutirem os ensaios, os pesquisadores compartilharam suas experiências e refletiram sobre os comentários dos colegas, gerando um entendimento comum das facilidades e dificuldades propiciadas pelo ambiente vivenciado por eles. Esse compartilhamento resultou em propostas de soluções de melhoria para a poltrona e para a cabine da aeronave, que foram encaminhadas para a etapa de prototipação. Já a etapa de prototipação transformou em realidade uma ideia gerada na etapa de ideação por meio de um modelo rápido de conceito.

Tabela 5.1 - Quadro resumo das estratégias comuns para evitar o desconforto - Análise postural e do relato

	Dificuldades	Estratégias
Repouso	NA	Postura inicial comum - coluna ereta e apoiada no encosto da poltrona, cotovelos e pernas paralelas com pés próximos ao corpo.
	Manter o corpo na horizontal.	Deslizar do quadril para frente e pernas esticadas.
	Apoio inadequado da cabeça.	Buscar ponto de apoio para a cabeça seja na janela, mão ou na poltrona ao lado.
	Apoio inadequado da cabeça.	Alternar os lados do apoio da cabeça entre direito e esquerdo.
	Falta de apoio para pernas e pés.	Alternar pernas cruzadas, esticadas e próximas ao corpo.
	Apoiar e liberar os braços.	Utilizar quase que continuamente o apoio de braço.
Leitura	NA	Postura inicial comum - região lombar e mediana das costas apoiada no encosto da poltrona, cotovelos apoiados nos apoios de braço e cabeça para frente em direção ao livro.
	Dor na região cervical.	Aproximar o livro para perto do rosto, suportando a cabeça e o ombro no encosto da poltrona.
	Livro pesado. Desconforto nas mãos.	Apoiar o livro na coxa.
	Apoio inadequado da cabeça.	Segurar o livro com uma mão e a cabeça com a outra.
	Dor na região cervical.	Cruzar as pernas e apoiar o pé na poltrona da frente e o livro na perna cruzada.

Fonte: Elaborado pela autora

Uma vez aprovado o conceito pela equipe de projeto, sugere-se desenvolver um protótipo funcional da solução prototipada e reiniciar o ciclo da Fase 2 partir do mapeamento contínuo de pressão. Dessa forma, as etapas da fase 2 vão evoluindo até que o todo se torne viável. Esse processo se encaixa na fase de desenvolvimento de projeto detalhado e certificação (GIACOMETTI, 2007).

Além disso, toda a dinâmica de ensaios, *brainstorming* e prototipação facilitou a identificação de necessidades latentes, como ter um apoio para o livro, que talvez um usuário comum não conseguisse expressar durante uma avaliação. Isso reforça a ideia de Brown (2010) que as pessoas são tão engenhosas em se adaptar a situações inconvenientes que muitas vezes nem chegam a perceber que estão fazendo isso.

A partir da análise dos dados gerados na fase 2 desta pesquisa foi possível estabelecer um quadro síntese das principais técnicas, ferramentas e procedimentos adotados, que pode ser visto no Apêndice M. Para finalizar a discussão da fase 2 desta pesquisa, o procedimento experimental apresentou algumas vantagens e algumas limitações como:

- O procedimento identifica estratégias utilizadas pelos participantes para amenizar um estado de desconforto. A fala dos participantes foi fundamental para evidenciar a motivação e intenção que os levaram a mudar constantemente de postura ao longo do experimento.
- Apesar dos participantes possuírem características antropométricas diferentes, muitas posturas e estratégias adotadas por eles para evitar o desconforto foram semelhantes.
- O relato após o experimento não foi suficiente para correlacionar o grau de desconforto em cada região do corpo em cada postura adotada.
- O procedimento é demorado, uma vez que requer a simulação das atividades, etapa de ideação e prototipação.
- A análise da filmagem mostrou que em diversos momentos os participantes utilizaram apoios do ambiente como janela e a poltrona do lado para repousarem cabeça e membros superiores e essa identificação não seria possível se o ensaio não tivesse sido realizado em um ambiente representativo.

5.3 DISCUSSÃO DA FASE 3

A fase 2 da pesquisa foi essencial para verificar como o passageiro se relaciona com a poltrona e o ambiente de cabine. Entretanto, experimentos como este não são suficientes para prever toda variabilidade capaz de aparecer no futuro de utilização da poltrona no ambiente da cabine de aeronaves. Por outro lado, avaliar o desconforto causado pela má distribuição de pressão considerando apenas 1 postura, como feito na fase 1 não é satisfatório. Uma maneira de contornar essas limitações foi identificar as posturas mais adotadas durante a realização dos ensaios de repouso e leitura para servirem de referência para ensaios de medição estática de pressão, de forma a garantir que a poltrona apresente boa distribuição de pressão pelo menos nas posturas mais comuns. Um ponto importante a ser lembrado é que as posturas escolhidas para as simulações desta fase da pesquisa não representam necessariamente posturas confortáveis para ler e repousar, mas sim as mais adotadas pelos participantes da fase 2.

Desta forma, na fase 3 desta pesquisa procurou-se associar os dados objetivos obtidos por meio da medição de pressão de algumas posturas pré-definidas de repouso e leitura com a percepção de desconforto em algumas regiões do corpo. Para tal, as posturas nos ensaios de leitura e repouso foram caracterizadas e as quatro mais adotadas de cada atividade foram identificadas e escolhidas para serem utilizadas nos ensaios da fase 3. Essas posturas foram chamadas de posturas típicas.

Os experimentos da fase 3 foram realizados no simulador de interior de aeronave e o protocolo consistiu na simulação das posturas típicas de repouso e leitura, após um período de 10 minutos sentado sem restrição de postura e atividade. Conforme visto na revisão da literatura, o tempo de avaliação de 5 minutos é suficiente para um indivíduo se familiarizar com a poltrona em uma avaliação de conforto de curto prazo (SHACKEL et al., 1969; GRANDJEAN et al., 1973; MERGL, 2004).

Segundo Schackel (1969) a percepção de conforto na postura sentada pode ser avaliada por meio de várias técnicas como escala de conforto geral, mapas

corporais, verificação de características, métodos de ajustes e comentários pessoais. Pensando nisso, após a simulação de cada postura, o participante respondeu uma ficha de avaliação de desconforto, baseada em uma escala de conforto geral e um mapa corporal, e fez um relato da sua percepção sobre a postura adotada.

A escolha pela utilização de escalas de desconforto e não conforto foi fundamentada pelos estudos da literatura que sugerem que a relação entre as medidas objetivas e o desconforto é mais forte do que a relação com o conforto (DE LOOZE et al., 2003). A desvantagem de se utilizar uma escala apenas de desconforto está no fato de que experiências positivas não são captadas (RICHARDS, 1980). No caso desta pesquisa, o relato pós-experimento ajudou a minimizar essa limitação. Um exemplo disso é que os participantes relataram que algumas posturas eram mais comuns para eles do que outras.

O mapa corporal foi um instrumento utilizado para auxiliar os participantes a refletirem sobre as sensações percebidas nas diferentes partes do corpo. De acordo com Adler (2007), os resultados do mapa corporal podem ser usados para criar uma classificação geral de conforto/desconforto ou para identificar as áreas em que o desconforto é maior ou menor. Neste caso, o mapa foi utilizado para verificar tendências de melhora ou piora na sensação de desconforto de uma postura para outra.

Na questão referente ao desconforto geral na postura adotada, verificou-se que as posturas com menor grau de desconforto foram a 2 e a 3 para repouso e a postura 8 e a 6 para leitura. Já as posturas com maior grau de desconforto para o repouso foram a 1 e a 3 e a para leitura não houve unanimidade. Constatou-se também que as maiores notas de percepções de desconforto na primeira questão refletiram uma maior pressão média no encosto, um alto valor de pico de pressão no encosto e a menor área de contato no encosto. Isso mostra que pode haver uma relação entre a percepção de desconforto geral com altos valores de pressão no encosto associados com uma baixa área de contato.

A comparação da percepção de desconforto nas diversas regiões do corpo com as variáveis de pressão correspondentes (pressão média, pico de pressão, área de contato e distribuição percentual de pressão) permitiu estabelecer indicativos de percepção de desconforto. Para algumas regiões do corpo foi possível identificar a partir de que valor de pressão média os participantes começaram a sentir desconforto, como mostra a Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Valores de início de percepção de desconforto para algumas regiões do corpo

Parte do corpo	Percepção de desconforto Pressão média (mmHg)
Pescoço e ombros	10
Região torácica	16
Região lombar	19
Nádegas	37
Coxas	26

Fonte: Elaborado pela autora

Dos dados apresentados na Tabela 5.2 é possível constatar que a sensibilidade varia de acordo com a região do corpo e que as costas são mais sensíveis a pressão do que as coxas e nádegas. Com relação à diferença de sensibilidade entre as coxas e as nádegas, observou-se em outros estudos que investigaram o limiar de pressão percebido pelo homem que também há diferença de sensibilidade entre essas regiões (GOOSSENS; TEEUW; SNIJDERS, 2005; HARTUNG, 2006). Uma explicação para essa diferença pode estar no fato da pele e do tecido adiposo, localizados abaixo das tuberosidades isquiáticas, suportarem melhor a pressão que a massa magra que envolve esses ossos, sendo mais bem preparados para receber a carga do que os demais tecidos das nádegas e das coxas (REED et al., 1994).

É importante lembrar que esses valores encontrados nesta pesquisa são apenas um indicativo e precisam ser mais bem compreendidos por meio de estudos com diferentes poltronas e com pessoas de diversas idades, peso, altura e gênero.

Paralelamente, os mapas de pressão do encosto e do assento foram divididos de forma a representar as regiões do corpo definidas no mapa corporal. Isso foi visto

também em outros estudos que utilizaram manta de pressão como medida objetiva de desconforto (OUDENHUIJZEN; et al., 2003, NA et al., 2005, HARTUNG, 2006; KYUNG; NUSSBAUM, 2008, JIN et al., 2009). Neste estudo, apenas a percepção de desconforto nas regiões do corpo em contato com a superfície da poltrona equipada com uma manta de pressão foi comparada com os dados da medição de pressão. Se fosse possível utilizar mais de duas mantas de pressão nos experimentos, a pressão de interface em superfícies como o apoio de braço e o piso também poderia ser medida, proporcionando comparações com outras partes do corpo.

Assim como na fase 1, a avaliação das posturas típicas pode ser considerada uma medição estática de pressão. A diferença está no fato de se utilizar como referência posturas que refletem as ações dos participantes ao realizarem as atividades de repousar e ler. Como visto na revisão da literatura, avaliações estáticas de pressão auxiliam na determinação de fatores contribuintes para o desconforto entre sujeitos diferentes. E realmente, conforme esperado, o padrão do mapa de pressão de cada postura foi similar entre os participantes e facilitou a identificação de regiões com maior concentração de pressão, assimetrias e falta de apoio.

A análise do relato dos participantes pós-posturas foi essencial para entender a natureza dos constrangimentos gerados por cada uma das posturas. A Tabela 5.3 reúne os principais comentários dos participantes ao adotarem cada uma das posturas e compara com as respostas aos mesmos itens no mapa corporal.

Huet e Moraes (2002) apontam que o passageiro fica muitas vezes sem sair da poltrona e acaba buscando o alívio dessas pressões escorregando a pelve para frente, perdendo o apoio lombar oferecido pelo encosto. E de fato, as posturas estudadas que são caracterizadas pelo deslocamento da pelve para frente tiveram relato de desconforto por falta de apoio lombar.

Tabela 5.3 - Quadro resumo do relato e ficha de avaliação de desconforto para cada postura típica

	Postura	Relato	Evidência
Repouso		Desconforto maior relatado foi na coluna cervical e região lombar para encostar toda as costas no encosto.	As maiores notas de desconforto foram as do pescoço e lombar.
	Falta de apoio lombar e de cabeça. Alta concentração de pressão na nádegas.	As maiores notas de desconforto foram as da região lombar, das nádegas e do pescoço.
	Postura assimétrica ocasionou diferença de pressão entre as nádegas direita e esquerda. Dores na coluna cervical e lombar ao encostar a cabeça na lateral da aeronave.	As maiores notas de desconforto foram as da região lombar, torácica e pescoço. Houve diferença na percepção de desconforto na nádega direita e na esquerda.
	O fato de segurar a cabeça com a mão amenizou o desconforto na coluna cervical.	Em geral, as notas de desconforto no pescoço e ombros foram menores do que a da postura 3.
Leitura		Desconforto na coluna cervical. Diferença de pressão nas nádegas.	As maiores notas de desconforto foram no pescoço e nas nádegas.
	Olhar para baixo em direção a revista causa uma tensão muito forte na cervical e que se espalha para a dorsal e ombros.	As maiores notas de desconforto foram as da região lombar, torácica, pescoço e ombros.
	Apoio da cabeça nas mãos aliviou as dores na coluna cervical. Desconforto na região lombar.	As maiores notas de desconforto foram na região lombar e nas nádegas. Houve diferença na percepção de desconforto na nádega direita e na esquerda.
	Falta de apoio de cabeça.	A maior nota de desconforto foi no pescoço.

Fonte: Elaborado pela autora

Com relação ao desconforto sentido no pescoço, Coury (1995) comenta que uma pequena movimentação do pescoço é extremamente prejudicial para a parte alta da coluna, uma vez que demanda um trabalho adicional dos músculos e sobrecarrega os ligamentos e articulações da região. Como o encosto da poltrona era baixo se comparado à altura sentada dos participantes, houve a necessidade de adotar posições extremas de pescoço para conseguir um apoio de cabeça, resultando em desconforto nesta região.

Desconforto sentido nas nádegas dos participantes está por um lado relacionado com a altura do assento. Por serem participantes altos, o assento não proveu apoio suficiente nas coxas, fazendo com que uma grande parte do peso do corpo ficasse apoiada sobre uma região muito restrita das nádegas, causando desconforto no local.

O número reduzido de participantes nessa fase da pesquisa reflete o desligamento dos demais pesquisadores ao longo do projeto. Pelo protocolo estipulado neste trabalho, os pesquisadores para participar dos ensaios da fase 2 e 3 teriam que passar pela etapa de sensibilização, o que excluiu a possibilidade de utilizar outras pessoas para atingir uma amostra um pouco maior. De qualquer forma, é bom ressaltar o caráter qualitativo desta pesquisa.

Pensando no processo de desenvolvimento de uma aeronave, esta fase poderia ser realizada do início para o meio do projeto detalhado e certificação, onde o interior da cabine está sendo detalhado e alguns de seus componentes já estão iniciando o seu processo de certificação. Ao término da utilização do método, sugere-se também que o ambiente da cabine seja avaliado por usuários.

A partir da análise dos dados gerados na fase 3 desta pesquisa foi possível estabelecer um quadro síntese das principais técnicas, ferramentas e procedimentos adotados, que pode ser visto no Apêndice N. Uma limitação dessa fase 3 está relacionada ao curto espaço de tempo de avaliação de cada postura.

Por outro lado, as vantagens do protocolo da fase 3 foram:

- Simulação de situações de referência (posturas típicas) e não de uma postura qualquer, como na fase 1.
- Comparação dos mapas de cada postura entre os participantes.
- Identificação das regiões com alta concentração de pressão, assimetrias, baixo envelopamento das tuberosidades isquiáticas e área de contato para cada postura.
- Associação dos dados objetivos obtidos através do mapeamento de pressão com a percepção de desconforto dos participantes em cada postura adotada, corroborados pelo relato pós-experimentos.

6. CONCLUSÃO

A partir da revisão da literatura verificou-se que o espaço para as pernas, higiene da cabine, atenção do comissário de bordo e a poltrona são os elementos que mais influenciam na experiência de conforto de uma viagem aérea e que por este motivo devem ter prioridade durante o projeto de uma nova aeronave. Entretanto, a indústria aeronáutica tem uma forte preocupação com peso, custo e atendimento de requisitos de certificação, fazendo com que muitas vezes o projeto das cabines de aeronaves seja baseado apenas em estudos antropométricos. Foram encontrados poucos estudos utilizando a análise das atividades como metodologia para levantar a percepção dos passageiros sobre aspectos relacionados ao conforto e desconforto em uma situação de voo, revelando a necessidade de aprimorar os métodos propostos por Souza (2009) e Yoshida (2009) de modo a contribuir com o projeto de poltrona e de cabine de aeronaves.

Este trabalho foi composto por uma série de experimentos visando a construção de um método de análise de conforto e desconforto que descrevesse a relação do passageiro com a poltrona e com o espaço vivencial da cabine da aeronave ao considerar as atividades realizadas durante um voo típico. A vantagem da abordagem utilizada para estabelecer esse método foi a capacidade de refletir sobre os resultados de cada fase, contornando as limitações de algumas técnicas e reforçando o uso de outras na construção da fase seguinte. O método proposto é composto por três fases nas quais técnicas, procedimentos e instrumentos de avaliação de conforto e desconforto de poltronas e cabines de aeronaves são sugeridos para serem utilizados durante a fase de desenvolvimento destes produtos.

Com a aplicação da fase 1, Mapeamento de pressão de postura estática, verificou-se que os métodos propostos por Souza (2009) e Yoshida (2009) para avaliação de conforto e desconforto de poltronas por meio de mapeamento de pressão de posturas estáticas possuem algumas vantagens e que podem ser utilizados no início do desenvolvimento de uma poltrona a fim de corrigir má distribuição de pressão e problemas de assimetrias. Por outro lado, se caracteriza por uma avaliação estática e por este motivo foi possível estimar apenas o desconforto de curto prazo, que está

mais relacionado ao critério “cabe não cabe” do que com o uso da poltrona em uma situação de voo. Com essa constatação, verificou-se que a hipótese H1 apresentada no item 1.4 foi comprovada.

Ao longo de toda fase 2, Mapeamento contínuo da pressão de interface, compreendeu-se que a percepção de desconforto e conforto a longo prazo depende não somente das características das poltronas, mas também dos demais elementos da cabine e principalmente da possibilidade de agir e realizar as atividades pretendidas pelos passageiros, assim como previsto na hipótese H2. Isso ficou claro por meio do relato pós-experimento e durante a sessão de *brainstorming*, momentos nos quais os participantes puderam discutir o design da poltrona e o projeto da cabine com base nas suas experiências.

Outro ponto importante da fase 2 foi a imersão da equipe do projeto na situação avaliada. A experiência de vivenciar a cabine de aeronaves ao desenvolver algumas das atividades típicas de voo proporcionou uma reflexão sobre as facilidades e dificuldades propiciadas pelo ambiente que resultou em propostas de soluções de melhoria para a poltrona e para a cabine da aeronave, comprovando assim a hipótese H3.

Por fim, a fase 3, Mapeamento de pressão de posturas típicas, utilizou as posturas mais adotadas durante a realização dos ensaios da fase 2 como situações de referência para avaliar a percepção de desconforto em diversas partes do corpo. Desse modo, foi possível avaliar as distribuições de pressão nas condições de uso futuras prováveis do ambiente avaliado por meio de mapeamento de pressão, mapa corporal e relato pós-postura.

A contribuição científica deste trabalho para o campo do projeto de poltronas e cabines de aeronaves está centrada em dois fatos. Em primeiro lugar, o método proposto neste estudo diferencia-se dos métodos descritos por Souza (2009) e Yoshida (2009), uma vez que avalia não só a poltrona, mas também o uso do ambiente vivenciado pelo passageiro ao realizar as atividades típicas de voo. Em segundo lugar, acredita-se que a compreensão das ações ao realizarem as atividades típicas de voo pode auxiliar os pesquisadores/projetistas a desenvolverem ambientes vivenciais que proporcionem bem estar aos seus ocupantes.

O envolvimento da equipe de projeto nos ensaios foi uma estratégia utilizada para desenvolver uma análise crítica mais apurada sobre o conceito da cabine de passageiros de forma que as soluções geradas atendessem não só aos requisitos de certificação e de produto, mas também propiciassem condições mais favoráveis para a realização de atividades em voo. Além disso, há a possibilidade dos projetistas se apropriarem da abordagem utilizada no método e aplicarem seus conceitos em outras situações. Considerando que o desenvolvimento de um avião é um processo social que requer o envolvimento de especialistas de diversas áreas, espera-se que projetistas sensibilizados fiquem mais atentos aos aspectos de ergonomia e conforto, que antes só eram tratados pelos ergonomistas.

Uma das limitações desta pesquisa se refere ao fato dos experimentos terem sido realizados em laboratório e não em situação de voo. Em uma situação de voo, o passageiro possui um motivo para viajar, ele tem certa expectativa para chegar ao seu destino final ou ele também pode se sentir mais ou menos ansioso por conta do medo de voar, por exemplo. Além disso, a cabine de passageiros normalmente está repleta de viajantes desconhecidos, sendo que usualmente tem alguém sentado ao seu lado. Nos ensaios realizados no simulador, por outro lado, a cabine de passageiros estava praticamente vazia, não houve serviço de bordo e características como ruído e vibração não foram consideradas. Outra diferença importante foi com relação às atividades realizadas pelos passageiros nas fases 2 e 3. Neste caso, os participantes dessas fases foram obrigados a realizar as atividades de repousar e ler ou adotar posturas pré-determinadas que muitas vezes não refletiam a suas vontades. Outros protocolos podem ser desenvolvidos para avaliar outras condições experimentais como, por exemplo, ensaio com atividades livres, ensaios com a poltrona instalada em diferentes *pitches*, ensaios com a cabine cheia, entre outros.

Embora a revisão da literatura tenha mostrado que é importante envolver usuários reais durante a concepção de produtos, o foco desta pesquisa foi sensibilizar a equipe de projeto para aspectos de ergonomia e conforto durante o uso do ambiente de cabine que está sendo desenvolvido. Por esse motivo, o ambiente vivencial da cabine foi avaliado por poucas pessoas, mas com uma profundidade que se acredita

que não se conseguiria com usuários finais do produto. De qualquer forma, a participação de projetistas, neste caso de pesquisadores do projeto, não exclui a necessidade de avaliação da poltrona e da cabine de aeronaves por usuários finais deste produto. Neste caso, sugere-se que um novo protocolo de experimentos seja desenvolvido.

Outra limitação da pesquisa se deve ao fato dos experimentos terem sido realizados por pesquisadores do projeto Conforto e Design de Cabine e não projetistas de interior de avião, por exemplo. Essa limitação ocorreu por conta da alta rotatividade e evasão dos membros da equipe ao longo do projeto que não permitiu a realização de um ciclo completo do método proposto utilizando os mesmos participantes em todas as fases. Acredita-se que o método aplicado por projetistas de aeronaves pode trazer maiores ganhos para a avaliação da cabine de aeronaves, uma vez que o conhecimento gerado pela equipe fase a fase não deve se perder como ocorreu nesta pesquisa.

Apesar dos participantes dos experimentos possuírem características antropométricas diferentes e formação multidisciplinar, é importante ressaltar que isso foi apenas uma coincidência originada durante a formação do grupo de pesquisa. Interessante destacar que ao realizar a pesquisa em grupo foi possível confrontar as diferentes perspectivas dos participantes dos ensaios e perceber que eles adotaram muitas estratégias semelhantes para evitar desconfortos, comprovando o que diz a literatura a respeito de aumentar a confiabilidade dos dados de uma pesquisa baseada em observação participante utilizando observação em grupo.

Apesar das particularidades terem sido descritas pensando no ambiente aeronáutico, o método proposto neste trabalho também poderia ser aplicado em outros contextos como, por exemplo, automóveis, trens e ônibus. Da mesma forma que no avião, acredita-se que o ambiente físico dos demais meios de transporte também pode contribuir positiva ou negativamente na realização das tarefas e atividades desenvolvidas pelos seus usuários e devem ser projetado considerando alguns aspectos citados neste trabalho.

Esta pesquisa evidenciou que a atividade realizada pelo passageiro influencia as mudanças posturais e o padrão de distribuição de pressão na poltrona. Entretanto, apenas um modelo de poltrona instalado em apenas em uma cabine de aeronaves foi considerado. Estudos futuros podem ser realizados para investigar o efeito de outros fatores na distribuição de pressão e na realização das atividades como o design da poltrona, o tipo de espuma, o ruído interno na cabine e a vibração.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J. Reestruturação Produtiva e Variabilidade do Trabalho: Uma Abordagem da Ergonomia. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília; v.16, n.1, 2000.

_____; SZNELWAR, L. I.; SILVINO, A.; SARMET, M.; PINHO, D. **Introdução à Ergonomia: da prática à teoria**. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 2009.

ADLER, S. **The relation between long-term seating comfort and driver movement** Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor philosophiae vorgelegt dem Rat der Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften der Friedrich-Schiller-Universität Jena von Dipl.-Sportwiss. Steffen. 2007.

ALAMDARI, F. Airline in-flight entertainment: the passenger perspective. **Journal of Air transport Management**, v.5, p.203-209, 1999.

AKERBLOOM, B. **Standing and Sitting Posture**. Nordiska Bokhandeln, Stockholm, Sweden, 1948..

ANDREONI, G.; SANTAMBROGIO, G.C.; RABUFFETTI, M.; PEDOTTI, A. Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers **Applied Ergonomics**, v. 33, p.511–522, 2002.

ARAUJO, C. S.; CRUZ, J. L. A view of the practice of integrated product development at Embraer. In: INTERNATIONAL SEMINAR OF HIGH TECHNOLOGY – TECHNOLOGICAL INNOVATION IN THE PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS, 5., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2000.

ATKINSON, P.; HAMMERSLEY, M. Ethnography and Participant Observation. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. **Handbook of Qualitative Research**. Second Edition, Sage, Thousand Oaks, 2000.

BAR, C. A. Evaluation of cushions using dynamic pressure measurement. **Prosthetics and Orthotics International**, v.15 (3), p.232-40, 1991.

_____; Pressure: Why measure it and how. In: INTERNATIONAL SEATING SYMPOSIUM, 14., Vancouver, BC, 1998.

BARBOSA, P. P.; URSI, S.; MATTOS, C. Teoria da atividade e a formação de professores na educação a distância. In: ESUD – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA, 5., 2011, Ouro Preto. **Anais...**Ouro Preto: UNIREDE, 2011.

BERNARDO, P. **Aviação Comercial**: Conforto a bordo. Disponível em: <http://www.aviation.com.br/portal/noticias/artigos_det.php?id_art=38>. Acesso em: 01 Nov. 2011.

BIKERMAN, J.J. **Foams**. New York: Springer-Verlag, 1973.

BINS-ELY, V. H. M. Ergonomia + Arquitetura: buscando um melhor desempenho do ambiente físico. In: ERGODESIGN – CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO-TECNOLOGIA: PRODUTOS, PROGRAMAS, INFORMAÇÃO, AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: LEUI/PUC-Rio, 2003.

BISHU, R. R., HALLBECK, M. S.; RILEY, M. W. Seating comfort and its relationship to spinal profile: a pilot study. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.8, p.89 – 101, 1991.

BONINI, L. A.; ENDO, G. B. **Design Thinking**: uma nova abordagem para inovação. Biblioteca Terra Fórum Consultores. Disponível em: <http://biblioteca.terraforum.com.br/Paginas/designthinking.aspx> Acesso em: 10 out. 2012.

BOGGS, C. M. **Field study to evaluate driver fatigue on air-inflated truck curshions**. Master of Science thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA, 2004.p.145.

BRANTON, P. Behavior, body mechanics and discomfort. **Ergonomics**, v.12, p.316-327, 1969.

BROBERG, O. Integrating ergonomics into the product development process. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 19, p.317-327, 1997.

BRONKHORST, R. E.; KRAUSE, F. Designing comfortable passenger seats. In: VINK, P. **Comfort and design: principles and good practice**. Florida: CRC Press, 2005. p. 155-167.

BROWN, I. D. Driver fatigue. **Human Factors**, v.36, n.2, p. 298–314, 1994.

BROWN, T. Change by Design - How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation. Editora: HarperBusiness, 2009.

BROWN, T. **Design Thinking** - uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Editora: CAMPUS - RJ. 2010.

BUCCIARELLI, L. L. **Designing engineers**. The MIT Press, Cambridge. 1996.

CHAFFIN, D. B.; ANDERSON, G. B. J.; MARTIN, B. J. Diretrizes para o trabalho na posição sentada. In:_____. **Biomecânica ocupacional**. Belo Horizonte: Editora Ergo, 2001.

COELHO, D. A. **A growing concept of ergonomics including comfort, pleasure and cognitive engineering: an engineering design perspective**. 2002. 292 f. Tese (doutorado em Engenharia Eletromecânica). Universidade de Beira Interior, Portugal, 2002.

COHEN, D. An objective measure of seat comfort. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 69, n. 4, p.410–414, 1998.

CORLETT, E. N. Human Factors in the Design of Manufacturing Systems. **Human Factors**, v.15, p.105-110, 1973.

_____; Aspects of the evaluation of industrial seating, **Ergonomics**, v. 32, p. 257–269, 1989.

_____; BISHOP, R. P. A technique for assessing postural discomfort, **Ergonomics**, v. 19, n. 2, p. 175-182, 1976.

COURY, H. J. C. G. **Trabalhando sentado: manual para posturas confortáveis**. São Carlos: EDUFSCar, 1995. 88p.

COUTO, H. A. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho – O manual técnico da máquina humana**. V.1, Belo Horizonte: ERGO, 1995, p. 185 – 213, 257 - 283.

DANIELLOU, F. **Le statut de La pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception.** Habilitation à diriger des recherches. Toulouse, Université Le Miral, 1992.

DANIELLOU, F. Métodos em ergonomia de concepção. In: DUARTE, F. **Ergonomia e Projeto na indústria de processo contínuo.** Rio de Janeiro: Editora Lucerna, 2002, p. 29-33.

_____; **A Ergonomia em Busca de Seus Princípios: Debates Epistemológicos.** São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

_____; A ergonomia na condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho. In: FALZON, P. **Ergonomia.** São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2007, p. 303-316.

_____; BÉGUIN, P. Metodologia da ação ergonômica: abordagens do trabalho real. In: FALZON, P. **Ergonomia.** São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2007, p. 281-301.

_____; GARRIGOU, A. Human factors in design: sociothechnics or ergonomics. In: HELANDER, M.; NAGAMACHI, M. **Design for Manufacturability.** London: Taylor & Francis, 1992. p.55-63.

_____; NAËL, M. **Ergonomie.** Paris: Techniques de l'Ingénieur, 1995.

DAVIS, K.; SPRIGLE, S. The Science of Interface Pressure Mapping - Updates for Clinical Application. In: INTERNATIONAL SEATING SYMPOSIUM. 24., 2008. Vancouver, BC. **Anais...** Vancouver, 2008.

DE LOOZE, M. P; KUIJT_EVERS, L. F. M; DIEEN, J. V. Sitting comfort and discomfort and the relationship with objective measures. **Ergonomics**, v. 46, n. 10, p. 985-997, 2003.

DEJEAN, P.; NAËL, M., Ergonomia do produto. In: FALZON, P. **Ergonomia.** São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2007, p. 393-405.

DÉNES, L.; TAKÁCS, N. Evaluation of postural changes using body pressure distribution system. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT & ECOLOGICAL FOOTPRINT, 1., 2012. Hungria. **Anais...** Hungria, 2012.

DHINGRA, H.S.; TEWARI, V.K.; SINGH, S. Discomfort, Pressure Distribution and Safety in Operator's Seat – A Critical Review **Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development**. v. 5, 2003.

DRUMMOND, D.; BREED, A. L.; NARECHANIA, R. Relationship of spine deformity and pelvic obliquity on sitting pressure distributions and decubitus ulceration. **Journal Pediatric Orthopaedics**, v.5, n.4, p.396-402, 1985.

DRURY, C; COURRY, B. A methodology for chair evaluation. **Applied Ergonomics**, v.13, p.195–202, 1982.

DUARTE, F. **Ergonomia & Projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: COPPE/RJ: Lucerna, 2002.

DUNK, N. M., CALLAGHAN, J. P. Gender-based differences in postural responses to seated exposures. **Clinical Biomechanics**, v. 20, n.10, p.1101–1110, 2005.

EBE, K.; GRIFFIN, M. J., Factors Affecting Static Seat Cushion Comfort. **Ergonomics**, v. 44, n. 10, p. 901–921, 2001.

EITZEN, I. Pressure mapping in seating: a frequency analysis approach. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**. v. 85, n.7, p.1136-40, 2004.

EKLUND, J. Biomechanics in Work Seating Design. In: KUMAR, S. **Biomechanics in Ergonomics**. Second Edition. CRC Press. 2008.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by Expanding: an activity-theoretical approach to developmental research**. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

_____; Developmental work research as educational research. Nordisk Pedagogik: **Journal of Nordic Educational Research**, v.16, p.131–143, 1996.

_____; Innovative learning in work teams: analysing cycles of knowledge creation in practice. In: Y. ENGESTRÖM et al **Perspectives on Activity Theory**. Cambridge: Cambridge University Press.1999. p.377-406.

_____; Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. **Journal of Education and Work**, v. 14, p. 133-156, 2001.

FALZON, P. Ergonomie, conception et développement. In: CONGRÈS DE LA SELF, 40., 2005, Paris. **Anais...**Paris, 2005, p. 21-23.

FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2007.

FAY, B. T., BRIENZA, D. A. What is interface pressure? In: Annual EMBS International Conference, 20., 2000, Chicago. **Anais...**Chicago, 2000.

FENETY, P. A.; PUTNAM,C.; WALKER, J. M. In-chair movement: validity, reliability and implications for measuring sitting discomfort. **Applied Ergonomics**, v. 31, p.383-393, 2000.

FERGUSON-PELL, M. W.; CARDI, M. D. Prototype development and comparative evaluation of wheelchair pressure mapping system. **Assistive Technology**, v. 5, n.2, p.78–91, 1993.

FOLDEN, D.; HOWARD, T.; JACKSON, T.; JULIAN, E.; JUNKERT, L.; LOPEZ, D.; PANIQUE, M.; TIENSVOLD, R.; OUDSHOORN, M. J.; WOLFF, R. S. A wireless computer games and video entertainment system for the aircraft cabin environment. **Computers in Entertainment**, v. 5, n.1, 2007.

FONSECA, J. F.; MONT'ALVÃO, C. Cor nos locais de trabalho como aplicá-la de forma adequada às necessidades dos usuários e às exigências da tarefa? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 14., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2006.

FREIXO, O. M., TOLEDO, J. C. Gestão dos Custos do Ciclo de Vida do Produto durante seu Processo de Desenvolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 4., 2003, Gramado. **Anais...** Gramado, 2003.

FUJIMAKI G, NORO K. Sitting Comfort of Office Chair Design. In: HCI INTERNATIONAL CONFERENCE, 11., 2005, Las Vegas. **Anais...**Las Vegas, 2005.

GAMEIRO DA SILVA, M. C. Measurements of comfort in vehicles. **Measurement Science and Technology**, v.13, p.41–60, 2002..

GIACOMETTI, R. A. **Análise do Earned Value como ferramenta de controle em programas aeronáuticos – Estudo de caso na EMBRAER**. 2007. 112 f.

Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

GILBERT, D.; WONG, R. K. C. Passenger expectations and airline services: a Hong Kong based study. **Tourism Management**, v. 24, p.519-532, 2002.

GOONETILLEKE, R. S Designing to minimize discomfort. **Ergonomics in Design**, v.6, n.3, p.12-19, 1998.

_____; FEIZHOU, S. A methodology to determine the optimum seat depth. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.27, p.207-217, 2001.

GOOSSENS, R.; TEEUW, R.; SNIJDERS, C Sensitivity for pressure difference on the ischial tuberosity. **Ergonomics**, v. 48, n. 7, p. 895-902, 2005.

GRANDJEAN, E.; HUNTING, W.; WOTZKA, G.; SCHARER, R An ergonomic investigation of multipurpose chairs. **Human Factors**, v.15, n.3, p.247-255, 1973.

GREGHI, M. F. **Conforto e desconforto de passageiros em cabines de aeronaves**. 2012. 191 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção em Área de concentração Trabalho, Tecnologia e Organizações) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

_____; ROSSI, T. N.; SOUZA, J. B. G.; MENEGON, N. L. Contributions from the activity analysis to the products development project: case study based on a project of innovation and comfort in aircraft's cabins. In: WORLD CONGRESS OF ERGONOMICS, 18., 2012, Recife. **Anais...**Recife, 2012.

GRIECO, A., Sitting posture: an old problem and a new one. **Ergonomics**, v.29, n.3, p.345-362, 1986.

GROENESTEIJN, L., VINK, P., LOOZE, M., DE KRAUSE, F. Effects of differences in office chair controls, seat and backrest angle design in relation to tasks. **Applied Ergonomics**, v. 40, p.362-370, 2009.

GROSS, C. M. A biomechanical approach to ergonomic product design. In: ZANDIN, K.; MAYARD, H. **Maynards Industrial Engineering Handbook**. 4th ed, New York: MacGraw-Hill, 1992. p 8.45-8.61.

GUALDA, D. M. R.; HOGA, L. A. K. Pesquisa etnográfica em enfermagem. **Revista da Escola de Enfermagem - USP**, v.31, n.3, p.410-22, 1997.

GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG, J., KERGUELEN, A. **Compreender o trabalho para transformá-lo**: a prática da Ergonomia. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2001.

GUIMARÃES, L. Estudo da ANAC diz que poltrona de avião é pequena. **FOLHA DE S.PAULO**. São Paulo, 14 Jul. 2009. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1407200925.htm>>. Acesso em: 20 Out. 2012.

GUIMARÃES, L.B.M. **Ergonomia de Produto**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. (Série Monográfica, v. 2).

GYI, D. E., PORTER, J. M. Interface pressure and the prediction of car seat discomfort. **Applied Ergonomics**, v.30, n.2, p.99–107, 1999.

HAGUETTE, T. M. F. Metodologias Qualitativas. In: _____; **Metodologias Qualitativas em Sociologia**. Petrópolis:Vozes, 1992.

HASLEGRAVE, C. M.; HOLMES, K. Integrating ergonomics and engineering in the technical design process. **Applied Ergonomics**, v.25, n.4, p. 211-220, 1994.

HAMANAMI, K., TOKUHIRO, A., INOUE, H. Finding the optimal setting of inflated air pressure for a multi-cell air cushion for a wheelchair patient with spinal cord injury. **Acta Medica Okayama**, v. 58, p.37–44, 2004.

HANSON, L., SPERLING, L., AKSELSSON, R. Preferred car driving posture using 3-D information. **International Journal of Vehicle Design**, v.42 (1/2), p.154–169 , 2006.

HARTUNG, J. **Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz**. Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München, 2006

HARTUNG, J., MERGL, C.; BUBB, H., Reliability of Pressure Measurement on Car Seats. **SAE Technical Paper**. 2004-01-2167, 2004,

HELANDER, M., ZHANG, L., Field studies of comfort and discomfort in sitting. **Ergonomics**, v.40, n.9, p.895–915, 1997.

HENDERSON J.L. et al. Efficacy of three measures to relieve pressure in seated persons with spinal cord injury. **Archive of Physical Medicine and Rehabilitation**; v.75, n.5, p.535–539, 1994.

HERTZBERG, H.T.E. The Human Buttocks in Sitting: Pressures, Patterns, and Palliatives. **SAE Technical Paper** n. 72005, 1972.

_____; **Annotated Bibliography of applied physical anthropology in human engineering** (Report N0. WADC-TR-56-30). Whright-Patterson Air Force Base, OH: Aero-medical Library, 1958.

HOLLOWAY, I.; WHEELER, S. **Qualitative research for nurses**. Great Britain: Blackwell Science, 1996.

HOOTON, E. **A Survey in Seating**, Gardner, Massachusetts: Heywood-Wakefield Comp, 1945.

HOUAISS, A; SALLES, M. **Dicionário de Língua Portuguesa**. 1. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

HUET, M. Avaliação **ergonômica e cinesiológica dos constrangimentos músculoesqueléticos da região sacro-lombar na postura sentada em viagens aéreas longas**. Dissertação (Mestrado em Artes e Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rlode Janeiro, 2003.

_____; MORAES, A. Medidas de pressão sob a pelve na postura sentada em pesquisas de ergonomia. **Fisioterapia Brasil**, Rio de Janeiro, v.4, n.6, p.438-444, 2002.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 1990.

JACOBSON, D. I.; MARTINEZ, J. The comfort and satisfaction of air travelers - basis for a descriptive model. **Human Factors**, v. 16, n. 1, p. 46-55, 1974.

JACKSON, M. A participação dos Ergonomistas nos Projetos Organizacionais. **Produção**, nºEspecial, p.61-70, 2000.

JACKSON, M.; DISCHINGER, M.; DUARTE, F. The use of narratives for generating knowledge about the ergonomists role in design processes. In: Annual Congress of the Nordic Ergonomics Society, 39., 2007, Lysekil - Suécia. **Anais...**Lysekil, 2007.

JENNY, P., JOY, H., MARTIN, M. Seeking the optimal posture of the seated lumbar spine. **Physiotherapy Theory and Practice**, v.17, n.1, p.5–21, 2001.

JIN, X.; CHENG, B.; WANG, B.; SHEN, B. Assessment of Driver's Seating Discomfort Using Interface Pressure Distribution, In: Intelligent Vehicles Symposium, 2009, Shaanxi, China. **Anais...** Shaanxi, 2009.

_____; _____; _____; TAO, X.; SHEN, B. Evaluation and Prediction of Driver Comfort Using Body Pressure Sensors In: International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 3., 2011, China. **Anais...**China, 2011.

JOAHNSSON, A.; NILSSON, L. **Evaluation of discomfort using real-time measurements of whole body vibration and seat pressure distribution while driving trucks**. 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ergonomic Design and Production) - Lulea University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2006.

JOHNSON, D. A.; NEVE, M. Analysis of possible lower lumbar strains caused by the structural properties of automobile seats: a review of some recent technical literature, **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 24, n.9, 2001.

JORDAN, P W. **Designing Pleasurable Products**: an introduction to the new human factors. London: Taylor and Francis, 2000.

KAMIJO, K., TSUJIMURA, H., OBARA, H.; KATSUMATA, M Evaluation of Seating Comfort. **SAE technical paper series**, n.820761,1982.

KANO, N.; et al. Attractive quality and must be quality. **The Journal of Japanese Society for Quality Control**, v. 14, n., p. 39-58, 1984.

KÄRKI, S.; LEKKALA, J. Pressure mapping system for physiological measurements. In:Imeko World Congress - Metrology for a Sustainable Development, 18., 2006, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro, 2006. p 17-22.

KEILA, R. **A consideração do conforto em projeto de cabine de aviões**: contribuições da ergonomia. 2007. 113 f.Trabalho de formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

KEEGAN, J. J. Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v.35, p.589-603, 1953.

KYUNG, G.; NUSSBAUM, M. A. Driver sitting comfort and discomfort (part II): Relationships with and prediction from interface pressure, **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, p.526-538, 2008.

KOLICH, M. Predicting automobile seat comfort using a neuralnetwork. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.33, n.4, p.285–293, 2004.

_____. Review: A conceptual framework proposed to formalize the scientific investigation of automobile seat comfort. **Applied Ergonomics**, v.39, n. 1, p. 15-27, 2008.

KROEMER, K. H. E.; KROEMER, H. J., KROEMER-ELBERT, K.E. **Ergonomics: How to design for Easy & Efficiency**. New Jersey: Prentice-Hall, 1994.

KRÜCKEN, P. Trevira CS for Aircraft Interiors. In: International IIR Forum, 2008, Hamburg, Germany. **Apresentação...** Hamburg, 2008.

KUUTI, K,. **Activity Theory as a Potential Framework for Human-Computer Interaction in Context and Consciousness** - Activity Theory and Human-Computer Interaction, MIT Press, 1996.

KYUNG, G.; NUSSBAUM, M. A. Driver sitting comfort and discomfort (part II): Relationships with and prediction from interface pressure, **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, p.526-538, 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A Técnicas de pesquisa. In: _____. **Técnicas de Pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2002. p. 87-92.

LE CARPENTIER, E.F. Easy Chair Dimensions of Comfort. **Ergonomics**, v. 12, n. 2, p.328-337, 1969.

LEE, J.; FERRAIUOLO, P. Seat comfort, **SAE Technical Paper**, n. 930105, 1993.

LEE, T. G., MILOSIC, M. Evaluation of Objective Measurement Techniques for Automotive Seat Comfort. **SAE Technical Paper**, n.950142, 1995.

LEININGER, M. M. **Qualitative research methods in nursing**. Orlando, Grune and Stratton, 1985.

LEONT'EV, A. N. The Problem of Activity in Psychology. In: WERTSCH, J. V. **The Concept of Activity in Soviet Psychology**, New York: Sharp, 1981. p.37-71.

LIMA, A. A. D. S.; ALMEIDA, M. C. P.; LIMA, C. C. A utilização da observação participante e da entrevista semi-estruturada na pesquisa em enfermagem. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, v. 20, n.esp., p.130-142, 1999.

LINDAN, O.; GREENWAY, R.W.; PIAZZA, J.M. Pressure distribution on the surface of the human body: I. Evaluation in lying and sitting positions using a bed of springs and nails. **Archive of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 46, p.378-85, 1965.

LINDER-GANZ, E.; SHABSHIN, N., ITZCHAK, Y.; GEFEN A. Assessment of mechanical conditions in sub-dermal tissues during sitting: A combined experimental-MRI and finite element approach. **Journal of Biomechanics**, v.40, n.7, p1443–54, 2007.

LUEDER, R. K. Seat comfort: a review of the construct in the office environment. **Human Factors**, v.25, p.701 –711,1983.

MALINOWSKI, B. **Argonautas do Pacífico Ocidental**. 2 ed., São Paulo:Abril Cultural, 1978.

MARTINS, João Batista. Observação participante: uma abordagem metodológica para a psicologia escolar. **Seminário de Ciências Sociais e Humanas**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, v.17, n.3, p. 266-273, 1996.

MEFFRE, R., GEHIN, C., DITTMAR, A. MAPI. Active interface pressure sensor integrated into a seat. In: IEEE. Engineering in Medicine and Biology Society, 2007, Paris. **Anais**...Paris, 2007. p. 1358–1361.

MOES, N.C.C.M. Pressure Distribution and Ergonomics Shape Conceitualization. In:International Design Conference, 2000, Dubrovnik. **Anais**...Dubrovnik, 2000. _____; Analysis of sitting discomfort, a review. In: BUST, P.D., MCCABE, P.T.(Eds.) **Contemporary Ergonomics**. London: Taylor & Francis, 2005. p. 200–204.

MONTMOLLIN, M. **Vocabulaire de l'Ergonomie**.Toulouse: Octarés Éditions, 1995.

MONTMOLLIN, M.; PEQUINI, S. M. **Ergodesign para trabalho com terminais informatizados**. Rio de Janeiro: 2AB, 2000.

MERGL, C. Mit welchen Bewertungsverfahren ist der Sitzkomfort im Auto zu ermitteln, **Ergonomie aktuell**, v.5, 2004.

_____; **Entwicklung eines verfahrens zur optimierung des sitzkomforts auf Automobilsitzen**. PhD.dissertation.Technical University München, 2006.

METZELER SCHAUM GMBH. Foam for aircraft seating. In: International IIR Forum, 2008, Hamburg, Germany. **Apresentação...** Hamburg, 2008.

NA, S; LIM, S.; CHOIA, H. S.; CHUNGA, M. K. Evaluation of driver's discomfort and postural change using dynamic body pressure distribution, **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p.1085-1096, 2005.

NG D., CASSAR T., GROSS M.: Evaluation of an intelligent seat system. **Applied Ergonomics**, v. 26, n. 2, p.109-116, 1995.

NORO, K. FUJIMAKI, G.; KISHI, S. A theory on pressure distribution and seat discomfort. In VINK, P. **Comfort and design: principles and good practice**. Florida, CRC Press, 2005.

OBORNE, D .J.; Passenger comfort- an overview. **Applied Ergonomics**, v.9, n.3, p.131-136, 1978a.

_____; Techniques available for the assessment of passenger comfort. **Applied Ergonomics**, v.9, n.1, p.45-49, 1978b.

_____. **Ergonomics at work**. New York:John Wiley & Sons, 1982.

_____; CLARK, M. J. The development of questionnaire surveys for the investigation of passenger comfort. **Ergonomics**, vl.16,n.6, p.855-869, 1973.

ORNSTEIN, S., BRUNA, G., ROMÉRO, M. **Ambiente construído & comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental**. São Paulo: Nobel: FAUUSP, 1995.

OUDENHUIJZEN, A.; TAN, K.; MORSCH, F. The Relationship Between Seat Pressure and Comfort. **SAE Technical Paper**, n. 2003-01-2213, 2003.

PFA. Polyurethane Foam Association. Safety Sets Criteria for Aircraft Seating. In **Touch**. v.6, n.1, 1997. Disponível em <http://www.pfa.org/intouch/new_pdf/lr_IntouchV.6.1.pdf>. Acesso em 15 Set. 2011.

PARK, S.J., KIM, C.B. The evaluation of seating comfort by objective measures. **SAE Technical Paper**, n. 970595, 1997.

PASSAGEIROS dizem o que gostariam de ter no avião dos sonhos. Yahoo! Notícias. 2012. Disponível em: <http://br.noticias.yahoo.com/passageiros-conseguem-idealizar-o-avi%C3%A3o-dos-sonhos.html>. Acesso em: 01/10/2012.

PETERSON, M. J; ADKINS, H. V. Measurement and Redistribution of excessive pressures during wheelchair sitting - a clinical report, **Physical Therapy**, v.62, n.7, 1982.

PIPKIN, L.; SPRIGLE, S. Effect of model design, cushion construction, and interface pressure mats on interface pressure and immersion. **Journal of rehabilitation research & development**, v.45, n.6, 2008.

PRESSURE Distribution. Lehrstuhl für Ergonomie, 2008.

QUIGLEY, C.; SOUTHALL, D.; FREER, M.; MOODY, A.; PORTER, J. M. **Anthropometric study to update minimum aircraft seating standards**. Joint Aviation Authorities, 2001.

RABARDEL, P.; BÉGUIN, P. Instrument mediated activity: from subject development to anthropocentric design. **Theoretical Issues in Ergonomics Science**. v. 6, n. 5, p. 429-461, 2005.

REED, M. P., SCHNEIDER, L. W., SAITO, M., KAKISHIMA, Y., LEE, N.S. **Investigation of automotive seating discomfort and seat design factors**. University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, MI, USA, 1991. Report N. UMTRI-91-11.

_____.; _____. RICCI, L. L. **Survey of Auto Seat Design Recommendations for Improved Comfort**. University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, MI, USA, 1994. Report N. UMTRI-94-6

REED, M. P., MANARY, M. A.; SCHNEIDER, L. W. Methods for measuring and representing automobile occupant posture. **SAE Technical Paper**, n.1999-01-0959, 1999.

REENALDA, J.; VAN GEFFEN, P.; NEDERHAND, M.; JANNINK, M.; IJZERMAN, M.; RIETMAN, H. Analysis of healthy sitting behavior: Interface pressure distribution and subcutaneous tissue oxygenation. **Journal of Rehabilitation Research & Development**, v. 46, n. 5, p.577–586, 2009.

SOCIOLOGY Central. **Research methods**: Participant Observation. Org. Disponível em: <www.sociology.org.uk/mpoprint.pdf>. Acesso em: 17 Out. 2011.

RESWICK, J. B., ROGERS, J. E. Experience at Rancho los amigos hospital with devices and techniques to prevent pressure sores. In: KENEDI, R. M.; COWDEN, J. M.; SCALES, J. T. **Bedsore biomechanics**: proceedings of a seminar on tissue viability and clinical application. London: Macmillan.1976. p.301 – 310.

RICHARDS, L. G. On the psychology of passenger comfort, in: OBORNE, D. J.; LEVIS, J. A (eds), **Human Factors in Transport Research**. London: Academic Press. 1980. v. 2, p.15 – 23.

_____.; JACOBSON, I. D.; Ride quality assessment III: Questionnaire results of a second –flight programme. **Ergonomics**, v20, p. 499–519, 1977.

_____.; _____.;KUHLTHAU, A.R. What the passenger contributes to passenger comfort. **Applied Ergonomics**, v. 9, n. 3, p. 137-142, 1978.

ROSSI, T. N. **Contribuições do entretenimento a bordo no conforto e desconforto em voos comerciais**. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil. 2011.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAGOT, J. C.; GOUIN, V; GOMES, S. Ergonomics in product design: safety factor. **Safety Science** v.41, p.137–154, 2003.

SANCHEZ, M. **Using Specialty Engineered Foams in Seating Design**. E-A-R Specialty Composites, 2011. Disponível em:

<http://www.earsc.com/HOME/engineering/TechnicalWhitePapers/HumanFactors/index.asp?SID=58> Acesso em 15 Set.11.

SHACKEL, B., CHIDSEY, K. D., SHIPLEY, P. The assessment of chair comfort. **Ergonomics**, v.12, n.2, p.269-306,1969.

SCHMELER, M.; BUNING, M. E. **Pressure mapping**. Pittsburg: University of Pittsburg/ Department of Rehabilitation Science & Technology, 1999. Disponível em: < http://www.wheelchairnet.org/wcn_wcu/SlideLectures/MS/3PressureMapping.pdf> Acesso em 19 out. 2011.

SCHOBERTH H. **Sitzhaltung, sitzschaden, sitzmobel** Berlin:Springer Verlag; 1962.

SCHACKEL,B., SHIDSEY,K.D., SHIDLEY,P. The Assessment of Chair Comfort. **Ergonomics**, v. 12, n.2, p. 269-306,1969.

SEIGLER, T. M. A. **Comparative Analysis of Air-inflated and Foam Seat Cushions for Truck Seats**. M.Sc. Thesis.- Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia: 2002.

SHAPCOTT, N., LEVY, B. **By the numbers**: Making the case for clinical use of pressure measurement mat technology to prevent the development of pressure ulcers. Team Rehab Report January. 1999

SHELTON, F.; LOTT, J.W. Conducting and Interpreting Interface Pressure Evaluations of Clinical Support Surfaces, **Geriatric Nursing**, v. 24, n. 4, p.222-227, 2003.

SHEN, W.; PARSONS, K. C., Validity and Reliability of Rating Scales for Seated Pressure Discomfort. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 20, n. 6, p. 441-461, 1997.

_____.; VERTIZ, A. Redefining Seat Comfort. **SAE Technical Paper**, n. 970597, 1997.

SCHULS, K. **Movimento - apoio - sustentação: o sentar**. A ergonomia. E a cadeira que reúne estes três elementos. Disponível em: <http://www.giroflex.com.br/site/download.asp?arquivo=20070925162149_Giroflex_Ergonomia.pdf&pasta=ergonomia.> Acessado em 12 Jan. 2010.

SLATER, K. **Human Comfort**. Springfield. Charles C. Thomas, 1985.

SILVA, S. C.; MONTEIRO, W. D. **Levantamento do perfil antropométrico da população brasileira usuária do transporte aéreo nacional** – Projeto Conhecer. Agência Nacional de Aviação Civil, 2009. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/arquivos/pdf/Relatorio_Final_Projeto_Conhecer.pdf> Acesso em: 01 Nov.2011.

SILVA, C. E. S.; NETO, M. F.; FILHO, J. L. F. S. A integração da ergonomia no desenvolvimento de produtos. In: ENEGEP, 8., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói, 1998.

SIQUEIRA, J. **Ferramentas de Criatividade** - Braisntorming. Disponível em: <<http://www.ricardoalmeida.adm.br/brainstorming.pdf>> Acesso em 14 Nov. 2011.

SOCIOLOGY CENTRAL. **Research Methods: Participant Observation**. Org. Disponível em: <www.sociology.org.uk/mpoprint.pdf>. Acesso em: 17 Out. 2011.

SOUZA, A. D. C. K. **Análise da distribuição de pressão em poltronas aeronáuticas utilizando um mecanismo de reclinação conjunta**, Dissertação (Mestrado Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2009.

SOUZA, J. B. G. **Poltronas aeronáuticas: revisão da literatura e as práticas da indústria no setor de transportes**, Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil. 2010.

SOUZA, J. B. G.; GREGHI, M. F.; ROSSI, T. N.; VOLPE, L. A. A.; MENEGON, N. L. Análise da atividade de passageiros durante voos aéreos: elaboração de uma ferramenta para reconstrução postural dinâmica a partir do registro de imagens em voo. In: Congresso Brasileiro de Ergonomia, 14., 2010, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro, 2010.

SPRIGLE, S.; DUNLOP, W. Reliability of bench tests of interface pressure. **Assistive Technology**, v.15, p.49-57, 2003.

STINSON, M. D.; PORTER-ARMSTRONG, A.; AKIN, P. Seat-Interface Pressure: A Pilot Study of the Relationship of to Gender, Body Mass Index, and Seating Position, **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 84, n. 3, 2003.

STUMPF, B. CHADWICK, D. DOWELL, B. **A arte da distribuição da pressão: critérios ergonômicos para o design da Aeron Chair**, 2002. Disponível em: <http://www.atecnet.com.br/download/produtos/Aeron/ergonomia/03_aeron_ergo_pr_essure.pdf> Acesso em 22 Set. 2011.

SZNELWAR, L. I.; MENEGON, N. L.; GREGHI, M. F.; SOUZA, J. B. G.; BRUNALDI, M. H. O.; SILVÉRIO, M.; ROSSI, T. N. **Conceitos e parâmetros de conforto em ergonomia – Relatório inicial**. São José dos Campos: Embraer S.A., 2008. 57p. Relatório técnico, RT-M03-ER2.

TAN, C.F. CHEN, W., DELBRESSINE, F.; RAUTERBERG, M. Objectifying discomfort seat measurement for next generation truck driver's seat. In: FISITA World Automotive Congress, 32., 2008, Munich, Germany. **Proceedings...**, Munich, 2008.

_____.; _____.; KIMMAN, F.; RAUTERBERG, G. W. M. Sleeping Posture Analysis of Economy Class Aircraft Seat. In: World Congress on Engineering, 2009, London. **Proceedings...** London, 2009.

_____.; _____.; _____.; _____.; An approach to study sitting position and neck discomfort of economy class aircraft passenger during air travel. In: International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE2010), 3., 2010, Miami. **Proceedings...** Miami, 2010. Chapterd 40, p. 376-382, 2010.

TANIMOTO, Y., TAKECHI, H., NAGAHATA, H., YAMAMOTO, H., The study of pressure distribution in sitting position on cushions for patients with SCI (spinal cord injury). **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v.47, p.1239–1243, 1998.

THAKURTA, K.; KOESTER., D.; BUSH, N.; BACHLE, S. Evaluating Short and Long Term Seating Comfort, **SAE Technical Paper**, n. 950144, 1995.

TILLEY, A. R. **As medidas do homem e da mulher: fatores humanos em design**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

TREASTER, D.; MARRAS, W. S. Measurement of seat pressure distributions, **Human Factors**, v.29,n.5, p.563-575,1987.

UENISHI, K., TANAKA, M., YOSHIDA, H., TSUTSUMI, S., MIYAMOTO, N. Driver's fatigue evaluation during long term driving for automotive seat development. **SAE Technical Paper Series**, n. 2002-01-0773, 2002.

VAN DE GRAAF, K .M., FOX, S. I., **Concepts of Human Anatomy and Physiology**, fifth ed. McGraw-Hill, Boston. 1999.

VAN DER LINDEN, J. C. S; GUIMARÃES, L. B. M.; TABASNIK, R. Conforto e desconforto são construtos opostos? In: Congresso Internacional de Pesquisa em Design, 3., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Anped, 2005.

VAN DER GRINTEN, M. P.; SMITT, P. Development of a practical method for measuring body part discomfort. In: S. KUMAR, ed. **Advances in industrial ergonomics and safety** 4 ed. London: Taylor and Francis, 1992.

VASCONCELOS, C. F.; VILLAROUCO, V.; SOARES, M. M. Avaliação Ergonômica do Ambiente Construído: Estudo de caso em uma biblioteca universitária. **Ação Ergonômica**, v. 4, p. 5-25, 2009.

VERVER, M.M. **Numerical tools for comfort analyses of automotive seating**. PhD. Thesis. Technische Universiteit Eindhoven, 2004.

VIANNA, M.; VIANNA, Y.; ADLER, I.; LUCENA, B.; RUSSO, B. **Design Thinking: inovação em negócios**. Rio de Janeiro: Mjv Press, 2011. 161 p.

VILAR, W. **Química e tecnologia de poliuretanos**, 3 ed., Rio de Janeiro: Vilar Consultoria, 2004.

VILLAROUCO, V. Avaliação ergonômica do projeto arquitetônico. In: Congresso Latino- Americano de Ergonomia, 7., 2002, Recife. **Anais...**Recife, 2002.

VILLAROUCO, V.; ANDRETO, L. F. M. Avaliando desempenho de espaços de trabalho sob o enfoque da ergonomia do ambiente construído. **Produção**, v.18, n.3, p.523-539, 2008.

VINK, P. **Comfort and design: principles and good practice**. Florida, CRC Press, 2005.

_____.; BRAUER, K. **Aircraft interior comfort and design**. Boca Raton. FL: CRC Press. 2011.

_____.; HALLBECK, S. Editorial: Comfort and discomfort studies demonstrate the need for a new model. **Applied Ergonomics**, v.43, 2012.

VOS, G. A.; CONGLETON, J. J.; MOORE, J. S.; AMENDOLA, A. A.; RINGER, L. Postural versus chair design impacts upon interface pressure. **Applied Ergonomics**, v. 37, p.619–628, 2006.

WACHSLER, R. K.; LEARNER, D. B. An analysis of some factors influencing seat comfort. **Ergonomics**, v.3, p.315-320, 1960.

WERSTCH, J. **The Concept of Activity in Soviet Psychology**: An Introduction. Armonk, NY: M.E. Sharpe Inc., 1981.

WISNER, A. A metodologia ontem e hoje. In: _____. **A inteligência no trabalho**: textos selecionados de ergonomia. São Paulo: Fundacentro, 1994.

WOLFE, H. W. Cushioning and fatigue. In: HILYARD, N. C. (ed.) **Mechanics of cellular plastics**. New York: Macmillan, 1982.

WU, X., RAKHEJA, S.; É. BOILEAU, P. Distribution of human-seat interface pressure on a soft automotive seat under vertical vibration, **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.24, p. 545-557, 1999.

WULFF, I. A.; WESTGAARD, R. H.; RASMUSSEN, B. Ergonomic criteria in large-scale engineering design I - Management by documentation only? Formal organization vs. designers' perceptions. **Applied Ergonomics**, v.30, p.191-205, 1999.

YOSHIDA, M. M. Estudo **de parâmetros de conforto de poltronas de aeronaves executivas**. Dissertação (Mestrado Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2009.

ZHANG, L., HELANDER, M. G.; DRURY, C.G. Identifying factors of comfort and discomfort in sitting. **Human Factors**, v.38, p.377 – 389, 1996.

ZENK, R. **Objektivierung des Sitzkomfort und seine automatische anpassung**, PhD dissertation, Technical University, München, 2008.

ZURCHER, L. The airplane passenger: protection of self in an encapsulated group. **Qualitative Sociology**, v.1, p.77-99, 1978.

APÊNDICE A - Termos de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu, _____, RG nº _____, **autorizo** desde já e de pleno direito, de modo expresso e em caráter irrevogável e irretratável o uso gratuito e livre de qualquer ônus, de minha imagem e minha voz em filmagens, fotos, cartazes e quaisquer outros arquivos e/ou meios digitais ou não, em qualquer tipo de mídia e/ou peças promocionais, no Brasil, registrados estritamente para subsidiar e compor as atividades desenvolvidas no âmbito do Projeto nº. 008 (“Conforto de Cabine - Desenvolvimento e Análise Integrada de Critérios de Conforto” – **Registro CEP:** 704/06), sendo vedada sua ampla divulgação e cessão gratuita e livre, incluindo, sem se limitar, a exposição, publicação, reprodução, armazenagem e/ou uso comercial das imagens.

Declarações do passageiro:

Declaro minha ciência, mediante rubrica e assinatura, quanto ao que disposto neste termo bem como da finalidade do projeto, e declaro que colaborarei ao permitir e consentir que minhas atividades sejam registradas em filmagem e fotografia, contribuindo, também, através de minhas respostas ao questionário fornecido pelos estudiosos do projeto; declaro, ainda, estar ciente de que não serei identificado em nenhum momento no curso da elaboração do projeto, sendo mantido o caráter confidencial das informações que prestarei; declaro, também, conhecer da liberdade que me é inerente em recusar a participar da pesquisa.

As autorizações descritas acima são válidas por prazo indeterminado, a contar da data de realização do evento e não significam, implicam ou resultam em qualquer obrigação de divulgação nem de pagamento.

_____, ____ de _____ de _____

Assinatura do Entrevistado(a)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Sr.(a)

A equipe de pesquisadores responsável pelo desenvolvimento do projeto “Conforto de Cabine - Desenvolvimento e Análise Integrada de Critérios de Conforto – Sub-Projeto Termica” – **Registro CEP: 704/06**, solicita a participação de V.Sa. no preenchimento do questionário em anexo.

O presente projeto visa investigar o relacionamento entre conforto humano e design de cabines em aeronaves de forma a permitir, com os resultados do projeto, elaborar diretrizes para o desenvolvimento de interiores otimizados, com nível superior de conforto e garantindo o bem-estar do passageiro. As análises serão feitas através de questionários respondidos pelo juri, que estará submetido a certas condições ambientais, determinadas através da medição de parâmetros como temperatura, umidade, velocidade do ar, pressão de cabine, ruído e vibração.

A equipe esclarece que V.Sa. terá acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas. A equipe esclarece também que haverá desconforto mínimo esperado decorrente da pesquisa, pois a pesquisa apresenta grau de risco mínimo.

Outrossim, a equipe se compromete a salvaguardar a confidencialidade, o sigilo e a privacidade das respostas de V.Sa. às perguntas do questionário. A duração prevista da pesquisa é de janeiro de 2007 a dezembro de 2009.

A equipe esclarece ainda que V.Sa. tem total liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

Qualquer dúvida adicional, favor entrar em contato com o responsável pela pesquisa: Prof. Dr. Jurandir Itizo Yanagihara, Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Prof. Mello Moraes, 2231 – Cidade Universitária- 05508-900 – São Paulo – SP, telefone: 3091-9657.

Agradecendo a participação de V.Sa, subscrevo-me.

Atenciosamente

Prof. Dr. Jurandir Itizo Yanagihara

“Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa”. São Paulo, de de 200 .

Assinatura do Entrevistado(a)

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA

NOME _____	DO _____	ENTREVISTADO _____	(A)
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº _____ SEXO M _____ F _____			
DATA DE NASCIMENTO ____/____/____			
ENDEREÇO _____ Nº _____ APTO _____			
BAIRRO _____ CIDADE _____			
CEP _____ TELEFONE _____			

Hospital Universitário: Av. Prof. Lineu Prestes, 2565 – Cidade Universitária – CEP: 05508-900 – São Paulo – SP - Telefones: 3039-9457 ou 3039-9479 - E-mail: cep@hu.usp.br

APÊNDICE B – Características da manta de pressão utilizada na pesquisa

As medições de pressão de interface poltrona ocupante foram feitas para cada participante através da utilização de mantas de sensores de pressão. A figura 1 mostra uma das mantas de pressão e suas dimensões.

Figura 1: Manta de sensores modelo X3 PX100:40.64.02

Fonte: XSensor Technology Corporation (2011)

A tecnologia das mantas de sensores de pressão utilizadas neste estudo é do tipo capacitivo e é capaz de capturar pressões no intervalo de 10 a 200 mmHg, com precisão de 10%. Os sensores são revestidos por um material flexível que não interfere na captação dos dados e nem na percepção da poltrona pelo ocupante. A espessura total da manta pode variar de 0.8 a 1mm dependendo se a mesma está comprimida ou não. Outras características da manta de sensores de pressão podem ser conferidas na tabela 1.

Tabela 1: Características da manta de sensores de pressão X3 PX100:40.64.02

Dimensões Gerais				Dimensões das Regiões Sensitivas					Nº total de sensores
Comprimento Total	Largura Total	Comprimento Conector	Largura Malha	Altura Malha	Colunas		Linhas		
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	Qtidade	(cm)	Qtidade.	Qtidade.
99,1	68,6	106,8	50,8	81,3	1,27	40	1,27	64	2560

Fonte: XSensor Technology Corporation (2011)

Além das duas mantas de sensores de pressão, é necessário um processador de sinais digitais, ou DSP em inglês, que digitaliza o sinal analógico produzido pelas mantas de sensores e faz a transferência desses dados para o computador. O computador utilizado deve ter instalado um programa X3-Pro, que serve para ajustar as condições iniciais do ensaio, como tempo e frequência de gravação. Neste caso, o tempo ajustado para cada medição foi de 10 minutos e os dados dos mapas de pressão foram gravados considerando uma frequência de 6 Hz, ou 6 frames por segundo. Segundo Souza (2009), este valor representa o melhor compromisso entre qualidade de gravação e tamanho do arquivo de gravação para esse equipamento.

APÊNDICE C - Instrumento de avaliação da poltrona

Dados Gerais

Nome: _____

Data de nascimento: _____

Data: _____

1) Possui algum problema na coluna?

2) Apresenta dores na coluna?

☐ Sim ☐ Não ☐ Às vezes

2.1) Se “sim” ou “às vezes”, com qual frequência?

☐ 1 vez por semana ☐ 2 vezes por semana ☐ 3 vezes por semana

☐ 4 vezes por semana ☐ mais que 4 vezes por semana

2.2) Se “sim”, e qual região?

☐ Lombar ☐ Torácica ☐ Cervical ☐ mais de uma região

Especifique: _____

3) Já viajou de avião?

☐ Sim ☐ Não

Frequência: _____

4) Normalmente em longas viagens após quanto tempo você começa a se sentir desconfortável?

5) Na posição sentada, o que na sua opinião, auxilia a diminuir o desconforto de uma poltrona em uma viagem longa?

6) Com relação ao aspecto conforto, em linhas gerais, como você classifica a poltrona A nos primeiros 10 minutos?

- ☐ Muito confortável ☐ Confortável
☐ Pouco confortável ☐ Não confortável
-

7) Avaliação do assento da poltrona

7.1) Com relação à altura da poltrona, como você a classifica?

- ☐ Muito alta ☐ Alta ☐ Ideal ☐ Baixa ☐ Muito baixa

7.2) Com relação à largura do assento, como você a classifica?

- ☐ Muito larga ☐ Larga ☐ Ideal ☐ Estreita ☐ Muito estreita

7.3) Com relação à profundidade do assento, como você a classifica?

- ☐ Muito profunda ☐ Profunda ☐ Ideal ☐ Curta ☐ Muito curta

7.4) O que você achou do estofado do assento da poltrona?

- ☐ Muito duro ☐ Duro ☐ Ideal ☐ Mole ☐ Muito mole

7.5) Além das características já citadas, com as suas palavras, como você caracterizaria o assento da poltrona? (Exemplo: bonito, macio, etc..)

8) Avaliação do encosto da poltrona

8.1) Com relação à altura do encosto, como você a classifica?

- ☐ Muito alta ☐ Alta ☐ Ideal ☐ Baixa ☐ Muito baixa

8.2) Com relação à largura do encosto, como você a classifica?

- ☐ Muito larga ☐ Larga ☐ Ideal ☐ Estreita ☐ Muito estreita

8.3) Com relação à inclinação do encosto, como você a classifica?

- ☐ Excelente ☐ Boa ☐ Regular ☐ Pouca ☐ Muito pouca

8.4) O que você achou do estofado do encosto da poltrona?

☐ Muito duro ☐ Duro ☐ Ideal ☐ Mole ☐ Muito mole

8.5) O que você achou do formato do encosto?

☐ Péssimo ☐ Ruim ☐ Bom ☐ Ótimo ☐ Excelente

8.6) Além das características já citadas, com as suas palavras, como você caracterizaria o encosto da poltrona? (Exemplo: bonito, macio, etc..)

9) Avaliação do apoio de braço

10.1) Com relação à altura do apoio de braço, como você a classifica?

☐ Muito alta ☐ Alta ☐ Ideal ☐ Baixa ☐ Muito baixa

9.2) Com relação à largura do apoio de braço, como você a classifica?

☐ Muito larga ☐ Larga ☐ Ideal ☐ Estreita ☐ Muito estreita

9.3) Com relação ao comprimento do apoio de braço, como você a classifica?

☐ Muito comprido ☐ Comprido ☐ Ideal ☐ Curto ☐ Muito curto

9.4) O que você achou do estofado do apoio de braço?

☐ Muito duro ☐ Duro ☐ Ideal ☐ Mole ☐ Muito mole

9.5) Além das características já citadas, com as suas palavras, como você caracterizaria o apoio de braço da poltrona? (Exemplo: bonito, macio, etc..)

10) Avaliação do apoio de cabeça

10.1) Com relação à altura do apoio de cabeça, como você a classifica?

☐ Muito alta ☐ Alta ☐ Ideal ☐ Baixa ☐ Muito baixa

10.2) Com relação à largura do apoio de cabeça, como você a classifica?

☐ Muito larga ☐ Larga ☐ Ideal ☐ Estreita ☐ Muito estreita

10.3) O que você achou do estofado do apoio de cabeça?

☐ Muito duro ☐ Duro ☐ Ideal ☐ Mole ☐ Muito mole

10.5) Além das características já citadas, com as suas palavras, como você caracterizaria o apoio de cabeça da poltrona? (Exemplo: bonito, macio, etc..)

11) Possui alguma sugestão de melhoria de projeto?

APÊNDICE D - Instrumento de avaliação subjetiva – Fase 3

Avaliação de posturas típicas de voo – Ficha de caracterização

Nome: _____

Data: _____

Poltrona: _____

1. Você tem medo de voar?

☐ Sim ☐ Não

2. Já viajou de avião?

☐ Sim ☐ Não

3. Com qual frequência você viaja de avião?

☐ Nunca viajo

☐ Mais de 1 vez por ano

☐ Menos de 1 vez por ano

Avaliação de posturas típicas de voo – Ficha de medição antropométrica

Nome: _____

Idade: _____

Peso: _____

Altura: _____

1 Altura cabeça ao quadril (assento) : _____

2 Poplíteo: _____

3 Glúteo-patela: _____

4 Quadril: _____

5 Circunferência da cintura: _____

6 Ombro: _____

7 Antebraço a mão: _____

8 Ombro ao cotovelo: _____

Avaliação de posturas típicas de voo – Mapa corporal

Nome: _____

Postura: _____

- 1) Neste momento, considerando a postura adotada, como você se sente?

- 2) Durante a simulação da postura, você pode ter sentido desconforto em algumas partes do seu corpo. Por favor, pontue de 0 à 10 o grau de desconforto em cada parte de seu corpo.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nenhum desconforto										Muito desconforto

Lado esquerdo Lado direito

Ombro esquerdo	<input type="text"/>	Pescoço	<input type="text"/>
Região torácica	<input type="text"/>	Ombro direito	<input type="text"/>
Braço esquerdo	<input type="text"/>	Braço direito	<input type="text"/>
Cotovelo esquerdo	<input type="text"/>	Cotovelo direito	<input type="text"/>
Antebraço esquerdo	<input type="text"/>	Região lombar	<input type="text"/>
Nádega esquerda	<input type="text"/>	Antebraço direito	<input type="text"/>
mão esquerda	<input type="text"/>	Nádega direita	<input type="text"/>
Coxa esquerda	<input type="text"/>	mão direita	<input type="text"/>
Joelho esquerdo	<input type="text"/>	Coxa direita	<input type="text"/>
Perna esquerda	<input type="text"/>	Joelho direito	<input type="text"/>
Tornozelo e pé esquerdo	<input type="text"/>	Perna direita	<input type="text"/>
		Tornozelo e pé direito	<input type="text"/>

APÊNDICE E – Dados antropométricos dos participantes da Fase 2

Medidas (cm)	P1 leitura	P2 leitura	P3 leitura	P1 repouso	P2 repouso	P3 repouso
Altura (m)	1,70	1,78	1,78	1,78	1,68	1,78
Peso (kg)	70	78	68	73	65	68
Altura da cabeça. A partir do assento, corpo ereto.	86,5	92,3	90,8	93,2	87,5	90,8
Altura dos olhos, a partir do assento, ereto.	75,5	79,9	80,2	80,1	76,7	80,2
Altura dos ombros, a partir do assento, ereto.	55,0	58,3	59,6	59,2	56,3	59,6
Altura do cotovelo, a partir do asento, ereto.	22,2	20,1	22,2	20,5	22,6	22,2
Altura do joelho, sentado.	51,5	55,5	53,3	56,1	51,6	53,3
Altura poplítea (parte inferior da coxa).	45,0	44,2	45,3	44,5	44,1	45,3
Comprimento do antebraço, na horizontal até o centro da mão.	36,2	34,1	34,7	35,5	37,8	34,7
Comprimento nádega- poplítea.	45,6	48,6	44,45	48,3	44,4	44,45
Comprimento nádega- joelho.	53,4	59,2	53,2	58,9	55,2	53,2
Comprimento nádega-pé, perna estendida na horizontal.	92,8	104,8	107,0	103,9	98,0	107,0
Altura da parte superior das coxas.	15,0	14,8	14,5	14,7	17,5	14,5
Largura entre cotovelos. (ombros)	45,5	44,0	44,4	44,1	36,7	44,4
Largura dos quadris, sentado.	36,7	38,5	31,1	37,5	36,3	31,1


```

data{ii}.butt.q3.data = data{ii}.butt.raw(14:26, 6:35);
data{ii}.butt.q4.data = data{ii}.butt.raw(27:40, 6:35);
data{ii}.butt.q5.data = data{ii}.butt.raw(1:40, 36:40);

```

```

% % Divisao do encosto em 6 quadrantes
% data{ii}.back.q1.data = data{ii}.back.raw(1:21, 1:20);
% data{ii}.back.q2.data = data{ii}.back.raw(1:21, 21:40);
% data{ii}.back.q3.data = data{ii}.back.raw(22:42, 1:20);
% data{ii}.back.q4.data = data{ii}.back.raw(22:42, 21:40);
% data{ii}.back.q5.data = data{ii}.back.raw(43:63, 1:20);
% data{ii}.back.q6.data = data{ii}.back.raw(43:63, 21:40);

```

```

% Divisao em quadrantes para o encosto segundo Mergl

```

```

data{ii}.back.q1.data = data{ii}.back.raw(1:21, 1:20);
data{ii}.back.q2.data = data{ii}.back.raw(1:21, 21:40);
data{ii}.back.q3.data = data{ii}.back.raw(22:50, 1:7);
data{ii}.back.q4.data = data{ii}.back.raw(22:36, 8:33);
data{ii}.back.q5.data = data{ii}.back.raw(37:50, 8:33);
data{ii}.back.q6.data = data{ii}.back.raw(22:50, 34:40);
data{ii}.back.q7.data = data{ii}.back.raw(51:64, 1:17);
data{ii}.back.q8.data = data{ii}.back.raw(51:64, 18:23);
data{ii}.back.q9.data = data{ii}.back.raw(51:64, 24:40);

```

```

%% calculo da carga para o assento segundo mergl

```

```

count_q1 = 1;
count_q2 = 1;
count_q3 = 1;
count_q4 = 1;
count_q5 = 1;

```

```

for numl = 1:40
    for numc = 1:5
        if data{ii}.butt.q1.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.butt.q1.vector(count_q1)=data{ii}.butt.q1.data(numl,numc);
            count_q1 = count_q1 + 1;
        end

        if data{ii}.butt.q5.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.butt.q5.vector(count_q2) = data{ii}.butt.q5.data(numl,numc);
            count_q5 = count_q5 + 1;
        end
    end
end
for numl = 1:13
    for numc = 1:30
        if data{ii}.butt.q2.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.butt.q2.vector(count_q2) = data{ii}.butt.q2.data(numl,numc);
            count_q2 = count_q2 + 1;
        end
        if data{ii}.butt.q3.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.butt.q3.vector(count_q3) = data{ii}.butt.q3.data(numl,numc);
            count_q3 = count_q3 + 1;
        end
        if numl >= 2
            data{ii}.butt.q2.gradiente(numl-1,numc) = data{ii}.butt.q2.data(numl,numc)- data{ii}.butt.q2.data(numl-1,numc);
            data{ii}.butt.q3.gradiente(numl-1,numc) = data{ii}.butt.q3.data(numl,numc)- data{ii}.butt.q3.data(numl-1,numc);
        end
    end
end
for numl = 1:14
    for numc = 1:30
        if data{ii}.butt.q4.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.butt.q4.vector(count_q4) = data{ii}.butt.q4.data(numl,numc);
            count_q4 = count_q4 + 1;
        end
        if numl >= 2
            data{ii}.butt.q4.gradiente(numl-1,numc) = data{ii}.butt.q4.data(numl,numc)- data{ii}.butt.q4.data(numl-1,numc);
        end
    end
end
if (max(max(data{ii}.butt.q1.data))==0 || min(min(data{ii}.butt.q1.data))==0)
    data{ii}.butt.q1.vector(1)=0;
end
if (max(max(data{ii}.butt.q2.data))==0 || min(min(data{ii}.butt.q2.data))==0)
    data{ii}.butt.q2.vector(1)=0;
end

```

```

if (max(max(data{ii}.butt.q3.data))==0 || min(min(data{ii}.butt.q3.data))==0)
    data{ii}.butt.q3.vector(1)=0;
end
if (max(max(data{ii}.butt.q4.data))==0 || min(min(data{ii}.butt.q4.data))==0)
    data{ii}.butt.q4.vector(1)=0;
end
if (max(max(data{ii}.butt.q5.data))==0 || min(min(data{ii}.butt.q5.data))==0)
    data{ii}.butt.q5.vector(1)=0;
end

data{ii}.butt.q1.avg = mean(data{ii}.butt.q1.vector);
data{ii}.butt.q2.avg = mean(data{ii}.butt.q2.vector);
data{ii}.butt.q3.avg = mean(data{ii}.butt.q3.vector);
data{ii}.butt.q4.avg = mean(data{ii}.butt.q4.vector);
data{ii}.butt.q5.avg = mean(data{ii}.butt.q5.vector);
data{ii}.butt.q1.max = max(data{ii}.butt.q1.vector);
data{ii}.butt.q2.max = max(data{ii}.butt.q2.vector);
data{ii}.butt.q3.max = max(data{ii}.butt.q3.vector);
data{ii}.butt.q4.max = max(data{ii}.butt.q4.vector);
data{ii}.butt.q5.max = max(data{ii}.butt.q5.vector);
data{ii}.butt.q1.area = size(data{ii}.butt.q1.vector,2)*0.5*0.5;
data{ii}.butt.q2.area = size(data{ii}.butt.q2.vector,2)*0.5*0.5;
data{ii}.butt.q3.area = size(data{ii}.butt.q3.vector,2)*0.5*0.5;
data{ii}.butt.q4.area = size(data{ii}.butt.q4.vector,2)*0.5*0.5;
data{ii}.butt.q5.area = size(data{ii}.butt.q5.vector,2)*0.5*0.5;
data{ii}.butt.q2.gradiente = abs(data{ii}.butt.q2.gradiente);
data{ii}.butt.q2.aux = max(data{ii}.butt.q2.gradiente);
data{ii}.butt.q2.maxgrad = max(data{ii}.butt.q2.aux);
data{ii}.butt.q3.gradiente = abs(data{ii}.butt.q3.gradiente);
data{ii}.butt.q3.aux = max(data{ii}.butt.q3.gradiente);
data{ii}.butt.q3.maxgrad = max(data{ii}.butt.q3.aux);
data{ii}.butt.q4.gradiente = abs(data{ii}.butt.q4.gradiente);
data{ii}.butt.q4.aux = max(data{ii}.butt.q4.gradiente);
data{ii}.butt.q4.maxgrad = max(data{ii}.butt.q4.aux);

%% calculo da carga para o assento em 4 partes iguais
% count_q1 = 1;
% count_q2 = 1;
% count_q3 = 1;
% count_q4 = 1;
% count_60 = 1;
% count_all = 1;
%
% for numl = 1:maxsizew/2
%     for numc = 1:maxsizeh/2
%         if data{ii}.butt.q1.data(numl,numc) ~= 0
%             data{ii}.butt.q1.vector(count_q1) = data{ii}.butt.q1.data(numl,numc);
%             count_q1 = count_q1 + 1;
%         end
%         if data{ii}.butt.q2.data(numl,numc) ~= 0
%             data{ii}.butt.q2.vector(count_q2) = data{ii}.butt.q2.data(numl,numc);
%             count_q2 = count_q2 + 1;
%         end
%         if data{ii}.butt.q3.data(numl,numc) ~= 0
%             data{ii}.butt.q3.vector(count_q3) = data{ii}.butt.q3.data(numl,numc);
%             count_q3 = count_q3 + 1;
%         end
%         if data{ii}.butt.q4.data(numl,numc) ~= 0
%             data{ii}.butt.q4.vector(count_q4) = data{ii}.butt.q4.data(numl,numc);
%             count_q4 = count_q4 + 1;
%         end
%     end
% end
% for numl = 1:40
%     for numc = 1:40
%         if data{ii}.butt.raw(numl,numc) >= 60
%             data{ii}.butt.vector60(count_60) = data{ii}.butt.raw(numl,numc);
%             count_60 = count_60 + 1;
%         end
%         if data{ii}.butt.raw(numl,numc) ~= 0
%             data{ii}.butt.vectorall(count_all) = data{ii}.butt.raw(numl,numc);
%             count_all = count_all + 1;
%         end
%     end
% end
% end

```



```

% if (max(max(data{ii}.butt.raw))==0 || min(min(data{ii}.butt.raw))==0)
%   data{ii}.butt.vector60(1)=0;
% end
%
% data{ii}.butt.higher60 = length((data{ii}.butt.vector60)-1)*100/length(data{ii}.butt.vectorall);
%
% data{ii}.butt.q1.avg = mean(data{ii}.butt.q1.vector);
% data{ii}.butt.q2.avg = mean(data{ii}.butt.q2.vector);
% data{ii}.butt.q3.avg = mean(data{ii}.butt.q3.vector);
% data{ii}.butt.q4.avg = mean(data{ii}.butt.q4.vector);
%
% data{ii}.butt.q1.max = max(data{ii}.butt.q1.vector);
% data{ii}.butt.q2.max = max(data{ii}.butt.q2.vector);
% data{ii}.butt.q3.max = max(data{ii}.butt.q3.vector);
% data{ii}.butt.q4.max = max(data{ii}.butt.q4.vector);
%
% data{ii}.butt.q1.area = size(data{ii}.butt.q1.vector,2)*0.5*0.5;
% data{ii}.butt.q2.area = size(data{ii}.butt.q2.vector,2)*0.5*0.5;
% data{ii}.butt.q3.area = size(data{ii}.butt.q3.vector,2)*0.5*0.5;
% data{ii}.butt.q4.area = size(data{ii}.butt.q4.vector,2)*0.5*0.5;

% cálculo da carga
data{ii}.butt.carga.q1 = sum(data{ii}.butt.q1.vector);
data{ii}.butt.carga.q2 = sum(data{ii}.butt.q2.vector);
data{ii}.butt.carga.q3 = sum(data{ii}.butt.q3.vector);
data{ii}.butt.carga.q4 = sum(data{ii}.butt.q4.vector);
data{ii}.butt.carga.q5 = sum(data{ii}.butt.q5.vector);
data{ii}.butt.carga.total = data{ii}.butt.carga.q1 + data{ii}.butt.carga.q2 + data{ii}.butt.carga.q3 + data{ii}.butt.carga.q4 +
data{ii}.butt.carga.q5;

% cálculo da distribuição percentual de carga
data{ii}.butt.q1.razao = data{ii}.butt.carga.q1/data{ii}.butt.carga.total;
data{ii}.butt.q2.razao = data{ii}.butt.carga.q2/data{ii}.butt.carga.total;
data{ii}.butt.q3.razao = data{ii}.butt.carga.q3/data{ii}.butt.carga.total;
data{ii}.butt.q4.razao = data{ii}.butt.carga.q4/data{ii}.butt.carga.total;
data{ii}.butt.q5.razao = data{ii}.butt.carga.q5/data{ii}.butt.carga.total;

%% CALCULO DA CARGA PARA AS COSTAS DIVISAO EM 6 PARTES IGUAIS)
% count_q1 = 1;
% count_q2 = 1;
% count_q3 = 1;
% count_q4 = 1;
% count_q5 = 1;
% count_q6 = 1;
%
% for numl = 1:21
%   for numc = 1:20
%     if data{ii}.back.q1.data(numl,numc) ~= 0
%       data{ii}.back.q1.vector(count_q1) = data{ii}.back.q1.data(numl,numc);
%       count_q1 = count_q1 + 1;
%     end%
%     if data{ii}.back.q2.data(numl,numc) ~= 0
%       data{ii}.back.q2.vector(count_q2) = data{ii}.back.q2.data(numl,numc);
%       count_q2 = count_q2 + 1;
%     end%
%     if data{ii}.back.q3.data(numl,numc) ~= 0
%       data{ii}.back.q3.vector(count_q3) = data{ii}.back.q3.data(numl,numc);
%       count_q3 = count_q3 + 1;
%     end%
%     if data{ii}.back.q4.data(numl,numc) ~= 0
%       data{ii}.back.q4.vector(count_q4) = data{ii}.back.q4.data(numl,numc);
%       count_q4 = count_q4 + 1;
%     end%
%     if data{ii}.back.q5.data(numl,numc) ~= 0
%       data{ii}.back.q5.vector(count_q5) = data{ii}.back.q5.data(numl,numc);
%       count_q5 = count_q5 + 1;
%     end%
%     if data{ii}.back.q6.data(numl,numc) ~= 0
%       data{ii}.back.q6.vector(count_q6) = data{ii}.back.q6.data(numl,numc);
%       count_q6 = count_q6 + 1;
%     end
%   end
% end%
% if (max(max(data{ii}.back.q1.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q1.data))==0)

```

```

%     data{ii}.back.q1.vector(1)=0;
% end
% if (max(max(data{ii}.back.q2.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q2.data))==0)
%     data{ii}.back.q2.vector(1)=0;
% end
% if (max(max(data{ii}.back.q3.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q3.data))==0)
%     data{ii}.back.q3.vector(1)=0;
% end
%
% data{ii}.back.q1.avg = mean(data{ii}.back.q1.vector);
% data{ii}.back.q1.max = max(data{ii}.back.q1.vector);
% data{ii}.back.q1.area = size(data{ii}.back.q1.vector,2)*0.5*0.5;%
% data{ii}.back.q2.avg = mean(data{ii}.back.q2.vector);
% data{ii}.back.q2.max = max(data{ii}.back.q2.vector);
% data{ii}.back.q2.area = size(data{ii}.back.q2.vector,2)*0.5*0.5;%
% data{ii}.back.q3.avg = mean(data{ii}.back.q3.vector);
% data{ii}.back.q3.max = max(data{ii}.back.q3.vector);
% data{ii}.back.q3.area = size(data{ii}.back.q3.vector,2)*0.5*0.5;%
% data{ii}.back.q4.avg = mean(data{ii}.back.q4.vector);
% data{ii}.back.q4.max = max(data{ii}.back.q4.vector);
% data{ii}.back.q4.area = size(data{ii}.back.q4.vector,2)*0.5*0.5;%
% data{ii}.back.q5.avg = mean(data{ii}.back.q5.vector);
% data{ii}.back.q5.max = max(data{ii}.back.q5.vector);
% data{ii}.back.q5.area = size(data{ii}.back.q5.vector,2)*0.5*0.5;%
% data{ii}.back.q6.avg = mean(data{ii}.back.q6.vector);
% data{ii}.back.q6.max = max(data{ii}.back.q6.vector);
% data{ii}.back.q6.area = size(data{ii}.back.q6.vector,2)*0.5*0.5;

%% calculo da carga para o encosto divisao mergl
count_q1 = 1;
count_q2 = 1;
count_q3 = 1;
count_q4 = 1;
count_q5 = 1;
count_q6 = 1;
count_q7 = 1;
count_q8 = 1;
count_q9 = 1;

for numl = 1:21
    for numc = 1:20
        if data{ii}.back.q1.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.back.q1.vector(count_q1) = data{ii}.back.q1.data(numl,numc);
            count_q1 = count_q1 + 1;
        end
        if data{ii}.back.q2.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.back.q2.vector(count_q2) = data{ii}.back.q2.data(numl,numc);
            count_q2 = count_q2 + 1;
        end
    end
end
for numl = 1:29
    for numc = 1:7
        if data{ii}.back.q3.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.back.q3.vector(count_q3) = data{ii}.back.q3.data(numl,numc);
            count_q3 = count_q3 + 1;
        end
        if data{ii}.back.q6.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.back.q6.vector(count_q6) = data{ii}.back.q6.data(numl,numc);
            count_q6 = count_q6 + 1;
        end
    end
end
for numl = 1:15
    for numc = 1:26
        if data{ii}.back.q4.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.back.q4.vector(count_q4) = data{ii}.back.q4.data(numl,numc);
            count_q4 = count_q4 + 1;
        end
    end
end
for numl = 1:14
    for numc = 1:26
        if data{ii}.back.q5.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.back.q5.vector(count_q5) = data{ii}.back.q5.data(numl,numc);

```

```

        count_q5 = count_q5 + 1;
    end
end
end
for numl = 1:14
    for numc = 1:17
        if data{ii}.back.q7.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.back.q7.vector(count_q7) = data{ii}.back.q7.data(numl,numc);
            count_q7 = count_q7 + 1;
        end
        if data{ii}.back.q9.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.back.q9.vector(count_q9) = data{ii}.back.q9.data(numl,numc);
            count_q9 = count_q9 + 1;
        end
    end
    for numc = 1:6
        if data{ii}.back.q8.data(numl,numc) ~= 0
            data{ii}.back.q8.vector(count_q8) = data{ii}.back.q8.data(numl,numc);
            count_q8 = count_q8 + 1;
        end
    end
    if (max(max(data{ii}.back.q1.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q1.data))==0)
        data{ii}.back.q1.vector(1)=0;
    end
    if (max(max(data{ii}.back.q2.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q2.data))==0)
        data{ii}.back.q2.vector(1)=0;
    end
    if (max(max(data{ii}.back.q3.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q3.data))==0)
        data{ii}.back.q3.vector(1)=0;
    end
    if (max(max(data{ii}.back.q4.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q4.data))==0)
        data{ii}.back.q4.vector(1)=0;
    end
    if (max(max(data{ii}.back.q5.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q5.data))==0)
        data{ii}.back.q5.vector(1)=0;
    end
    if (max(max(data{ii}.back.q6.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q6.data))==0)
        data{ii}.back.q6.vector(1)=0;
    end
    if (max(max(data{ii}.back.q7.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q7.data))==0)
        data{ii}.back.q7.vector(1)=0;
    end
    if (max(max(data{ii}.back.q8.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q8.data))==0)
        data{ii}.back.q8.vector(1)=0;
    end
    if (max(max(data{ii}.back.q9.data))==0 || min(min(data{ii}.back.q9.data))==0)
        data{ii}.back.q9.vector(1)=0;
    end

    data{ii}.back.q1.avg = mean(data{ii}.back.q1.vector);
    data{ii}.back.q1.max = max(data{ii}.back.q1.vector);
    data{ii}.back.q1.area = size(data{ii}.back.q1.vector,2)*0.5*0.5;
    data{ii}.back.q2.avg = mean(data{ii}.back.q2.vector);
    data{ii}.back.q2.max = max(data{ii}.back.q2.vector);
    data{ii}.back.q2.area = size(data{ii}.back.q2.vector,2)*0.5*0.5;
    data{ii}.back.q3.avg = mean(data{ii}.back.q3.vector);
    data{ii}.back.q3.max = max(data{ii}.back.q3.vector);
    data{ii}.back.q3.area = size(data{ii}.back.q3.vector,2)*0.5*0.5;
    data{ii}.back.q4.avg = mean(data{ii}.back.q4.vector);
    data{ii}.back.q4.max = max(data{ii}.back.q4.vector);
    data{ii}.back.q4.area = size(data{ii}.back.q4.vector,2)*0.5*0.5;
    data{ii}.back.q5.avg = mean(data{ii}.back.q5.vector);
    data{ii}.back.q5.max = max(data{ii}.back.q5.vector);
    data{ii}.back.q5.area = size(data{ii}.back.q5.vector,2)*0.5*0.5;
    data{ii}.back.q6.avg = mean(data{ii}.back.q6.vector);
    data{ii}.back.q6.max = max(data{ii}.back.q6.vector);
    data{ii}.back.q6.area = size(data{ii}.back.q6.vector,2)*0.5*0.5;
    data{ii}.back.q7.avg = mean(data{ii}.back.q7.vector);
    data{ii}.back.q7.max = max(data{ii}.back.q7.vector);
    data{ii}.back.q7.area = size(data{ii}.back.q7.vector,2)*0.5*0.5;
    data{ii}.back.q8.avg = mean(data{ii}.back.q8.vector);
    data{ii}.back.q8.max = max(data{ii}.back.q8.vector);
    data{ii}.back.q8.area = size(data{ii}.back.q8.vector,2)*0.5*0.5;
    data{ii}.back.q9.avg = mean(data{ii}.back.q9.vector);

```

```

data{ii}.back.q9.max = max(data{ii}.back.q9.vector);
data{ii}.back.q9.area = size(data{ii}.back.q9.vector,2)*0.5*0.5;

    % cálculo da carga
data{ii}.back.carga.q1 = sum(data{ii}.back.q1.vector);
data{ii}.back.carga.q2 = sum(data{ii}.back.q2.vector);
data{ii}.back.carga.q3 = sum(data{ii}.back.q3.vector);
data{ii}.back.carga.q4 = sum(data{ii}.back.q4.vector);
data{ii}.back.carga.q5 = sum(data{ii}.back.q5.vector);
data{ii}.back.carga.q6 = sum(data{ii}.back.q6.vector);
data{ii}.back.carga.q7 = sum(data{ii}.back.q7.vector);
data{ii}.back.carga.q8 = sum(data{ii}.back.q8.vector);
data{ii}.back.carga.q9 = sum(data{ii}.back.q9.vector);
data{ii}.back.carga.total = data{ii}.back.carga.q1 + data{ii}.back.carga.q2 + data{ii}.back.carga.q3 + data{ii}.back.carga.q4 +
data{ii}.back.carga.q5 + data{ii}.back.carga.q6 + data{ii}.back.carga.q7 + data{ii}.back.carga.q8 + data{ii}.back.carga.q9;

    % cálculo da distribuição percentual de carga
data{ii}.back.q1.razao = data{ii}.back.carga.q1/data{ii}.back.carga.total;
data{ii}.back.q2.razao = data{ii}.back.carga.q2/data{ii}.back.carga.total;
data{ii}.back.q3.razao = data{ii}.back.carga.q3/data{ii}.back.carga.total;
data{ii}.back.q4.razao = data{ii}.back.carga.q4/data{ii}.back.carga.total;
data{ii}.back.q5.razao = data{ii}.back.carga.q5/data{ii}.back.carga.total;
data{ii}.back.q6.razao = data{ii}.back.carga.q6/data{ii}.back.carga.total;
data{ii}.back.q7.razao = data{ii}.back.carga.q7/data{ii}.back.carga.total;
data{ii}.back.q8.razao = data{ii}.back.carga.q8/data{ii}.back.carga.total;
data{ii}.back.q9.razao = data{ii}.back.carga.q9/data{ii}.back.carga.total;

end

%% exportação dos dados para o txt
fid = fopen('exportfile','w');
for ii = 1:numfiles
    % mapa dividido em 10 regioes
    % aaa = [data{ii}.back.Avg data{ii}.back.Peak data{ii}.back.Area data{ii}.butt.Avg data{ii}.butt.Peak data{ii}.butt.Area
data{ii}.back.q1.avg data{ii}.back.q1.max data{ii}.back.q1.area data{ii}.back.q2.avg data{ii}.back.q2.max data{ii}.back.q2.area
data{ii}.back.q3.avg data{ii}.back.q3.max data{ii}.back.q3.area data{ii}.back.q4.avg data{ii}.back.q4.max data{ii}.back.q4.area
data{ii}.back.q5.avg data{ii}.back.q5.max data{ii}.back.q5.area data{ii}.back.q6.avg data{ii}.back.q6.max data{ii}.back.q6.area
data{ii}.butt.q3.avg data{ii}.butt.q3.max data{ii}.butt.q3.area data{ii}.butt.q4.avg data{ii}.butt.q4.max data{ii}.butt.q4.area
data{ii}.butt.q1.avg data{ii}.butt.q1.max data{ii}.butt.q1.area data{ii}.butt.q2.avg data{ii}.butt.q2.max data{ii}.butt.q2.area
data{ii}.back.q1.razao data{ii}.back.q2.razao data{ii}.back.q3.razao data{ii}.back.q4.razao data{ii}.back.q5.razao
data{ii}.back.q6.razao data{ii}.butt.q1.razao data{ii}.butt.q2.razao data{ii}.butt.q3.razao data{ii}.butt.q4.razao
data{ii}.butt.higher60];

    % mapa dividido segundo Mergl
    aaa = [data{ii}.back.Avg data{ii}.back.Peak data{ii}.back.Area data{ii}.butt.Avg data{ii}.butt.Peak data{ii}.butt.Area
data{ii}.back.q1.avg data{ii}.back.q1.max data{ii}.back.q1.area data{ii}.back.q2.avg data{ii}.back.q2.max data{ii}.back.q2.area
data{ii}.back.q3.avg data{ii}.back.q3.max data{ii}.back.q3.area data{ii}.back.q4.avg data{ii}.back.q4.max data{ii}.back.q4.area
data{ii}.back.q5.avg data{ii}.back.q5.max data{ii}.back.q5.area data{ii}.back.q6.avg data{ii}.back.q6.max data{ii}.back.q6.area
data{ii}.back.q7.avg data{ii}.back.q7.max data{ii}.back.q7.area data{ii}.back.q8.avg data{ii}.back.q8.max data{ii}.back.q8.area
data{ii}.back.q9.avg data{ii}.back.q9.max data{ii}.back.q9.area data{ii}.butt.q1.avg data{ii}.butt.q1.max data{ii}.butt.q1.area
data{ii}.butt.q2.avg data{ii}.butt.q2.max data{ii}.butt.q2.area data{ii}.butt.q3.avg data{ii}.butt.q3.max data{ii}.butt.q3.area
data{ii}.butt.q4.avg data{ii}.butt.q4.max data{ii}.butt.q4.area data{ii}.butt.q5.avg data{ii}.butt.q5.max data{ii}.butt.q5.area
data{ii}.back.q1.razao data{ii}.back.q2.razao data{ii}.back.q3.razao data{ii}.back.q4.razao data{ii}.back.q5.razao
data{ii}.back.q6.razao data{ii}.back.q7.razao data{ii}.back.q8.razao data{ii}.back.q9.razao data{ii}.butt.q1.razao
data{ii}.butt.q2.razao data{ii}.butt.q3.razao data{ii}.butt.q4.razao data{ii}.butt.q5.razao data{ii}.butt.q2.maxgrad
data{ii}.butt.q3.maxgrad data{ii}.butt.q4.maxgrad];

    fprintf(fid, '%6.2f\t', aaa);
    fprintf(fid, '\r\n');
end
fclose(fid);

```

APÊNDICE G – Posição do centro de pressão para cada participante dos ensaios da Fase 2

Repouso

Figura 1 - Passeio dos centros de pressão no assento - posturas adotadas pelo participante 1

Figura 2 - Passeio dos centros de pressão no encosto - posturas adotadas pelo participante 1

Figura 3 - Passeio dos centros de pressão no assento - posturas adotadas pelo participante 2

Figura 4 - Passeio dos centros de pressão no encosto - posturas adotadas pelo participante 2

Figura 5 - Passeio dos centros de pressão no assento - posturas adotadas pelo participante 3

Figura 6 - Passeio dos centros de pressão no encosto - posturas adotadas pelo participante 3

Leitura

Figura 7 - Passeio dos centros de pressão no assento - posturas adotadas pelo participante 1

Figura 8 - Passeio dos centros de pressão no encosto - posturas adotadas pelo participante 1

Figura 9 - Passeio dos centros de pressão no assento - posturas adotadas pelo participante 2

Figura 10 - Passeio dos centros de pressão no encosto - posturas adotadas pelo participante 2

Figura 11 - Passeio dos centros de pressão no assento - posturas adotadas pelo participante 3

Figura 12 - Passeio dos centros de pressão no encosto - posturas adotadas pelo participante 3

APÊNDICE H – Mapas de pressão e medidas de pressão para cada participante dos ensaios da Fase 2

REPOUSO

Tabela 1 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 1 do ensaio de repouso

Postura	Encosto			Assento			% sensores acima 60mmHg
	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	
1	16,54	49,94	124,50	34,76	140,34	177,25	7,48
2	16,97	35,76	126,25	34,92	114,16	170,00	8,24
3	17,33	36,61	121,00	34,69	85,72	190,25	3,42
4	17,49	40,40	121,00	36,93	95,42	195,00	6,79
5	22,00	41,54	109,00	34,25	87,53	202,25	3,21
6	20,86	50,28	110,25	35,57	93,70	198,00	2,02
7	17,30	40,59	114,00	34,77	139,05	205,25	5,24
8	17,10	42,06	114,50	34,94	133,28	205,25	6,94
9	17,52	37,12	116,50	38,38	179,38	206,00	11,65
10	17,43	38,21	118,50	39,52	205,90	205,25	14,86
11	17,54	36,41	117,75	39,67	209,45	205,25	15,59
12	18,01	38,99	117,75	37,90	172,04	201,00	12,06
13	16,95	43,51	137,00	37,38	133,44	179,75	14,46
14	16,89	38,79	140,50	37,41	119,49	182,75	14,50
15	18,71	42,63	115,00	41,42	218,09	172,25	15,82
16	18,71	41,79	114,00	40,37	212,84	173,75	14,96
17	18,48	39,86	121,25	41,12	209,59	176,50	17,28
18	20,19	219,83	93,50	43,06	219,46	176,25	17,45
19	20,83	220,00	91,50	43,43	218,18	178,25	18,51
20	20,84	218,24	90,00	43,00	219,99	179,00	18,72
media	18,38	67,63	115,69	38,17	160,35	188,96	11,46
mediana	17,53	41,07	117,13	37,66	156,19	186,50	13,26
desvio padrão	1,65	65,51	12,94	3,12	51,06	13,48	5,52

Tabela 2 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 2 do ensaio de repouso

Postura	Encosto			Assento			% sensores acima 60mmHg
	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	
1	17,45	33,12	103,50	32,53	92,58	171,50	3,50
2	17,39	33,66	107,75	32,71	82,21	174,50	2,58
3	16,85	33,74	108,25	31,54	98,32	171,00	3,36
4	17,72	42,83	108,25	31,82	73,37	185,25	0,40
5	19,38	42,36	106,25	33,72	141,85	184,75	6,09
6	17,87	70,14	99,50	41,60	128,23	139,00	17,63
7	17,29	66,21	101,00	42,25	167,41	138,75	19,64
8	17,50	63,58	108,50	43,28	213,34	127,75	16,44
média	17,68	48,21	105,38	36,18	124,66	161,56	8,71
mediana	17,48	42,60	107,00	33,22	113,28	171,25	4,80
desvio padrão	0,75	15,83	3,58	5,19	48,04	22,76	7,82

Tabela 3 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 3 do ensaio de repouso

Postura	Encosto			Assento			% sensores acima 60mmHg
	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	
1	14,08	41,54	87,25	32,18	71,26	210,25	0,36
2	13,82	33,41	76,50	32,38	69,07	211,00	0,47
3	13,75	35,64	79,00	32,81	57,31	212,00	0,12
4	16,89	34,21	98,25	31,10	77,44	201,25	0,62
5	17,68	47,92	110,25	31,48	76,01	204,50	0,37
6	18,41	38,12	111,50	30,93	72,30	211,00	0,47
7	18,32	38,28	109,00	31,68	74,66	202,75	2,10
8	18,97	36,74	112,00	32,42	72,78	210,50	0,83
9	17,94	37,98	114,00	31,18	77,91	212,75	0,82
10	18,30	39,46	85,00	33,00	68,00	206,25	1,45
11	18,48	38,37	89,25	33,04	66,73	203,75	2,09
12	15,11	28,86	98,00	37,09	78,88	179,75	2,78
13	17,35	32,73	104,50	36,64	87,02	174,75	5,87
14	15,94	29,19	90,00	31,59	71,61	215,00	3,15
15	17,45	32,29	102,75	34,25	79,46	214,00	0,70
16	0,00	0,00	0,00	37,27	120,80	191,25	13,33
media	15,78	34,05	91,70	33,07	76,33	203,80	2,22
mediana	17,40	36,19	98,13	32,40	73,72	208,25	0,83
desvio padrao	4,56	10,23	27,31	2,14	13,58	12,00	3,31

Figura 1 - Mapas de pressão do participante 1 do ensaio de repouso

Figura 2 - Mapas de pressão do participante 2 do ensaio de repouso

Figura 3 - Mapas de pressão do participante 3 do ensaio de repouso

Tabela 4 - Deslocamento do centro de pressão dos participantes do ensaio de repouso

ID	Local	Posição inicial do COP (in)	Posição final do COP (in)	Final menos inicial (in)	Maior diferença (in)
1	assento	22,27	21,56	0,71	4,30
		16,05	17,75	-1,70	4,10
	encosto	22,25	27,80	-5,55	12,64
		41,77	30,48	11,29	11,29
2	assento	19,80	22,71	-2,91	4,23
		18,79	20,75	-1,96	4,25
	encosto	13,48	11,07	2,41	2,77
		34,89	36,68	-1,79	3,08
3	assento	20,26	20,93	-0,67	0,89
		16,75	13,71	3,04	6,87
	encosto	22,31	20,50	1,81	12,85
		34,61	32,50	2,11	11,32

LEITURA

Tabela 5 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 1 do ensaio de leitura

Postura	Encosto			Assento			% sensores acima 60mmHg
	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	
1	13,71	23,06	68,25	32,81	72,77	194,25	0,39
2	14,45	26,09	62,75	32,38	74,44	195,50	0,26
3	14,28	25,35	63,50	32,06	83,86	195,50	0,13
4	14,72	29,41	68,75	32,35	80,41	195,50	0,38
5	16,58	68,81	74,25	31,83	75,56	197,50	0,38
6	14,72	27,09	65,00	32,00	75,21	197,50	0,38
7	13,11	21,24	59,25	33,31	73,33	195,50	2,05
8	13,50	26,11	63,75	33,71	84,54	199,00	1,88
9	15,64	39,54	73,50	33,57	83,41	194,50	2,83
10	14,40	30,54	73,50	33,55	79,25	193,25	2,59
11	13,68	28,38	66,00	34,28	103,63	200,25	2,75
12	14,11	27,46	66,50	32,99	87,73	189,50	2,11
13	16,92	30,88	60,00	35,06	92,11	197,75	3,54
14	15,44	46,48	72,75	34,00	218,34	221,50	2,26
15	14,94	32,41	66,25	33,57	214,09	218,25	2,29
16	15,20	35,32	74,00	34,76	220,00	220,50	2,95
17	14,15	29,20	72,50	34,18	218,46	223,00	2,91
média	14,68	32,20	67,68	33,32	113,95	201,69	1,77
mediana	14,45	29,20	66,50	33,55	83,86	197,50	2,11
desvio padrão	1,04	11,23	5,01	0,98	59,83	11,22	1,17

Tabela 6 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 2 do ensaio de leitura

Postura	Encosto			Assento			% sensores acima 60mmHg
	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	
1	14,61	61,04	78,00	31,84	73,17	226,25	0,44
2	14,91	70,22	82,25	31,74	92,11	209,25	2,51
3	14,59	31,11	91,75	32,86	93,58	203,75	2,82
4	15,52	26,15	97,25	33,53	88,47	202,75	5,55
5	15,13	68,12	71,25	29,89	69,61	216,25	0,23
6	16,37	100,09	64,00	31,45	74,78	228,00	0,11
7	13,93	34,88	79,50	32,48	55,34	226,25	0,11
8	15,21	77,98	86,75	30,66	85,06	216,50	1,04
9	38,01	188,38	14,50	33,64	120,18	218,25	5,27
10	15,36	81,55	78,50	30,92	75,75	222,50	0,45
11	20,79	220,00	93,25	32,71	89,60	190,00	3,16
12	19,84	220,00	105,00	33,34	92,50	189,50	4,22
13	19,29	220,00	82,75	32,66	80,11	193,50	2,20
14	23,16	220,00	78,25	32,80	86,53	193,75	2,97
15	43,25	213,03	22,00	32,84	75,35	243,50	0,72
16	22,05	220,00	73,50	30,58	81,28	229,50	0,22
17	38,63	220,00	29,75	30,80	103,24	222,50	2,36
18	23,38	220,00	74,75	30,08	91,08	226,50	0,44
19	17,62	176,83	81,50	33,44	73,32	237,00	0,53
média	21,14	140,49	72,87	32,01	84,27	215,55	1,86
mediana	17,62	176,83	78,50	32,48	85,06	218,25	1,04
desvio padrão	8,95	79,87	24,63	1,23	14,00	16,13	1,77

Tabela 7 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato para o participante 3do ensaio de leitura

Postura	Encosto			Assento			% sensores acima 60mmHg
	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	
1	16,10	24,03	65,00	33,35	75,25	222,75	1,12
2	17,82	29,55	69,25	36,74	121,44	185,75	9,56
3	18,43	29,69	69,50	36,81	84,45	184,75	9,88
4	18,66	30,42	64,00	37,41	88,57	185,50	11,05
5	18,58	29,75	71,25	36,59	83,44	186,25	9,93
6	17,08	27,76	64,75	37,06	90,35	189,50	11,48
7	16,81	26,88	72,50	35,70	61,83	202,25	0,12
8	14,35	23,38	52,25	33,55	84,42	218,50	4,02
9	15,87	30,02	79,00	35,96	77,87	189,50	1,45
10	16,24	23,18	71,00	33,37	94,24	199,75	4,26
11	16,05	30,43	63,50	34,67	107,18	208,50	5,40
12	16,04	27,53	75,75	36,18	57,80	200,75	0,12
13	17,41	26,42	74,75	36,15	86,23	185,25	8,37
14	15,19	45,85	63,00	32,08	71,73	216,00	0,93
15	15,68	27,50	74,75	37,30	86,14	166,25	6,92
16	17,34	31,40	78,75	38,96	90,71	162,75	8,60
17	19,39	33,62	89,25	40,63	85,73	149,00	15,77
média	16,88	29,26	70,49	36,03	85,14	191,35	6,41
mediana	16,81	29,55	71,00	36,18	85,73	189,50	6,92
desvio padrão	1,38	5,15	8,32	2,15	14,97	19,88	4,69

Figura 4 - Mapas de pressão do participante 1 do ensaio de leitura

Figura 5 - Mapas de pressão do participante 2 do ensaio de leitura

Postura 5

Postura 6

Postura 7

Postura 8

Postura 9

Postura 10

Postura 11

Postura 12

Postura 13

Postura 14

Postura 15

Postura 16

Postura 17

Postura 18

Postura 19

Figura 6 - Mapas de pressão do participante 3 do ensaio de leitura

Postura 1

Postura 2

Postura 3

Postura 4

Postura 5

Postura 6

Postura 7

Postura 8

Postura 9

Postura 10

Postura 11

Postura 12

Postura 13

Postura 14

Postura 15

Postura 16

Postura 17

APÊNDICE I - Dados antropométricos dos participantes da Fase 3

Medidas (cm)	P1	P2	P3
Altura	1,91	1,80	1,75
Peso	85,0	85,0	69
Altura da cabeça ao quadril	96,0	92,1	87,8
Poplíteo	46,0	46,1	43,5
Glúteo-patela	54,5	48,6	51,6
Ombros	53,3	55,4	46,0
Antebraço a mão	32,3	34,6	36,0
Ombro ao cotovelo	37,5	35,5	36,7

APÊNDICE J - Mapas de pressão das posturas típicas e principais medidas de pressão para cada participante do ensaio da Fase 3

Figura 1 - Mapas de pressão das oito posturas típicas 2 para os participantes da fase 3

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 1 - Resumo dos dados de pressão média, pico de pressão e área de contato nas oito posturas típicas para todos os participantes da fase 3

ID	Postura	Pressão média no encosto (mmHg)	Pico de pressão no encosto (mmHg)	Área no encosto (in ²)	Pressão média no assento (mmHg)	Pico de pressão no assento (mmHg)	Área no assento (in ²)	% sensores acima 60mmHg
1	1	19,28	53,95	128,00	34,66	93,96	222,75	4,49
1	2	16,99	31,95	126,25	44,58	230,89	166,00	17,62
1	3	21,31	42,31	101,75	39,73	132,79	180,75	16,82
1	4	20,60	46,15	103,25	34,72	89,32	196,75	5,38
1	5	24,02	140,32	85,00	38,00	115,16	192,25	11,08
1	6	20,97	47,72	98,00	34,89	109,20	218,25	5,15
1	7	24,62	205,31	93,25	37,47	101,16	194,00	11,99
1	8	17,74	36,64	138,25	36,23	112,00	227,25	7,37
2	1	17,22	73,90	160,75	33,46	81,03	220,50	1,09
2	2	16,08	26,08	103,75	42,73	178,59	215,25	14,83
2	3	19,23	64,31	97,50	44,12	107,22	209,25	13,78
2	4	18,85	44,66	115,50	44,09	166,96	199,50	19,58
2	5	18,71	42,41	187,75	36,73	160,26	162,75	9,08
2	6	19,80	45,15	155,75	33,75	73,45	187,50	0,57
2	7	16,88	58,39	174,00	36,42	91,07	176,50	7,04
2	8	15,34	33,68	168,50	36,73	87,00	198,75	3,94
3	1	13,19	25,52	71,50	36,38	70,27	189,50	1,71
3	2	17,67	37,96	90,75	44,49	156,09	153,75	20,26
3	3	15,23	33,11	79,50	39,82	92,45	198,50	6,64
3	4	16,49	31,73	73,25	37,37	85,12	170,50	4,49
3	5	17,38	36,98	89,75	45,42	133,18	156,50	21,54
3	6	15,39	34,73	93,25	36,50	77,50	181,75	5,17
3	7	18,56	43,75	89,50	44,74	148,13	146,75	18,28
3	8	13,56	30,42	81,00	39,18	100,11	167,00	10,12

APÊNDICE K – Notas das fichas de avaliação de desconforto para cada participante da Fase 3

Figura 1 - Notas do desconforto geral por postura

Figura 2 - Desconforto no pescoço por postura

Figura 3 - Desconforto no ombro esquerdo por postura

Figura 4 - Desconforto no ombro direito por postura

Figura 5 - Desconforto na região torácica por postura

Figura 6 - Desconforto na região lombar por postura

Figura 7 -Desconforto na nádega esquerda por postura

Figura 8 -Desconforto na nádega direita por postura

Figura 9 - Desconforto na coxa esquerda por postura

Figura 10 - Desconforto na coxa direita por postura

APÊNDICE L – Quadro síntese da Fase 1

Tabla 1 - Quadro síntese da fase 1 – Mapeamento de posturas estáticas

Ferramenta	Mapeamento de pressão	Questionário
Protocolo	<ul style="list-style-type: none"> • 6 participantes • 10 minutos - 5 TTL e 5 reclinado 	<ul style="list-style-type: none"> • Preenchimento ao término do experimento.
Dados obtidos	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfico pressão x tempo - evidencia mudanças de postura. • Histograma - porcentagem de valores de pressão acima de 60 mmHg • Mapa de pressão - identificação de regiões com alta concentração de pressão, assimetrias, baixo envelopamento das tuberosidades isquiáticas e distribuição uniforme de pressão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Histórico de problemas na coluna, experiência de voo, avaliação de aspectos da poltrona (altura, largura, profundidade do assento e do encosto, apoio de cabeça e apoio de braço).
Vantagens	<p>Posturas estáticas permitem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparação dos mapas entre participantes. • Identificar regiões com alta concentração de pressão, assimetrias, baixo 	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia questões dimensionais da poltrona. • Possui questões abertas que possibilitam a identificação de problemas ainda não relatados.
Limitações	<ul style="list-style-type: none"> • Não evidencia a dinâmica de uso da poltrona. • Não leva em consideração as atividades realizadas em voo. • Não considera as diferentes posturas 	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia o desconforto de curto prazo. • Não foi conclusivo com relação aos aspectos dimensionais da poltrona (critério cabe ou não cabe).

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE M – Quadro síntese da Fase 2

Tabela 1 - Quadro síntese da fase 2 – mapeamento contínuo de pressão

Ferramenta	Observação participante	Mapeamento de pressão	Ambiente representativo	Filmagem	Ideção e prototipação
Protocolo	<ul style="list-style-type: none"> • Participantes dos ensaios - pesquisadores do mesmo projeto de pesquisa. • Participantes treinados em ensaio de sensibilização. • Observação cruzada - outro pesquisador acompanha o experimento e entrevista o participante • Relato gravado após o experimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento contínuo de pressão ao longo de 40 minutos realizando uma única atividade - repousar ou ler. • 6 participantes - 3 participantes no ensaio de repouso e 3 participantes no ensaio de leitura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensaio realizado em ambiente representativo - simulador de interior de aeronave. 	<ul style="list-style-type: none"> • Filmagem de todo o experimento e do relato do participante no término do ensaio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Participantes - pesquisadores que realizaram os experimentos. • Pergunta: De que forma podemos melhorar a experiência de voo considerando cada uma das atividades analisadas?
Dados obtidos	<ul style="list-style-type: none"> • Relato - evidencia o curso da ação, o grau de envolvimento na atividade, identifica constrangimentos, desconfortos, pontos positivos e estratégias utilizadas durante a realização das atividades. • Observação cruzada - valida algumas estratégias logo após o ensaio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfico pressão x tempo - mudanças de posturas e duração de cada uma delas. • Mapa de pressão para cada postura adotada • Dados de pressão média, pico de pressão, distribuição percentual de carga, porcentagem de sensores acima de 60 mmHg e área de contato para cada postura. • Sobreposição dos mapas de pressão - identifica a dinâmica de utilização da poltrona e permite comparação de padrão entre atividades. 	<ul style="list-style-type: none"> • N/A 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise postural - curso da ação, identificação das posturas adotadas, número de posturas adotadas por participante, comparação de posturas entre participantes, identificação de estratégias para combater o desconforto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidades e soluções para melhorar a percepção de conforto nas atividades de leitura e repouso.

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • A fala dos participantes evidenciou a motivação e intenção que os levaram a mudar constantemente de postura ao longo do experimento. • A percepção dos participantes também contribuiu para identificar áreas de melhoria no projeto da poltrona e apontar aspectos positivos da mesma. • A percepção dos participantes no final do experimento foi crucial para analisar a filmagem e os mapas de pressão de cada postura adotada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evidencia as mudanças de postura ao longo do tempo. • A movimentação dos sujeitos fica evidente, mostrando para diversas posturas as regiões mais solicitadas da poltrona, assim como pontos de maior concentração de pressão ou falta de apoio. • A percepção dos participantes no final do experimento foi crucial para analisar a filmagem e os mapas de pressão de cada postura adotada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parte dos resultados não teria sido levantada se o experimento não tivesse sido realizado em um ambiente representativo de uma aeronave. • A análise da filmagem mostrou que em diversos momentos os participantes utilizaram apoios do ambiente como janela e a poltrona do lado para repousarem cabeça e membros superiores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Através da filmagem é possível verificar o teor de cada mudança postural, além de ser essencial para a validação dos dados dos ensaios. • Apesar dos participantes possuírem características antropométricas diferentes, muitas posturas e estratégias adotadas por eles para evitar o desconforto foram semelhantes. • A analisar os mapas de pressão sozinhos é possível identificar mudanças na posição das pernas, tronco, e cabeça, porém algumas mudanças principalmente com os braços e com a cabeça, quando ela não está apoiada, são difíceis de inferir se não houver a ajuda da filmagem. • A análise da filmagem mostrou que em diversos momentos os participantes utilizaram apoios do ambiente como janela e a poltrona do lado para repousarem cabeça e membros superiores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reúne o grupo de projeto e gera reflexões sobre o artefato em questão com base na experiência vivida durante os ensaios. • Discute propostas de soluções e melhorias dos artefatos pensando em como isso pode afetar a realização de uma determinada atividade.
Limitações/ desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Não considera uma amostra significativa da população usuária de transporte aéreo. • Informações detalhadas de cada postura adotada são perdidas se não expressadas no momento da ação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de associação dos dados objetivos obtidos através do mapeamento de pressão com a percepção de desconforto dos participantes em cada postura adotada. • Ao analisar os mapas de pressão sozinhos é possível identificar mudanças na posição das pernas, tronco, e cabeça, porém algumas mudanças principalmente com os braços e com a cabeça, quando ela não está apoiada, são difíceis de inferir se não houver a ajuda da filmagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de uma infraestrutura maior para realização dos experimentos. 		<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de uma infraestrutura maior para prototipação das idéias.

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE N – Quadro síntese da Fase 3

Tabela - Quadro síntese da fase 3 – mapeamento de posturas típicas

Ferramenta	Mapeamento de pressão	Avaliação subjetiva	Características antropométricas dos participantes
Protocolo	<ul style="list-style-type: none"> • 3 participantes - três homens (pesquisadores sensibilizados). • 10 minutos sentado (livre). • 1 minuto em cada uma das 8 posturas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preenchimento do questionário ao término de 1 minuto em uma determinada postura. • Relato gravado pós-postura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preenchimento da ficha de medição antropométrica ao término do experimento.
Dados obtidos	<ul style="list-style-type: none"> • Dados de pressão média, pico de pressão, distribuição percentual de carga e área de contato - pressão geral no assento, pressão geral no encosto, pressão local no assento, pressão local no encosto, razão local/global • Mapa de pressão - identificação de regiões com alta concentração de pressão e assimetrias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conforto global - escala de resposta de 10 cm com descritores “nenhum desconforto” e “muito desconforto”. • Mapa corporal - percepção de desconforto em vinte e três regiões do corpo. • Relato - vídeo com depoimento pós-experimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso, altura, altura cabeça ao quadril (assento), poplíteo, glúteo-patela, quadril, circunferência da cintura, ombro, antebraço a mão, ombro ao cotovelo.
Vantagens	<p>Simulação de posturas típicas e não de uma postura qualquer.</p> <p>Posturas estáticas permitem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparação dos mapas entre participantes. • Identificar regiões com alta concentração de pressão, assimetrias, baixo envelopamento das tuberosidades isquiáticas e área de contato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Associação dos dados objetivos obtidos através do mapeamento de pressão com a percepção de desconforto dos participantes em cada postura adotada. • A fala dos participantes evidenciou os constrangimentos da postura adotada. • A percepção dos participantes no final do experimento ajudou a entender as notas dadas na ficha de avaliação de desconforto. 	<ul style="list-style-type: none"> • N/A
Limitações/desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de avaliação da postura curto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não considera uma amostra significativa da população usuária de transporte aéreo. 	<ul style="list-style-type: none"> • N/A

Fonte: Elaborado pela autora