

## Revisão

# Medidas de pressão sob a pelve na postura sentada em pesquisas de ergonomia

## *Seat pressures measures under buttocks in ergonomic studies*

Mariana Huet\*, Anamaria de Moraes, PhD\*\*

.....

\*Fisioterapeuta, \*\*Coordenadora do programa de Pós-Graduação do Departamento de Artes e Design da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

### Palavras-chave:

Medidas de pressão sob a pelve, ergonomia da postura sentada, poltronas de avião.

### Key-words:

pressure measure on pelvis, ergonomics of sitting posture, airplane seating.

### Resumo

Revisão bibliográfica de autores da ergonomia em pesquisas medindo a pressão sob a região lombar baixa, as tuberosidades isquiáticas e as coxas. Recomendações para melhorar o desconforto de passageiros na postura sentada em viagens aéreas longas.

### Abstract

Literature review of ergonomics authors on pressure under low back, ischial tuberosities and thighs. Recommendations for improvement of sitting posture for passengers in long distance flights.

.....

### Introdução

Qualquer perfil de assento, mesmo muito confortável no início, torna-se progressivamente incômodo após um longo e ininterrupto tempo sentado [1,2]. Além do desconforto provocado pela imobilização e deformação na coluna vertebral e na pelve, há necessidade de mudanças de posição para aliviar a pressão sob as tuberosidades isquiáticas e coxas, facilitando a circulação sanguínea [3,4]. Ao estudar a distribuição do peso na postura sentada, Moraes e Pequini [4] mostram o eixo sagital de suporte do tronco passando através da projeção do ponto mais baixo das tuberosidades isquiáticas sobre a superfície do assento. Ao se sentar,

portanto, o ser humano apóia cerca de 75% de todo o peso de seu tronco sobre essas tuberosidades, cuja área não passa de 26 cm<sup>2</sup>. Com esses dados Moraes aponta a compressão altíssima exercida sobre a área caudal da nádega, de 6 a 7 kg/cm<sup>2</sup>. O efeito da pressão sobre os tecidos da pelve, as mudanças fisiológicas decorrentes, o custo energético, e as medidas de desconforto são os focos de reflexão deste artigo.

### *Efeitos do peso do corpo sobre a pelve*

Resumo e comentários do artigo de Sember III, *The biomechanical relationship of seat design to the human anatomy* [3],

---

Artigo recebido em 3 de abril de 2003; aceito em 15 de outubro de 2003.

Endereço para correspondência: Mariana Huet, PUC-Rio de Janeiro, mestrado em Design: Ergonomia e Usabilidade, Rua Marquês de São Vicente, 225 Gávea 22453-900 Rio de Janeiro RJ, E-mail: antfra@uol.com.br, Anamaria de Moraes, E-mail: moraergo@rdc.puc-rio.br

---

analisando a relação biomecânica entre o design do assento e a anatomia humana.

### Conceitos básicos

a) Tuberosidades isquiáticas, cóccix e trocânteres são as proeminências ósseas mais próximas ao assento, sendo as partes da pelve submetidas a maiores pressões na postura sentada. Assim que se assume a postura sentada, posição antinatural segundo o autor, os tecidos do corpo começam a reagir à pressão da gravidade: a gordura e o tecido muscular diretamente sob as tuberosidades isquiáticas (TI) se deslocam lentamente, fugindo da área de pressão óssea, deixando os ossos pressionarem a pele (Fig. 1).

Fig. 1 - Apoios da pelve sobre almofada.

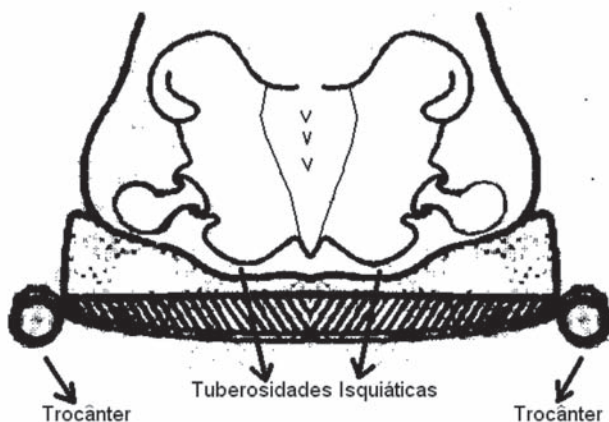
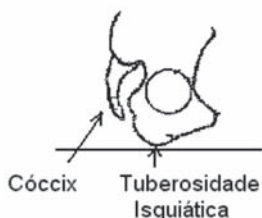


Fig. 2 - Vista lateral da pelve.



Ao se persistir na posição sentada, os capilares da pele sob os ossos são forçados a se fechar e a pele começa a se necrosar. Numa situação de constrangimento postural, isto é, quando não é possível uma variação de posição, o ponto de necrose é atingido entre 10 e 15 minutos. A primeira sensação é de queimação sob os ísquios, depois sob os trocânteres, quando os tecidos moles se afastam e a área de pressão aumenta. Se o sujeito não se movimentar, a sensação de dor chega a 8,2 psi (*pounds per square inch*) em cerca de 30 minutos.

b) Além das pressões sob as tuberosidades isquiáticas e sob as coxas, a posição sentada leva a alguns constrangimentos na coluna lombar baixa: Enquanto na postura em pé o ângulo entre a 5ª vértebra lombar e o platô do sacro é de cerca de 30° (Fig. 3), na posição sentada ereta este ângulo passa para 24°. Nessas condições os discos intervertebrais locais sofrem uma pressão de 8 psi, enquanto a pressão entre as facetas (Fig. 4) das vértebras

lombares chega a 6 psi. Passados 30 minutos, o sistema sensitivo pede mudanças urgentes na postura para aliviar essas pressões e reinstalar a circulação local. Quando isso não acontece, a dor alcança 8,2 psi em cerca de 30 minutos. O balanceio de um automóvel ou de uma cadeira de rodas em movimento aumenta o stress no local, diminuindo o tempo para os resultados indesejados, fazendo com que os tecidos moles afastados não retornem a seu lugar, mesmo se o balanceio cessar.

Fig. 3 - O ângulo lombosacral tem cerca de 30 graus na posição de pé.

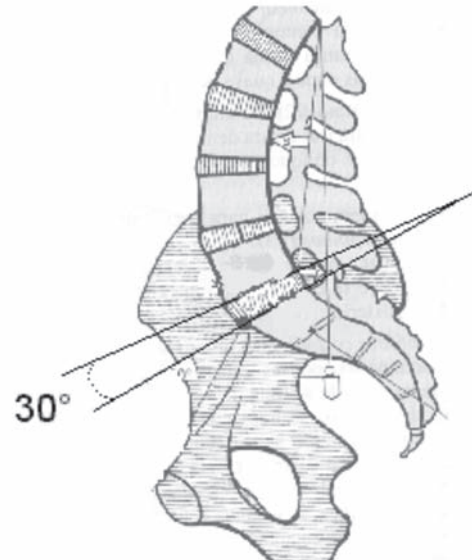
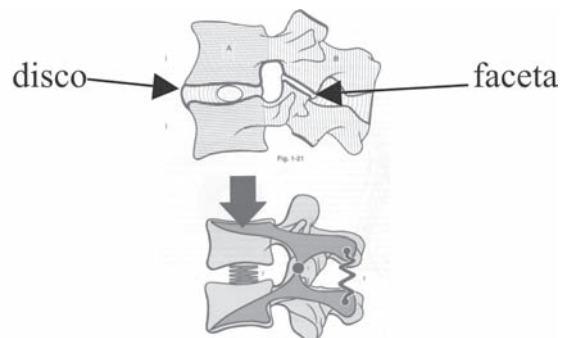


Fig. 4 - Disco e facetas das vértebras lombares.



Num ambiente dinâmico o balanceio lateral provoca um aumento do índice de pressão sob as tuberosidades isquiáticas. Um balanceio antero-posterior faz o mesmo, aumentando a pressão sob o cóccix. Existem medidas para melhorar o conforto ou a tolerância a essas pressões, como o aumento da área de apoio do assento para diminuir a pressão sob um único ponto, ou através de movimentos ativos do sujeito na busca de ajustes, tentando diminuindo a pressão sob as tuberosidades isquiáticas. Ao longo desses 30 minutos, enquanto a redistribuição de gordura e músculos acontece, a coluna

lombar baixa sofre um aumento de pressão de 8 a 29 psi, com um torque de 0 a 24 *foot pounds*, e as pressões entre as facetas das vértebras lombares vão de 6 a 14 psi. Torque é a tendência de uma força para causar rotação em torção sobre um eixo específico [5]. Notem-se as variações enormes de pressão num curto espaço de tempo.

c) Mudanças fisiológicas

Em 30 minutos na postura sentada ocorrem as seguintes mudanças fisiológicas de defesa:

- O tecido em torno dos vasos diminui de espessura, na tentativa de manter os vasos sanguíneos abertos, uma vez que a pressão da gravidade inibe a circulação;
- há um aumento de concentração de ácido lático nos músculos locais;
- aumenta a água no tecido subcutâneo;
- as *bursae* (bolsas) isquiáticas incham, formando uma almofada líquida sob as proeminências ósseas. Em consequência do dano causado pelo atrito, a prostaglandina E2 é liberada, primeiro no local, depois de um modo sistêmico. A química da prostaglandina E2 contribui para a depressão, fadiga e diminuição da

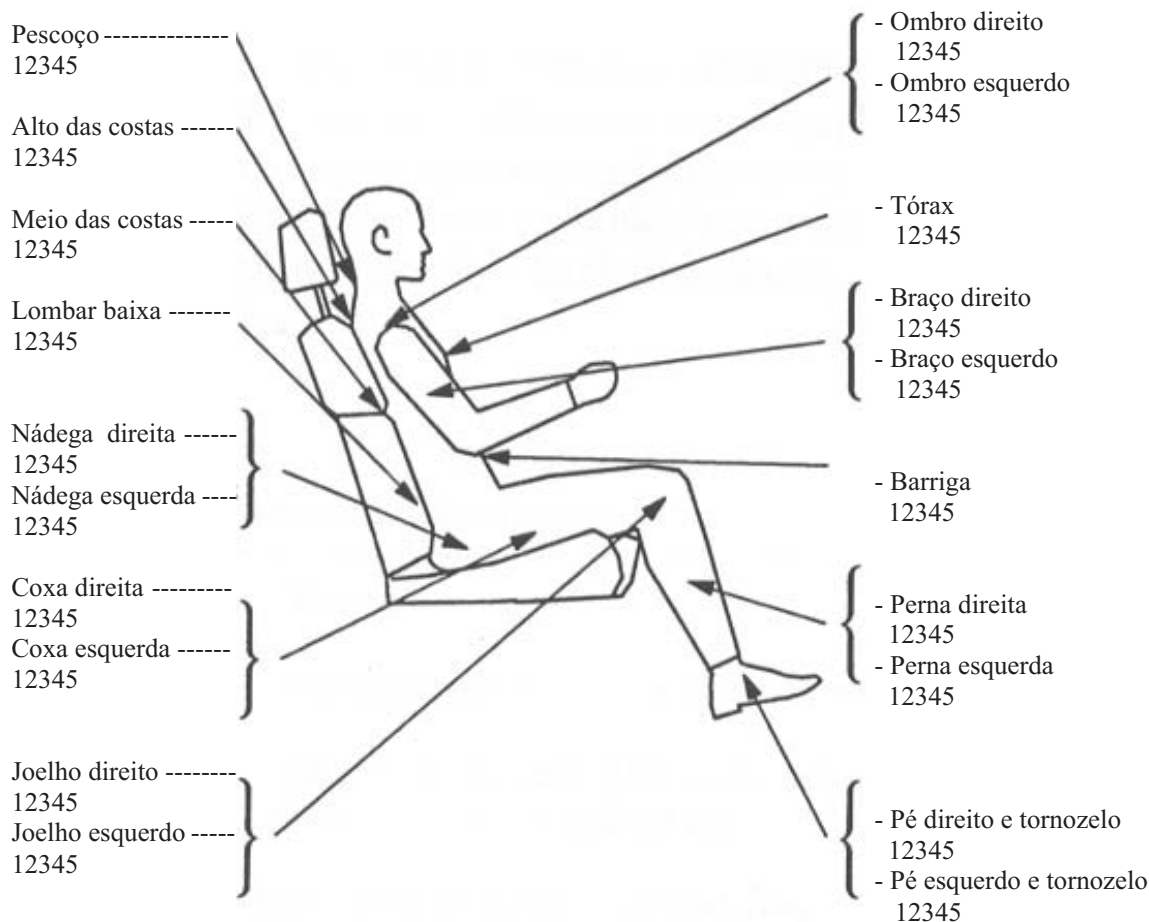
velocidade dos reflexos, situação especialmente perigosa para motoristas.

As pressões abaixo de 0,73 psi são toleradas indefinidamente. As pressões acima de 1,7 psi levam à necrose das células da pele.

*Custo energético da postura sentada nos bancos de automóveis*

A deformação do tecido é um fator extremamente importante, variando com o tempo de permanência sentado e a idade do sujeito. O corpo pode reparar esse dano, mas essa capacidade varia com a idade. Com isso, o tempo máximo tolerado de manutenção da posição varia com a capacidade individual de reparar o dano. O reparo é feito normalmente durante o sono, e é feito mais rapidamente nos jovens. O corpo está constantemente trabalhando através dos músculos das nádegas e dos membros inferiores para manter o equilíbrio. A atividade voluntária dos músculos lombares, abdominais e dos membros inferiores ajuda a manter o centro de gravidade.

Fig. 5 - Variação de Gyi do quadro de desconforto de Corlett e Bishop.



## Conclusões do artigo

Os conceitos estudados neste artigo foram aplicados no design de cadeiras de rodas para criar um assento com contato total (*total contact seat*). O desenho do assento tem o mesmo conceito que o usado em relação a uma prótese, que deve apoiar o coto sem fazer pressão excessiva sobre a ponta óssea. O final do osso de um coto de membro inferior é comparável à proeminência óssea da pelve, a tuberosidade isquiática, em sua pressão contra o assento.

O assento com apoio total, além de promover um contato mais vantajoso com seus contornos, tem recursos pneumáticos que analisam as pressões dos ísquios, regulando dinamicamente o nível de pressão abaixo de 0,5 psi. Quando o ocupante se movimenta, o assento reajusta o apoio nas áreas críticas.

## Pressão de interfaces na previsão de desconforto em poltronas de automóveis

Resumo e comentários sobre artigo “*Interface pressure and the prediction of car seat discomfort*” [6].

O artigo comenta dois experimentos que tentam chegar a uma aplicabilidade próxima ao “mundo real”. O primeiro experimento com variações no estofamento, o segundo com variações na postura ao dirigir. Os experimentos foram realizados em um laboratório estático que permitia um maior controle dos equipamentos, com um tempo compatível e representativo de direção prolongada. Uma instalação foi construída, com muitos ajustes individuais: altura do assento, altura da direção, distância da direção até o corpo, altura do pedal, distância entre pedal e corpo. O assento era ajustável em relação a seus ângulos, ao ângulo do encosto e ao apoio lombar. Era preciso usar força real no controle dos pedais, direção e câmbio.

Dois filmes foram projetados em vídeo, dando ao motorista uma imagem de estrada ou rua, com instruções dadas por comandos de voz. Sete poltronas foram construídas com o mesmo aspecto: cor, perfil, etc., com exceção da densidade da espuma. Em seguida, os sujeitos foram apresentados aos 21 pares das 7 poltronas de automóveis. Para cada poltrona eles ajustaram o encosto a seu modo, fingiram dirigir e fizeram sua opção do assento preferido. Três questionários foram preenchidos em cada teste, em dias diferentes, com: avaliação da almofada do assento, do encosto e do apoio lombar; avaliação da densidade e do suporte oferecido pelo assento; quadro de Corlett/Bishop [7] adaptado para avaliação de desconforto nas partes do corpo (Fig. 5).

A cada 30 minutos de intervalo os sujeitos preenchiam um quadro simplificado de quatro partes do corpo, avaliando desconforto. Cada sujeito teve sua postura ao dirigir medida após 60 minutos, usando-se

marcações anatômicas e um goniômetro, comparando essas medidas com os ângulos posturais descritos no quadro 1.

No final da sessão experimental os sujeitos se posicionaram na postura de dirigir, com um sensor sob a pelve medindo a pressão entre as interfaces – o *Talley Pressure Monitor (TPM) M K III* (descrito em detalhes em outro artigo por Gyi *et al.* [6]).

### Quadro 1 - Ângulo postural / Definição

- Inclinação do pescoço [região cervical]: ângulo entre a vertical e uma linha vinda da 7ª vértebra cervical até o canal auditivo.
- Ângulo entre tronco e coxas: ângulo entre a linha que vem do acrômio do ombro [articulação escápulo-umeral] até o grande trocanter do fêmur e a linha que vem do côndilo lateral do joelho até o grande trocanter.
- Flexão de braço: ângulo da vertical com a linha entre o acrômio do ombro e o epicôndilo lateral do cotovelo [articulação do cúbito].
- Ângulo do cotovelo: ângulo entre a linha do acrômio ao epicôndilo lateral e a linha da estilóide ulnar do pulso ao epicôndilo lateral.
- Ângulo do joelho: ângulo entre a linha que vai do grande trocanter ao côndilo lateral e a linha que vai do maléolo externo do tornozelo ao côndilo lateral.
- Ângulo do tornozelo: ângulo entre a linha que vai do côndilo lateral ao maléolo externo e a linha paralela com pé.

Fonte: [6]

Por interfaces entenda-se a poltrona do automóvel e o corpo do sujeito.

## Resultados e discussão

Os mapas 1 e 2, da figura 6, ilustram forte diferença de distribuição das pressões: em (1) há uma pressão média sob as tuberosidades isquiáticas (TI) de 106,7 mmHg ( $DP = 40,9$ ) e sob coxas de 23,4 mmHg ( $DP = 14,8$ ); em (2) a pressão média sob as TI marcou 36,6 mmHg ( $DP = 10,35$ ) e sob coxa 32,4 mmHg ( $DP = 1,58$ ).

TI Coxas

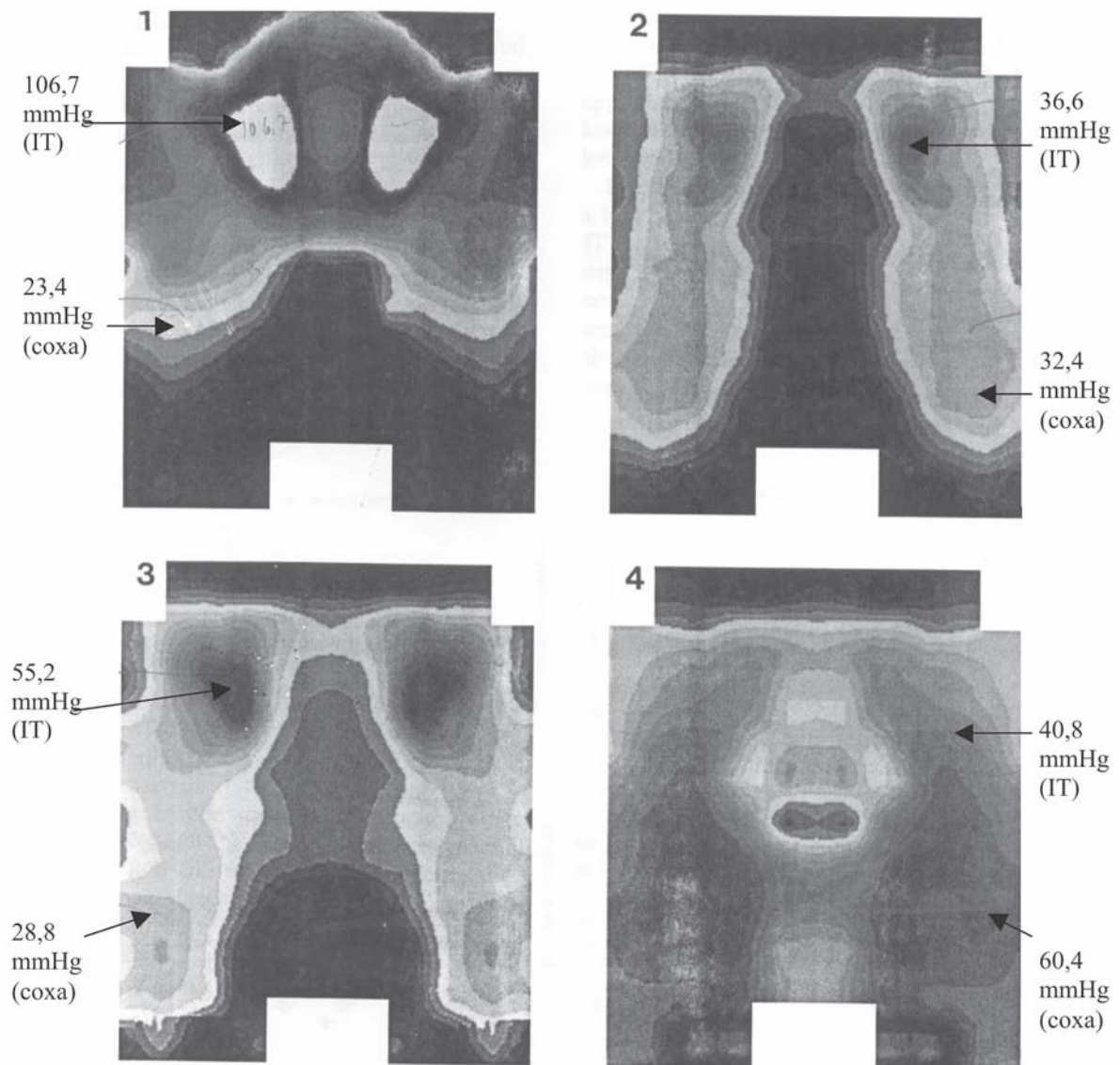
(1) .....106,7.....23,4.....diferença entre as densidades

(2) ..... 36,6 .....32,4.....diferença entre o espaço para os membros inferiores

A despeito das enormes diferenças nas medidas apresentadas, os dois motoristas registraram o mesmo nível de desconforto: 120 minutos sob as tuberosidades isquiáticas (TI) e 90 minutos sob as coxas, durante a sessão de 150 minutos. Esses dados mostram as dificuldades de julgamento nas medidas de desconforto. Não foram encontradas diferenças significativas sob as TI, coxas e



Fig. 6 - Fotos 1, 2, 3, 4: Mapas das distribuições de pressão sobre a almofada.



região lombar baixa entre as duas condições, nem nas amostras de gêneros, apesar das diferenças de densidade da espuma das poltronas.

No experimento 2, (poltronas de automóvel com ajuste limitado e ilimitado) o desconforto relatado, de uma maneira geral, foi maior que no experimento 1 (diferentes densidades de espuma), especialmente na amostra de homens altos (gráfico 1a). Assim como no experimento 1, houve uma pequena diferença na frequência de desconforto relatado pelas mulheres baixas entre os dois espaços (gráfico 1b). Os homens altos, no entanto, foram submetidos a um constrangimento postural maior, imposto pelo espaço limitado e, em conseqüência, se queixaram de um desconforto maior nos diferentes períodos de tempo e em um número maior de áreas do corpo – significativos ou próximos, no pescoço, tórax, lombar alta e baixa,

nádegas, braços, pés, tornozelos, joelho esquerdo.

Pode-se ver que houve uma grande e significativa diferença ( $p < 0,05$ ) nas medidas de pressão sob as TI para os homens altos em relação aos dois espaços: 75,7 mmHg com o espaço limitado, 53,7 mmHg com o espaço plenamente ajustável (gráfico 2c). Correlações significativas e consistentes foram encontradas na amostra de homens altos entre o desconforto sob as nádegas e as variáveis de pressão para os dois espaços, menos evidente para as mulheres baixas. Na análise de regressão múltipla, da mesma maneira, no caso dos homens altos em espaço limitado, a variável “desconforto sob as nádegas após 135 minutos” foi selecionada junto com a “estatura sentada” (*sitting height*) e a “amplitude para quadril”, como uma previsão significativa da medida de pressão sob as TI, justificando os 99% da variação.

Gráfico 1 - Medidas de desconforto e pressões para homens e mulheres em seu banco preferido

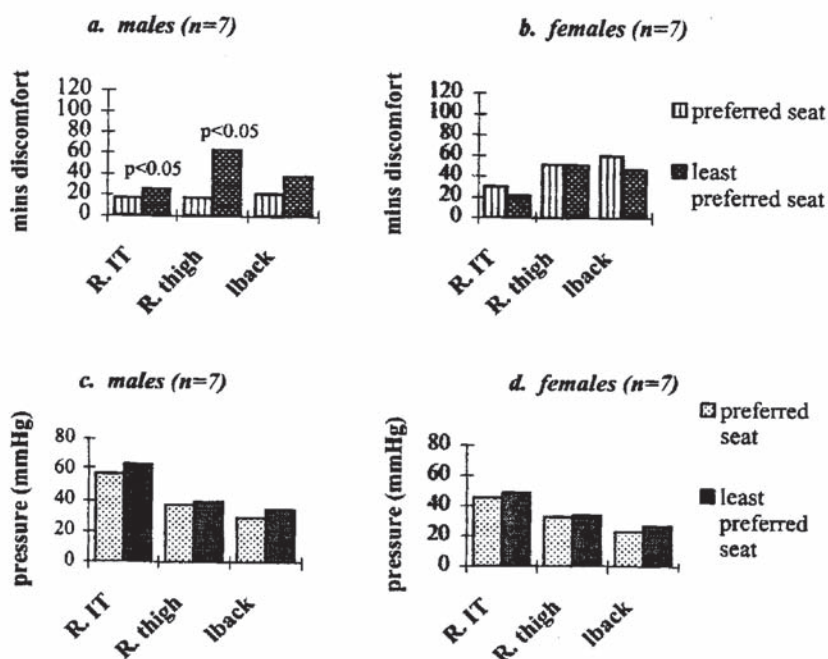
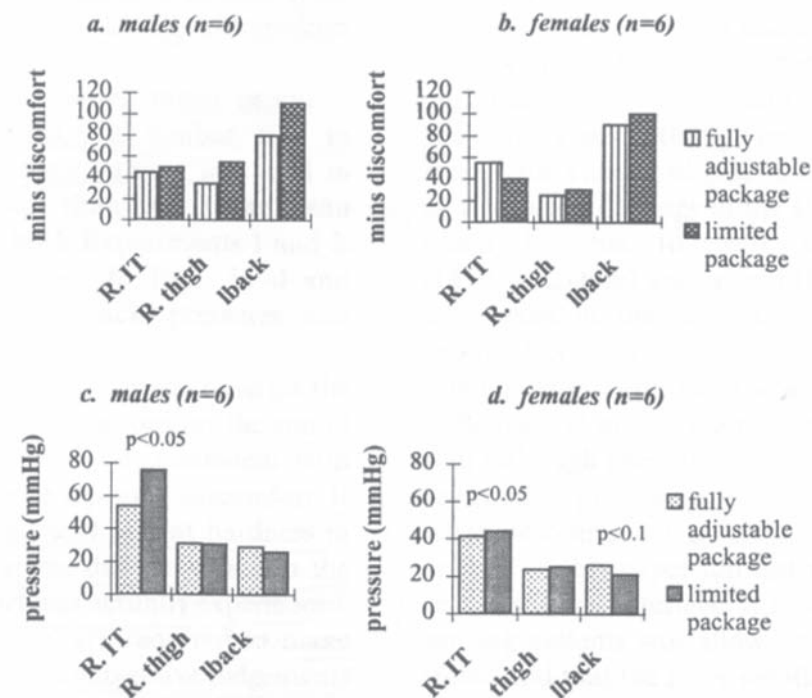


Gráfico 2 - Tempo de desconforto e valores de pressão para homens e mulheres em espaço ajustável e em espaço limitado do experimento 2.



Apesar da pressão sob as TI para as mulheres baixas em espaço limitado ser significativamente maior que aquela com ajuste ilimitado (gráfico 2d), elas não refletiram um desconforto significativo sob as nádegas, diferente da amostra dos homens altos. A pressão sob as TI sentida pelos homens altos no espaço limitado foi consequência do espaço

limitado para as pernas, obrigando os joelhos a uma posição mais fletida. As pressões sob as coxas foram similares nos dois espaços para homens e mulheres, sem diferenças significativas de desconforto. O desconforto relatado na região lombar baixa para homens e mulheres em geral foi alto, mas não mostra correlações entre o desconforto lombar e as pressões sob a região.

### Discussão dos autores sobre os dois experimentos

As pesquisas de Yang *et al.* [apud 6] estão de acordo com os dois experimentos presentes - os homens altos geralmente apresentam maiores valores de pressão do que as mulheres baixas, principalmente sob as TI e sob as coxas. As variáveis “sexo” e “amplitude da articulação do quadril” também foram selecionadas pela análise de regressão múltipla como as melhores previsões para as medidas de pressões sob as TI no experimento 1.

Zacharkow [apud 6] sugere que os homens podem sofrer maiores pressões por terem menos tecido adiposo subcutâneo nas nádegas e coxas; uma constituição de tronco mais pesada incidindo sobre a pelve; e os ossos ílios e os acetábulos mais próximos, favorecendo o esmagamento dos tecidos moles. Isto poderia ser a explicação da sensibilidade maior dos homens em relação ao assento mais duro e à postura constrangida.

O índice recíproco ponderado IRP (*reciprocal ponder index* – RPI8) foi usado como medida de constituição física. Esse índice é calculado ao se dividir a altura do corpo do sujeito em centímetros pela raiz quadrada do seu peso em quilogramas.

$$IRP = \frac{h(cm)}{\sqrt{(kg)}}$$

Um valor mais alto indica um corpo estreito e magro; o valor mais baixo mostra um corpo largo. Garber e Krouskop [apud 6] acharam dados em pesquisa de pressões que confirmam maiores pressões sob as TI nos sujeitos

magros. A amostra de homens altos do experimento 2 teve as medidas de pressão mais altas sob as TI. Esses homens altos são também mais magros que os outros grupos de amostras. Sua medida de IRP, por exemplo, foi de 47,4 (DP = 5,5), enquanto o IRP das mulheres baixas foi de 41,5 (DP = 1,3), sendo 42,4 (DP = 1,6) para um grupo variado de

homens no experimento 1 e 39,9 ( $DP = 2,2$ ) para as mulheres baixas no experimento 1. Nos dois experimentos foram achadas correlações significativas positivas entre a altura e o peso nos valores de pressão.

## Conclusões

A constituição física parece ter uma influência significativa nos valores de pressão sob as TI e coxas, pois os sujeitos magros (IRP alto) registraram pressões maiores sob as TI e os sujeitos gordos registraram maiores pressões sob as coxas.

As relações consistentes e significativas entre os valores de pressão sob as TI e as variáveis de desconforto nesse local só ocorreram na amostra dos homens muito altos (95 percentil ou acima na estatura), nas situações de espaço limitado do experimento 2. Esses homens estariam fora das dimensões antropométricas usadas por muitos designers da indústria automobilística. Eles podem sofrer maior desconforto com mais frequência que outros usuários de automóveis, devido ao constrangimento postural imposto pelas limitações de espaço de muitos carros. Como os valores de pressão só podem ser usados na previsão de desconforto sob as TI nessa amostra “extrema”, chega-se a uma reserva forte em relação às medidas de pressão de interfaces como técnicas de previsão para desconforto na indústria automobilística.

## Recomendações

Em relação aos dados colhidos nesta revisão bibliográfica, pode-se chegar a algumas recomendações para o conforto nas poltronas de aviões, na pesquisa de mestrado em andamento na PUC-Rio, Departamento de Artes Design: “Constrangimentos posturais na região sacro-lombar na postura sentada em viagens aéreas longas” [8].

O problema apontado na pesquisa é que a imobilidade na postura sentada reclinada nas viagens longas leva o passageiro da classe econômica a uma acomodação, na busca de alívio da pressão sob as tuberosidades isquiáticas e na tentativa de alívio dos constrangimentos posturais músculo-esqueléticos, escorregando a pelve para frente ou rodando a pelve. Ao perder o apoio oferecido pelo encosto, a região lombo-sacra e os ílios sofrem uma deformação. Esta deformação, juntamente com a imobilidade prolongada, agrava patologias locais provocando dores e desconforto nos usuários. O objetivo da pesquisa é melhorar o conforto dos passageiros de viagens aéreas longas, com desdobramentos para outras cadeiras de descanso como em cinemas, ônibus e poltronas domésticas.

a) No primeiro artigo analisado, Sember III se refere aos constrangimentos físicos na coluna lombar baixa, onde o ângulo lombossacral fisiológico médio de 30° da postura de pé diminui para 24° na posição sentada ereta, causando deformações no sistema entre as vértebras. Transportando-

se essa situação para a poltrona de aviões, na postura sentada reclinada, pode-se deduzir que é imperioso conservar a posição de conforto para os discos e facetas, com o equilíbrio da posição fisiológica, onde o apoio lombar do encosto deveria favorecer o ângulo de 30° do ângulo lombo-sacro.

b) As recomendações da pesquisa devem levar em conta o constrangimento físico extremo a que se refere o segundo artigo, quando os homens altos são submetidos ao pequeno espaço entre as poltronas de avião da classe econômica. O espaço limitado para os membros inferiores permite apenas pequenos movimentos de ajuste para mudança de apoios na busca de alívio das pressões sob as TI. Já a manutenção por um longo período de uma flexão de joelhos exagerada leva à inversão da lordose lombar, causada pela limitação de espaço para os membros inferiores.

c) Em relação ao apoio sobre as tuberosidades isquiáticas e o cóccix, é preciso preservar a forma côncava da região sacro-lombar ao favorecer a mobilidade da pelve. Ao se movimentar para os lados, deslizar para frente, torcer a pelve, colocar os pés no encosto da poltrona da frente, o passageiro precisa ter um apoio lombar que alcance sua região lombar baixa. Ao deslocar a pelve e a coluna lombo-sacra do apoio oferecido pelo encosto, fugindo da necrose dos tecidos descrita no primeiro artigo, o passageiro pode provocar uma deformação na lordose fisiológica da coluna lombo-sacra e nas articulações do sacro com os ílios, provocando dores e desconforto, como se prevê na hipótese da pesquisa.

## Referências

1. Roebuck JA Jr. Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body. *Airplane Cockpits*, p.116-119; *Aircraft passenger accommodations*, p.119-120; *Automotive vehicle interiors*, p. 122-135. Santa Monica: Human Factors and Ergonomic Society; 1995.
2. Bendix T. Low back pain and seating. In: Lueder R, Noro K. *The Ergonomics of Seating*. London: Taylor & Francis; 1994. p.147-155.
3. Sember III JA. The biomechanical relationship of seat design to the human anatomy In: Lueder R, Noro K. *The Ergonomics of Seating*. London: Taylor & Francis; 1994. p. 221-229.
4. Moraes A, Pequini SM. *Ergodesign para trabalho com terminais informatizados*. Rio de Janeiro: 2AB; 2000.
5. Hamill J, Knutzen K. *Bases biomecânicas do movimento humano*. São Paulo: Manole; 1999.
6. Gyi DE, Porter MJ. Interface pressure and the prediction of car seat discomfort. *Appl Ergon* 1999;30:99-107.
7. Corlett N. The Evaluation of Posture and its effects. In: Wilson JR, Corlett N. *Evaluation of Human Work – a practical ergonomics methodology*. Londres: Taylor & Francis; 1995.
8. Huet M. Apoio ergonômico para a região sacro-ílio-lombar na posição sentada em viagens de longa distância. *Fisioterapia Brasil* 2002;3(4). ■