

8 APLICAÇÃO DA ANTROPOMETRIA NO DESIGN DE PRODUTOS

As medidas do corpo humano têm despertado interesse desde a existência da humanidade. Em vários períodos da nossa história, podem-se constatar estudiosos que utilizaram as medidas do corpo humano como referência para suas obras, como a antiga Grécia que teve as medidas do ser humano como referência para construção das mais perfeitas obras que a humanidade já teve conhecimento. Leonardo da Vinci, na Renascença, criou seu desenho da figura humana, baseado nos trabalhos do arquiteto e teórico romano Vitruvius que, por volta do ano 15 d.C., escreveu um tratado sobre seus estudos de proporção humana. Ao matemático belga, Quetlet, são creditadas a criação e a divulgação do termo “antropometria” a partir de seu trabalho intitulado *Antropometrie*, de 1870. No entanto, que se tenha notícias, a antropometria só passa a ser utilizada como referência para o projeto de produtos a partir do século XIX. Os dados antropométricos definem as medições de tamanho, peso e proporção do corpo humano aplicáveis a um correto dimensionamento de projeto de produtos, equipamentos e postos de trabalho.

Moraes (1983) conta que, no fim do século XIX e início do século XX, em face do interesse por estudos detalhados do ser humano vivo e do esqueleto de fósseis, a antropometria passou a desempenhar um importante papel, destacando-se Martin, em 1917, e Hrdlička em 1939.

No início do século XX, continua Moraes, a antropometria, um importante método da antropologia física, experimentou extensivo e rápido crescimento da literatura. O termo antropometria deriva do grego *antropos*, significando “humano”, e *metrikos*, que significa “medida de”. Segundo a autora, a standardização das medidas do crânio foi resultado do Congresso Internacional de Antropólogos, realizado em Mônaco, em 1906, pois, até então, cada investigador usava técnicas de medição e nomenclaturas diferentes. Como consequência disso, as comparações entre os resultados eram difíceis.

As 38 medidas do crânio e 19 da cabeça e face do vivente tornaram-se padrões seguidos por antropólogos de todo o mundo. Uma segunda standardização das medidas do vivente, excluindo-se a cabeça, aplicava-se principalmente ao esqueleto, e foi resultado do 'Congresso Internacional de 1912', em Genebra. Em 1913, Martin publicou a primeira edição de seu famoso "Lehrbuch der Anthropologie", que permaneceu como obra básica por várias décadas e que, de fato, unificou largamente as técnicas de medida (MORAES, 1983:68).

Para Boueri (1991:2.1), a antropometria é a aplicação dos métodos científicos de medidas físicas nos seres humanos, buscando determinar as diferenças entre indivíduos e grupos sociais, com a finalidade de se obter informações utilizadas nos projetos de arquitetura, urbanismo, desenho industrial, comunicação visual e de engenharia, e, de um modo geral, para melhor adequar esses produtos a seus usuários.

Como se sabe, todas as populações são compostas de indivíduos de diferentes tipos físicos que apresentam diferenças nas proporções de cada segmento do corpo. Com as viagens de Marco Polo (1273-1295), segundo Guimarães (2000:1-1), foi revelada a existência de um grande número de raças que diferiam, inclusive, em termos de dimensões do corpo.

Como citado anteriormente, a preocupação com a antropometria teve impulso a partir da década de 40 do século XX, pelas exigências da produção em massa, quando superdimensionamentos de poucos centímetros passaram a significar aumento considerável nos custos de produção de centenas de milhares de um mesmo produto. Não se pode deixar de mencionar que em um projeto aeroespacial cada centímetro ou quilograma pode comprometer o desempenho da nave, e um controle fora do raio de ação de um operador de um sistema complexo pode representar a resposta tardia com resultados catastróficos.

Até a década de 50, havia uma preocupação em estabelecer padrões nacionais antropométricos. Mas, a partir de então, a economia começou a se internacionalizar com a expansão da produção em massa, culminando na

globalização atual da economia. Hoje, é possível atender os padrões de qualquer mercado, já que é possível acessar tabelas de muitas populações que habitam este planeta. Algumas estão tabuladas em mídia eletrônica, outras em papel, mas o que importa é a confiabilidade dos dados de uma determinada população (GUIMARÃES et al., 2000:1-1).

No Brasil, de acordo com Guimarães et al. (2000:1-2), “[...] ainda não existem medidas normalizadas da população. Entre as pesquisas parciais realizadas no país, destaca-se a da população ocupada na indústria de transformação do Rio de Janeiro realizada pelo Instituto Nacional de Tecnologia – INT (1986), o então Secretário de Ciência e Tecnologia do Ministério do Exército – General Haroldo Erichsen da Fonseca – e o então Presidente do Instituto Nacional de Tecnologia do Ministério da Ciência e Tecnologia - Paulo Roberto Krahe assinaram, a 7 de agosto de 1986, um convênio para a realização de uma pesquisa nacional sobre os dados antropométricos da população brasileira”.

A autora conta que, inicialmente, a pesquisa pretendeu levantar dados da população brasileira, mas a falta de verba obrigou a restringir a população. Optou-se, então, por focar a população ocupada na indústria de transformação, por ser este segmento industrial constituído de setores importantes para a economia nacional, empregando um número expressivo de pessoas e postos de trabalho diferenciados. Ela ressalta que:

[...] a vantagem desta pesquisa é a equivalência metodológica com outras pesquisas estrangeiras de referência, o tamanho expressivo da amostra (3.100 operários sorteados em 26 empresas também sorteadas) e a seleção das 42 variáveis antropométricas e 3 variáveis biomecânicas para projetos de produto e postos de trabalho, além de 26 variáveis para confecção de vestuário. A desvantagem é que a pesquisa é representativa de parte da população masculina – apenas operários, de baixa renda, de baixo nível de escolaridade e adultos jovens – e não representa a diversidade socio-econômica e cultural brasileira. Alguns anos mais tarde, o mesmo Instituto realizou dois levantamentos, menores, com um número reduzido de variáveis incorporando medidas da população feminina.

Cabe observar, no entanto, que, ao contrário da primeira, a pesquisa com a população feminina não teve a amostra controlada.

Com o passar dos anos, a necessidade por medidas mais exatas do ser humano foi crescendo. Hoje, estas medidas são imprescindíveis para o dimensionamento de produtos eficientes. Em todo o mundo vem crescendo a Antropometria aplicada à Ergonomia.

Segundo Moraes (1983:68-69), os objetivos e atitudes dos primeiros pesquisadores eram um tanto diversos daqueles dos antropometristas ligados à Ergonomia. Conseqüentemente, seus métodos eram diferentes.

No entanto, muitos de seus resultados ainda são úteis ao projetista, e seus métodos podem ser adaptados aos problemas presentes. Algumas de suas descobertas são ainda os únicos dados disponíveis; assim, o conhecimento de seus métodos é vital para o entendimento de alguns dados. Muitos trabalhos aplicados usam técnicas que vieram dos antropólogos físicos, mas ocorreram muitas mudanças no enfoque, no tipo de dados coletados, nos instrumentos especiais para medição que surgiram de necessidades práticas. Em particular, a necessidade de estabelecer relações espaciais em coordenadas tri-dimensionais, envolvendo profundidades e alcances, desenvolveu-se como característica da aplicação da Antropometria ligada à Ergonomia. O ergônomo deve conhecer não só o comprimento e a largura das partes do corpo, mas também onde elas se localizam quando da atividade humana. Tal fato determinou não só a necessidade de outros métodos que não os de medição com os antropômetros tradicionais, como também a proposição de novas variáveis como largura bi-deltóide, largura cotovelo a cotovelo em abdução, profundidade nádega Joelho etc.

8.1 A Antropometria aplicada à Ergonomia

Moraes (1983:69) define os objetivos da antropometria, a partir da definição de Hrdlička:

1. Obter dados sobre as medidas do corpo que descrevam com confiabilidade as características, capacidades de alcance, superfície de trabalho para uso normal e máximo, ângulos de conforto, distribuição de peso, volume etc., para grupos, raças ou descendência estudada.
2. Publicar os dados de forma que possam ser usados com facilidade e segurança para comparações e deduções ergonômicas.

Para o desenvolvimento de projetos de produtos ergonômicos faz-se necessária a aplicação correta das dimensões humanas. Hoje a evolução das formas de análise de dados estatísticos aperfeiçoa as informações levantadas em uma pesquisa de dados antropométricos. Moraes (1983:70) também ressalta que:

[...] mais importante, ainda, foi a inovação de métodos computadorizados para a manipulação de modelos matemáticos dos processos biomecânicos. Os conceitos e amplitude dos dados disponíveis atualmente colocaram uma grande variedade de modelos matemáticos do homem dentro do âmbito da exequibilidade, e pesquisadores já começaram a desenvolver tais modelos. Com estes objetivos identificaram áreas específicas de conhecimento que são fracas e deficientes em dados diretamente úteis ao desenvolvimento de tais modelos conceituais. Há um interesse crescente e uma nova ênfase nas descrições tridimensionais do corpo e na pesquisa de medições de articulações funcionais do corpo.

A autora lembra que um bom início é tentar estandardizar a nomenclatura das variáveis antropométricas, denominando e localizando corretamente os pontos a serem medidos.

8.1.1 Fatores que influenciam as diferenças antropométricas

De acordo com Moraes (1983:86), os fatores que influenciam as diferenças antropométricas podem ser divididos em fatores intrínsecos e extrínsecos. Boueri (1991:4.3) define estes dois tipos; observando que os intrínsecos são fatores próprios da pessoa, tais como alinhamento postural e mobilidade das

juntas, e dá como exemplo a gravidez, que altera a linha do corpo ou, ainda, o fato de que, do nascimento até os 25 anos de idade, aumentamos de estatura 70% e, depois, decrescemos até 7,5 cm. Os fatores extrínsecos são conceituados por ele como fatores externos, como clima e vestuário, e cita como exemplo o fato de que a roupa altera as dimensões do corpo e as suas condições dinâmicas.

Quaresma (2001:44) subdivide os fatores intrínsecos em sexo, idade, etnia e raça, tipo de atividade, nível socioeconômico e a tendência secular ou gerações da população e divide os fatores extrínsecos em vestuário e equipamentos, postura e horário. Ela enfatiza que, para a correta seleção da população usuária, devem ser levados em consideração todos estes fatores.

a – Sexo

O sexo também influencia nas medidas do ser humano. Pheasant (apud QUARESMA, 2001:44) diz que “[...] em média as mulheres são 7% menores que os homens e em média as mulheres têm 65% da força do homem”. Moraes (1983:86), por sua vez observa que o homem, em geral, tem ombros e tórax mais largos. Os braços e pernas, mãos e pés são maiores que na mulher. Esta, por sua vez, tem a pelvis mais larga e inclinada para frente (Figuras 8.1 a 8.4); as saliências do crânio masculino são mais angulosas do que as do crânio feminino, a não ser pelas proeminências temporais, mais aparentes na mulher de que no homem; no corpo masculino, predomina o tecido muscular sobre o adiposo, enquanto no corpo feminino acontece o inverso. Isto se verifica em todas as idades, desde o nascimento. Geralmente, o homem apresenta uma proporção de 6:3 de músculo em relação à gordura; a mulher, uma proporção de 5:4.



Figura 8.1 – Pelve feminina, vista anterior.
Fonte: Overejo (1985).

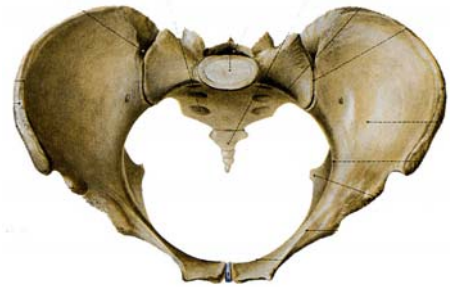


Figura 8.2 – Pelve feminina, vista ântero-posterior. Fonte: Overejo (1985).



Figura 8.3 – Pelve masculina, vista anterior.
Fonte: Overejo (1985).



Figura 8.4 – Pelve masculina, vista ântero-posterior. Fonte: Overejo (1985).

Por fim, Pheasant (apud QUARESMA, 2001:45) enumera as principais comparações entre homens e mulheres:

- Em geral, homens excedem em relação às mulheres, em todas as dimensões corporais lineares, a não ser nos quadris. O quadril da mulher é maior do que o do homem devido à estrutura óssea e ao acúmulo de gordura na região;
- Diferença de estatura em relação à etnia do homem e da mulher;
- Tanto os membros superiores quanto os inferiores são maiores nos homens do que nas mulheres;
- A única dimensão dos membros que é proporcionalmente maior na mulher é o comprimento nádega Joelho, devido à diferença da forma das nádegas da mulher e do homem;
- Não há diferença entre homens e mulheres nos valores proporcionais tanto para o comprimento da cabeça quanto para a profundidade da cabeça;
- A gordura abdominal normalmente se acumula acima do umbigo em homens e abaixo do umbigo em mulheres.

Moraes ressalta sobre a necessidade de considerar os valores antropométricos de ambos os sexos para projetar produtos que terão como usuários homens e mulheres. Diffrient et al. (1974:6) mostra as diferenças entre homens e mulheres, como espelha a Figura 8.5 na qual aparecem os percentis extremos, o 2,5 da mulher e o 97,5 do homem (o tema sobre percentis será abordado mais adiante).

b – Idade

De acordo com Pheasant (apud QUARESMA, 2001:48), o ser humano quando nasce, pesa em média, 3,3 kg, tem 50 cm de comprimento e o tronco representa 70% do corpo. A partir do nascimento até a idade adulta, o comprimento do corpo pode aumentar de 3 a 4 vezes o tamanho, o peso aumenta em, mais ou menos, 20 vezes, e as proporções lineares do corpo mudam até que, na estatura adulta, o comprimento passa a representar 52% da estatura.

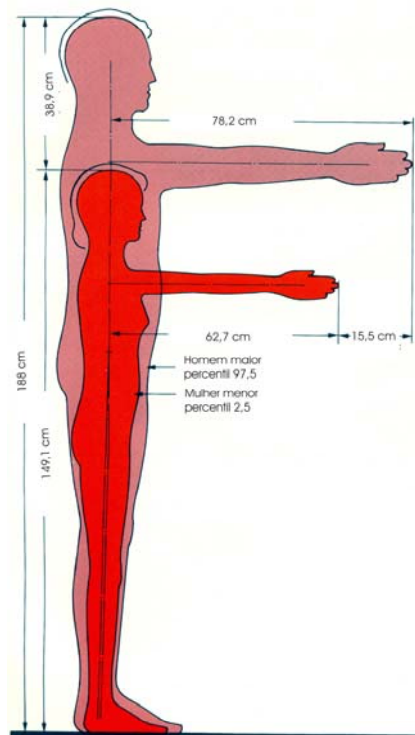


Figura 8.5 – Diferenças corporais entre o maior homem (97,5º percentil) e a menor mulher (2,5º percentil)
Fonte: Diffrient et al. (1978, v.1/2/3:5).

Quaresma (2001:48) ressalta outro dado: quanto ao crescimento, o corpo de um indivíduo do sexo masculino é diferente do de um indivíduo feminino e, portanto, para um projeto para crianças, o uso de dados antropométricos é muito complicado. O designer, continua Quaresma, ao projetar um produto para crianças, deve avaliar muito bem como foi feito o levantamento escolhido e deve considerar, principalmente, as idades das crianças medidas. Quaresma sugere como solução que se use um âmbito de idades definido como extremos, ou seja, ao se projetar um mobiliário para crianças de 4 a 10 anos, deve-se usar como percentil maior a criança de 10 anos e com percentil menor a criança de 4 anos.

Pheasant (apud QUARESMA, 2001:50) lembra que, como acontece com as crianças e os adolescentes, o corpo de um indivíduo mais velho sofre várias modificações, como, por exemplo, a partir dos 40 anos de idade as pessoas começam a diminuir de estatura.

Segundo Moraes (1983:106), existem várias mudanças que podem ocorrer com o corpo de um indivíduo, durante o processo de envelhecimento:

- Diminuição da capacidade das cartilagens em manter a elasticidade do corpo, devido a sua calcificação, que acontece conforme o avanço da idade;
- Fragilidade do esqueleto ósseo, quando cessam os processos de renovação do osso, tomando-os debilitados e quebradiços;
- Com o decréscimo degenerativo nos extremos dos ossos há, mudanças nos tecidos das juntas e os efeitos traumáticos fazem com que os movimentos se tomem mais difíceis;
- Diminuição da eficácia do processo respiratório e bombeamento do coração;
- Calcificação ou atrofia dos discos intervertebrais causando diminuição da estatura;
- Debilitação dos músculos e distorção das articulações, fazendo com que o indivíduo apresente uma postura curvada;

- Mudança do posicionamento do eixo de gravidade devido às posturas típicas da velhice.

Quaresma (2001:51) sugere, como solução para a aplicação de dados antropométricos a um projeto para idosos, que o designer deve buscar dados específicos da população de idosos. No caso de não haver dados, recomenda-se o uso de dados de uma população adulta, contanto que, ao invés de selecionar os percentis extremos 5 e 95, selecionem-se como extremos os percentis 5 e 50, já que, como foi visto, existe uma tendência na diminuição da estatura e dos extremos dos ossos, o que, junto com a menor elasticidade, afeta o envoltório acional.

c – Etnia e raça

De acordo com Diffrient et al. (1974:5), existem diferenças raciais entre a proporção dos membros inferiores e o tronco: no caso dos americanos e na maioria dos europeus, o comprimento da perna é 48% da estatura. Entretanto, para coreanos e japoneses, o comprimento da perna é 46% da estatura. Comparando com os brancos, os negros americanos têm pernas mais longas em relação ao seu tronco. A Figura 8.6 mostra as diferenças proporcionais entre raças. Estudos estatísticos de algumas variáveis permite comprovar que, conforme bastante discutido em antropometria, as diferenças mais importantes entre diferentes grupos populacionais não são os tamanhos dos membros em si, mas a proporção entre as diferentes partes do corpo.

As variações do corpo ocorreram para adaptação climática. Os povos de clima quente tendem a ter tronco fino e membros superiores e inferiores mais longo facilitando a troca de calor com o ambiente. Por outro lado, os povos que habitam climas mais frios têm tronco volumoso e arredondado e membros inferiores e superiores mais curtos para facilitar a conservação de calor (ROBERTS apud GUIMARÃES, 2000:1-3).

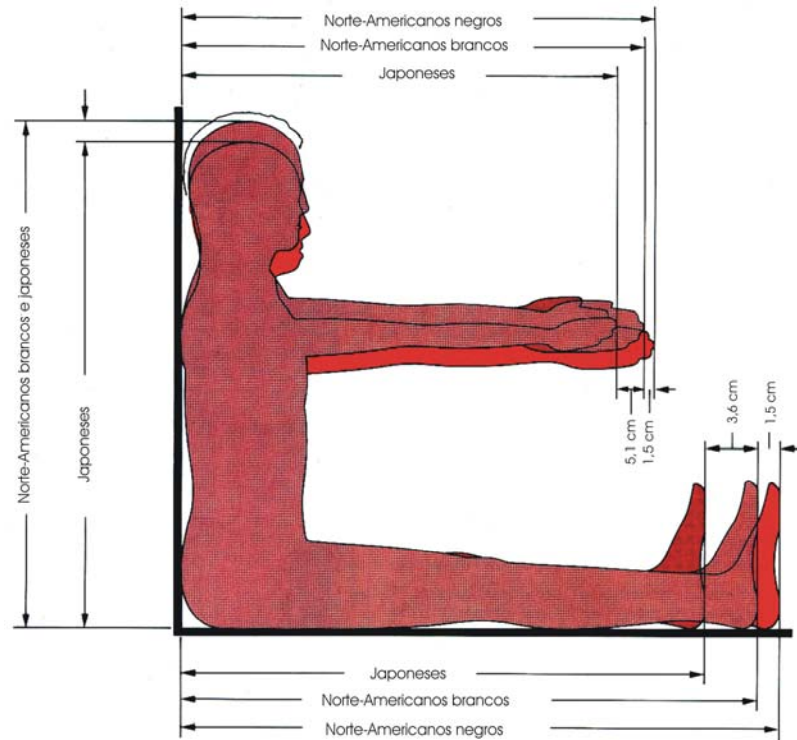


Figura 8.6 – Diferenças proporcionais entre raças
Fonte: Diffrient et al. (1978, v.1/2/3:5).

Chapanis, Panero e Zelnik, Pheasant (apud GUIMARÃES, 2000:1-3) comprovaram, em suas pesquisas que as populações mais jovens, mais ricas e mais instruídas têm dimensões maiores. As medidas antropométricas podem se alterar com a época, não só pelos hábitos alimentares, mais também pela atenção com a saúde e a prática de atividade física, ou seja, com a melhoria da qualidade de vida.

Quaresma (2001:56) conclui que é muito difícil projetar algum produto que seja compatível a todas as populações do mundo. Os produtos devem, portanto, ser projetados apenas para uma população ou para populações semelhantes, isto significa que antes de se definir a população usuária do produto, devem ser identificadas as características da população (etnia e raça).

Outro fator, ao se considerar o que diz respeito à antropometria, são as atividades que os indivíduos executam. De acordo com Moraes (1983:145), na mesma população nacional, existem diferenças de medidas. Ela exemplifica comparando motorista de caminhão com bibliotecários, professores e artistas, pois o motorista é, em geral, mais forte e musculoso que os outros citados.

Moraes lembra também que o tipo físico de um homem influenciará, mesmo inconscientemente, sua escolha entre ser atleta ou artista. Entretanto, o desempenho de uma mesma atividade durante vários anos ressaltará estas variações. “Mesmo entre atletas olímpicos, ocorrem diferenças – as dimensões e proporções corporais de um arremessador de peso são umas, as de um corredor de distâncias, outras” (MORAES, 1983:146).

e – Nível socioeconômico

De acordo com Moraes (1983:136), os fatores socioeconômicos também influenciam significativamente as dimensões corporais. Além das diferenças entre sexos, o estudo do INT, segundo a mesma autora, também apresentou diferenças morfológicas significativas em relação a fatores socioeconômicos, observando-se que:

- a estatura média das pessoas nascidas na região I (Rio de Janeiro) é 4 cm maior que a das nascidas na região V (Nordeste);
- à medida que cresce a faixa salarial, o peso aumenta, independentemente da raça. No entanto, a variação entre grupos é mais acentuada entre os negros (10,4 kg) que entre mestiços (9,8 kg) e brancos (9,4 kg);
- à medida que aumenta o nível de escolaridade, cresce a estatura, mas os negros são sempre mais altos em qualquer nível de escolaridade.

Moraes (1983:136) ressalta que uma melhor alimentação e a ausência de

doenças da infância contribuem para o crescimento do corpo.

As descobertas dos estudos antropométricos realizados na Inglaterra, com meninos na adolescência, mostram que um meio ambiente privilegiado pode produzir aumento na estatura total de 3,8 a 5,1 cm. Um meio ambiente menos favorecido pode causar uma diminuição da estatura prevista de 3,8 cm aproximadamente. Durante a infância, a diminuição ou aumento da estatura total, devido aos mesmos fatores, é de 1,3 cm aproximadamente. Tal afirmação é válida, ao menos, para populações da Europa e da América do Norte (MORAES, 1983:136).

f – Tendência secular

Estudos revelam que a população mundial tem aumentado de tamanho em relação aos seus ancestrais nos últimos 150 anos. Quaresma (2001:59) conceitua este fenômeno de tendência secular ou gerações de população.

Quaresma (2001) exemplifica este fenômeno com o crescimento da estatura média de homens norte-americanos, de geração em geração, comparando a estatura média com os anos de medição. A Figura 8.7 que a autora apresenta como exemplo é uma adaptação da NASA, *Anthropometric Source Book Vol. 1*, adaptada por Panero e Zelnik (apud QUARESMA, 2001:60).

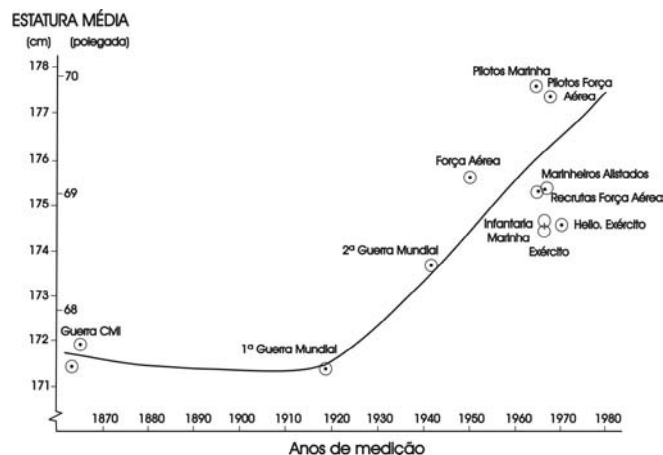


Figura 8.7 – Gráfico de Tendência secular de homens norte-americanos – compara a estatura média com os anos de medição.

Fonte: Panero e Zelnik (1983:36).

De acordo com Bridger (apud QUARESMA, 2001:59), este fenômeno tem

ocorrido tanto em adultos como em bebês em seu estado fetal. Os recém nascidos têm aumentado em comprimento de 5 a 6 cm e de 3% a 5% em peso, durante os últimos 100 anos. Além disso, o pesquisador estimou alguns outros itens em relação a este fenômeno, como:

- a chegada da puberdade que tem diminuído, em média, de 2 a 3 anos tanto em meninos como em meninas;
- a chegada da menopausa que tem aumentado em 3 anos;
- além disso, a aceleração desses fatores não acontece uniformemente. Entre 1830 e 1930, a altura média dos jovens aumentou em 0,5 cm por década, enquanto a partir de 1930 este aumento passou para cerca de 5 cm por década.

Kroemer (apud QUARESMA, 2001:59), observa que, nas últimas cinco décadas, a estatura dos adultos norte-americanos e europeus aumentou em média 1 cm por década, enquanto seu peso aumentou, também, em 2 kg por década.

Os autores relacionam esses fatores ao aperfeiçoamento da nutrição e da higiene das pessoas. Quaresma (2001:60) diz que houve uma melhoria no regime alimentar e no saneamento, nos últimos 100 a 150 anos, e principalmente nas cidades, as pessoas puderam atingir os seus potenciais genéticos. Este fenômeno pode ser mais bem observado em países que se desenvolveram industrialmente.

Dessa forma, fica constatado que os fatores ambientais influenciam diretamente na antropometria de sua população.

8.1.2 Biotipos

Segundo Lida (1990:101), todas as populações humanas são compostas de indivíduos de diferentes tipos físicos ou biotipos, pois diferenças nas proporções de cada segmento do corpo existem desde o nascimento e tendem a acentuar-se durante o crescimento, até a idade adulta. William Sheldon (apud LIDA, 1990:101) fez um minucioso estudo de uma população de 4000 estudantes de Harvard. Fotografou todos os indivíduos de frente, de perfil e de costas. A análise das fotografias, combinada com os estudos antropométricos, levou Sheldon a definir três tipos básicos (Figuras 8.8 a 8.10), cada um com certas características dominantes as quais descrevemos a seguir:

Endomorfo: tipo de forma física arredondada e macia, com grandes depósitos de gordura. O tipo mais extremo se aproxima da forma de uma pêra (estreita em cima e larga em baixo). O abdômen é cheio e extenso, e o tórax parece pequeno. Os membros são curtos e flácidos. Os ombros são cheios e, como a cabeça, de formato arredondado. Os ossos são pequenos.

Mesomorfo: tipo de forma física vigorosa, com ângulos bem marcados e músculos aparentes. Os ombros predominam, o tórax é largo e o abdômen pequeno. Os membros são largos e fortes e a cabeça cúbica. Possui pouca gordura subcutânea. Os ossos são pesados.

Ectomorfo: tipo de forma física frágil e esguia com um mínimo de gordura e definição muscular. O tronco geralmente parece curto, sendo o tórax estreito e recuado em relação ao abdômen. Os ombros são largos mais caídos, e os membros mais compridos e finos. O crânio geralmente é grande, o rosto é magro e o pescoço longo.

O autor observa que, de acordo com suas observações, as pessoas de um modo geral, possuem características de dois tipos dos tipos detectados. Na sua amostra, por exemplo, não foi observado ninguém que tivesse seu corpo com características de um só tipo.

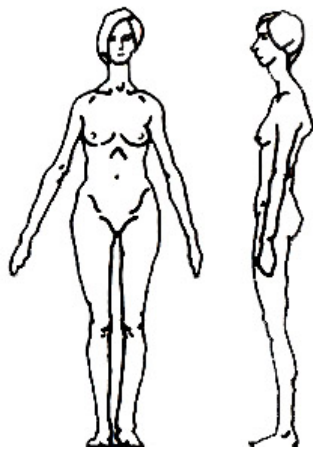


Figura 8.8 – Ectomorfo
Fonte: Iida (1990:102)



Figura 8.9 – Mesomorfo
Fonte: Iida (1990:102)

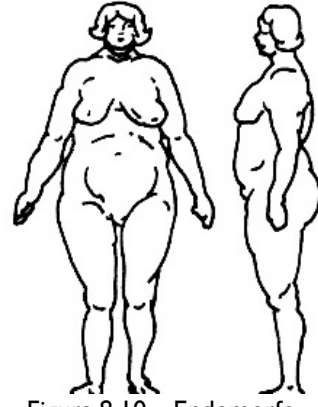


Figura 8.10 – Endomorfo
Fonte: Iida (1990:102)

8.2 Conceituação dos dados antropométricos

8.2.1 Antropometria Estática e Antropometria Dinâmica

A antropometria, como já foi visto, trata de medidas físicas do corpo humano. Estas medidas são utilizadas como referência para o dimensionamento de produtos e são tiradas com o indivíduo estático, que servem como uma primeira aproximação ou para os casos em que os movimentos corporais são pequenos. Porém os indivíduos não ficam parados o tempo todo, quase sempre estão manipulando ou operando algo, e, como referência para o dimensionamento de produtos com o indivíduo em movimento, utiliza-se também como referência a antropometria dinâmica, as quais conceituaremos a seguir:

De acordo com Moraes (1983:70), a antropometria estática compreende as dimensões físicas do corpo humano parado, pesquisa as dimensões estruturais do corpo tomadas com os sujeitos em posições fixas e estandardizadas: alturas, larguras, comprimentos e perímetros. A antropometria dinâmica, por sua vez, trabalha com medidas dinâmicas, descreve o indivíduo em movimento e envolve o estudo de medidas funcionais do corpo humano, relacionadas a ângulos de conforto, considerando braços e pernas como sistemas de alavanca.

O conceito de antropometria dinâmica se relaciona intimamente com o de

biomecânica.

Grieve e Pheasant (apud MORAES, 1983:71/72) dizem que:

[...] a biomecânica humana lida com os aspectos mecânicos do corpo. Suas aplicações à Ergonomia referem-se, principalmente, com os elos de ligação e sua musculatura com as interfaces mecânicas do homem com seu ambiente. Estes conhecimentos são necessários se se deve acomodar o homem na estação de trabalho; se os controles manuais e pediosos devem ser convenientemente operados, se as ações implicadas na tarefa devem estar dentro de seus limites de força e se a carga sobre uma região particular do corpo, causando fadiga ou mesmo prejuízos quando sob condições mais extremas, deve ser evitada. A biomecânica não tem uma fronteira muito definida e se relaciona com a anatomia, fisiologia e medicina do trabalho.

Boueri (1991:2.2), com base em Roebuck, diz que a biomecânica é a ciência interdisciplinar (compreende principalmente antropometria, mecânica, fisiologia e engenharia) da estrutura mecânica e do comportamento dos materiais biológicos. Refere-se, principalmente, às dimensões, composição e propriedade de massa dos segmentos do corpo; às articulações que interligam os segmentos do corpo, à mobilidade das articulações, às reações mecânicas no campo de força, vibração e impactos; às ações voluntárias do corpo em relação ao controle dos movimentos, na aplicação de forças, torções, energia e potência, em relação a produtos externos, controles, ferramentas e outros equipamentos.

Moraes (1983:73) propõe uma subdivisão para as duas grandes categorias: para a antropometria estática, as dimensões estruturais e dimensões funcionais padronizadas e para a antropometria dinâmica, as dimensões dinâmicas, dimensões funcionais angulares, dimensões newtonianas e envoltório de alcance.

Figuras de manequins antropométricos com exemplos de medidas estáticas e ângulos biomecânicos são apresentadas ao final deste capítulo.

8.3 Aplicação dos dados antropométricos ao dimensionamento da zona interfacial

8.3.1 Percentis

a – Conceituação

De acordo com Soares e Siqueira (2002:61), percentis são usados para entender bem uma distribuição. Para isso, é necessário que se conheçam valores acima ou abaixo dos quais se encontra uma determinada porcentagem dos dados.

Boueri (1991:2.45) define percentil como uma medida de dispersão das dimensões do corpo humano para a distribuição estatística, sendo a única maneira de determinar o padrão dimensional, sem incorrer em erro de conceitos matemáticos nas aferições de medidas.

Guimarães (2000:1-9) observa que os percentis dividem a série de valores em cem partes, cada uma correspondendo à centésima parte da distribuição. Os percentis mostram a frequência acumulada (número de casos) para os valores encontrados em cada variável antropométrica, indicando a porcentagem de indivíduos da população que possuem uma medida antropométrica de um certo tamanho ou menor que este tamanho. Normalmente, os limites antropométricos de um projeto são apresentados em termos de percentis, portanto torna-se necessário seu estudo pelos designers.

A utilização de percentis é uma forma de dividir uma distribuição normal desde o valor mínimo até o máximo, segundo uma seqüência ordenada. Os percentis extremos, sejam máximos ou mínimos, apresentam pequena probabilidade de incidência.

Guimarães (2000:1-9) explica mais detalhadamente o conceito de percentil da seguinte forma: o x^o percentil significa que $x\%$ das pessoas do levantamento antropométrico considerado tem medidas inferiores ou iguais às deste percentil, e que $100 - x\%$ das pessoas tem medidas superiores às deste

percentil. Por exemplo, o valor do 95º percentil para estatura demonstra que 95% da população têm uma medida de estatura menor ou igual ao do 95º percentil e que 5% possuem estatura com valor maior. Uma medida do 5º percentil mostra que 5% da população possui esta medida com valor menor ou igual a deste percentil e que 95% possuem esta medida com valor maior. O 50º percentil corresponde à média.

Moraes (1983:257) esclarece que, devido às significantes variações nos tamanhos do corpo de cada indivíduo, as 'médias' são de pouca utilidade. Portanto é necessário trabalhar com limites de variação. Estatisticamente, pode-se constatar que as medidas do corpo humano, de qualquer população dada, distribuem-se de tal modo que, de alguma maneira, cairão em algum lugar pelo meio da curva de distribuição, enquanto um pequeno número de medidas extremas cairá em uma das extremidades do espectro. Por isso, a maioria dos dados antropométricos é, em geral, apresentada sob a forma de percentis. A população é dividida, objetivando seu estudo, em 100 percentis, a partir do menor para o maior, em relação a algum tipo específico de dimensão corporal.

Embora o limite máximo de faixa de usuários de um produto compreenda todo o espectro, ou seja, 100% da população, para esta faixa o projeto é, em geral, técnica e economicamente inviável.

A autora conclui que, num projeto, objetiva-se, em princípio, sua adaptação às características dimensionais de, no mínimo, 90% dos usuários, ou seja, as pessoas cujas dimensões variam entre os 5º e 95º percentis. Omitem-se, portanto, os dois extremos da população, excetuando-se naturalmente, os casos dos equipamentos, que devem considerar necessariamente os indivíduos extremos; como, por exemplo, uma saída de emergência. Existem, também, produtos que são fabricados com dimensões diversas, de modo que cada combinação de dimensões atenda a uma faixa da população, como os números de calçados, os manequins de peças do vestuário etc. (MORAES, 1983:158).

Por exemplo, se 1,47 m é a estatura mínima e 2,00 m a máxima, o percentil 0

(zero) corresponde à primeira, contando a partir da medida mais baixa, uma décima parte das medidas, e assim sucessivamente. (Figura 8.11)

Boueri (1991:2.46) também, afirma que é comum e correto que se omitam pessoas que se situam nos extremos da distribuição estatística, porque são pessoas de dimensões extremas, superior ou inferior, na grande maioria.

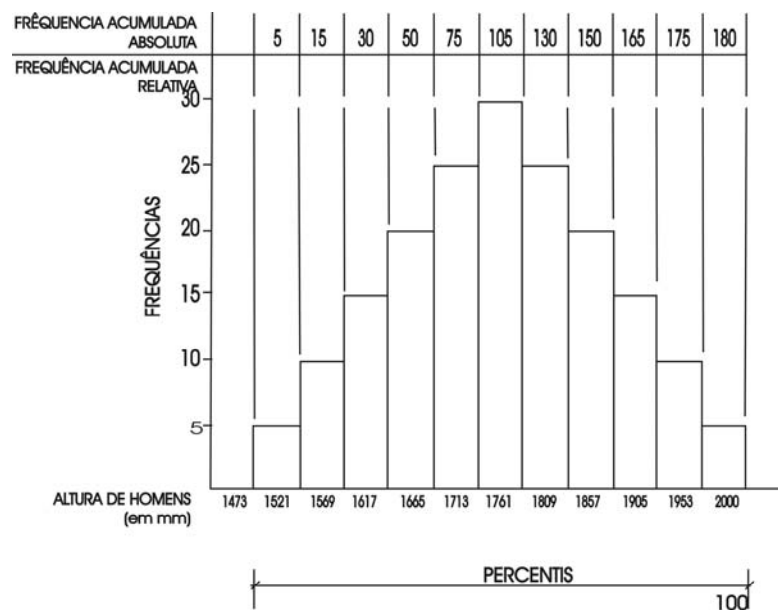


Figura 8.11 – Gráfico da distribuição de percentis.
Fonte: Croney (apud MORAES, 1983:258).

b – Cuidados a observar na utilização de percentis

Para Moraes (1983:260), os percentis são de inegável e comprovada utilidade para o projeto, mas quando incorretamente manipulados, podem conduzir a resultados enganosos.

A autora apresenta pontos importantes na utilização de percentis, de modo a evitar os erros mais comuns:

- Um percentil é um ponto de uma escala de percentagem cumulativa para uma população especificada.

A estatura que corresponde ao valor do 95º percentil de um grupo

particular (população ou amostra), pode ser maior ou menor que a estatura que corresponde ao valor do 95º percentil de outro grupo particular.

A partir dessa observação, ela coloca dois tipos de problemas:

1º - Como não dispomos de dados antropométricos significativos da população brasileira, devemos, sempre que possível, utilizar dados de populações mais assemelhadas à nossa, como por exemplo grupos de composição genética heterogênea.

2º - Ao utilizar pesquisas americanas, faz-se necessário verificar sempre a origem dos dados, de modo a evitar o uso de dados pesquisados entre pára-quedistas ou oficiais da força aérea, que, mesmo para a população americana, já constituem um segmento especial, onde se encontram os maiores valores para as variáveis antropométricas.

- Percentis antropométricos em indivíduos reais referem-se a uma, e somente uma, dimensão do corpo.

O valor do 95º percentil da altura não nos permite concluir que este indivíduo terá os valores do 95º percentil de altura do cotovelo, de altura do joelho, profundidade do tronco ou circunferência da cabeça.

É erro comum entre os que se iniciam na aplicação da antropometria ao projeto, utilizar ampliações ou reduções de manequins antropométricos existentes na literatura, cotando este a partir das estaturas máximas, médias e mínimas ou, muitas vezes, apenas a 'média brasileira', o que é ainda pior, a partir daí dimensionando os vários elementos do projeto como alturas de bancada, alcances dos controles, campo visual etc. Se desejamos trabalhar graficamente com manequins antropométricos bidimensionais, devemos construí-los no percentil máximo (95º ou 97,5º percentil) e no percentil mínimo (5º ou

2,5° percentil) com todas as medidas máximas e mínimas. E, mesmo assim com a consciência de que os seres humanos dos 5° e 95° percentis correspondem a uma abstração teórica, sendo, portanto, média, de pouca utilidade.

- Uma escala de percentil é uma escala ordinal.

A escala mostra a ordem de uma graduação numa escala, mas por si mesma esta escala não dá nenhuma informação sobre os intervalos entre os pontos da graduação. Assim, em relação a algumas dimensões quaisquer, o intervalo entre o 70° e o 75° percentis pode ser somente 0,5 cm, enquanto o intervalo entre o 95° e o 99° percentis pode ser 5 cm. Na prática, a interpolação entre cinco percentis ou menos está sujeita a erros relativamente pequenos; mas a extrapolação é em geral válida.

Vale esta observação como advertência para evitar que, ao se conhecer a diferença entre 90° e 95° percentil, use-se este valor dividido por dois para obter o do 97,5° percentil.

- Os valores de graduações de percentis conhecidos não devem ser usados para inferir valores de variáveis cujos valores não são conhecidos

A soma ou a subtração de valores de partes do corpo para inferir o valor de um segmento maior ou menor conduz a resultados equivocados.

Moraes (1983), cita como exemplo, a partir de Roebuck, que a tentativa de obter o valor do 95° percentil do comprimento do braço superior (ombro-cotovelo) a partir da diferença entre o valor do 95° percentil da altura do ombro e o valor do 95° percentil da altura do cotovelo, resulta em um erro de 2,79 cm, o que para um projeto significa muito.

O modo correto de realizar operações com percentis é apresentado no item seguinte.

c – Operação com valores de percentis

- Somando ou subtraindo dimensões do corpo

Existem formas de se chegar a dimensões desconhecidas do corpo humano através de soma ou subtração, porém deve-se ter muita cautela para executar tais operações. Moraes (1983:263) e Boueri (1991:2.52), dizem que o procedimento apropriado é primeiramente somar ou subtrair as médias da distribuição conhecida, então estimar o desvio padrão da distribuição resultante e, finalmente, calcular os percentis desejados. É um erro comum somar ou subtrair duas dimensões do 95º percentil para obter o 95º percentil de uma nova dimensão. Somente no caso do 50º percentil, as dimensões podem ser diretamente somadas ou subtraídas. Moraes (1983), exemplifica um erro proveniente das somas e subtrações equivocadas do 95º percentil:

[...]suponha-se que se deseja saber o comprimento do ombro ao cotovelo para o pessoal da Força Aérea, e somente a altura do ombro e a altura do cotovelo são conhecidas (na realidade, são conhecidas as três distribuições e serão usadas aqui para comparação com os valores estimados). O cálculo apresentado na Tabela 8.1 mostra o efeito da subtração de valores de percentis conhecidos para obter o valor de uma outra variável. Neste exemplo a média estimada tem um erro de 0,45 cm, mas o percentil 95º estimado tem um erro de 2,79 cm.

Tabela 8.1 - Erro devido ao procedimento incorreto de estimativa do percentil 95°

	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)	Percentil 95° (cm)
Altura do ombro (sentado)	59.08cm	2.89	63,75
Altura do cotovelo em repouso	23.16cm	2.64	27.43
Diferença comprimento ombro-cotovelo estimado	35.91 cm		36.42 estimada por subtração
Distâncias verdadeiras (distribuição medida)	36.37cm	1.70	39.11
Erro	0.45		2.79

Fonte: Roebuck (apud MORAES, 1983:264; BOUERI, 1991:4.52).

- Cálculo de valores de percentis quando é conhecido o valor da média

Moraes (1983:264) também expõe como os percentis podem ser obtidos aritmeticamente a partir do desvio padrão se a média é conhecida: “O desvio padrão (S.D.) é a medida de dispersão, variação ou expansão em relação a uma média. Assim, a média (ou 50° percentil de uma curva normal) ± 1 SD inclui 68,2% do grupo medido; ± 2 SD inclui 95,4% do grupo, e ± 3 SD inclui 99,7% do grupo”.

O SD pode ser obtido por aproximação através da subtração do valor correspondente ao 16° percentil em relação ao valor correspondente ao 50° percentil.

Com os fatores da Tabela 8.2, o Desvio Padrão - SD e o valor da média ou da mediana (percentil 50% quando a curva é normal), podemos computar os percentis como nos exemplos que se seguem:

Tabela 8.2 – Fatores para computar Percentis a partir do desvio padrão

Percentis	Fatores
0,5 - 99,5	2,576
1 - 99	2,326
2,5 - 97,5	1,960
5 - 95	1,645
10 - 90	1,282
15 - 85	1,036
20 - 80	0,842
25 - 75	0,674
30 - 70	0,524

Fonte: Moraes (1983:265).

Moraes apresenta alguns exemplos do referido cálculo:

1. Para obter o 95° percentil quando a média é 35,1 polegadas e o SD = 1,5 polegadas:

- a) achar o fator correspondente ao 95° percentil na tabela acima (1,645);
- b) multiplicar o SD por este valor ($1,5 \times 1,645 = 2,5$ in);
- c) adicione o resultado à média $35,1 + 2,5 = 37,6$;
- d) este é o 95° percentil.

2. Para obter o 5° percentil, procede-se como em 'a' e 'b' e subtrai-se, ao invés de somar. $35,1 - 2,5 = 32,6$ polegadas - Este é o 5° percentil.

d – A utilização das variáveis antropométricas do 'homem médio'

Verificou-se a existência de várias referências para a utilização de dados antropométricos para o desenvolvimento de projetos de produtos e arquitetônicos a partir da utilização das variáveis antropométricas do homem médio. Este fato se dá pela dificuldade que se tem para que um produto se adapte às várias dimensões de usuários e, achando esta a melhor forma de uma

adaptação ao maior número de usuários, projetistas recorrem a esta forma. Esta prática tem sido constante e isto tem causado grande transtorno, pois o fato de utilizar a média como referência tem resultado em produtos inadequados dimensionalmente, os quais, na maioria das vezes, não atendem a nem metade da população à qual se destina o produto.

Vários autores discutem a utilização dos dados antropométricos do 'homem médio' como um equívoco a exemplo de Damon et al. (1966); Moraes (1992a, 1992b, 1989, 1985, 1983); Panero e Zelnik (1979); Pheasant (1986); Roebuck (1975); Van Cott (1972), mas, mesmo assim, alguns persistem na sua utilização como referência para o dimensionamento do 'homem médio'.

Moraes (1983:267) esclarece que projetar para uma pessoa média pode conduzir a perigosos erros – 50% de qualquer grupo sofrerá prejuízos ao utilizar um produto dimensionado para o 50º percentil. Por exemplo, os menores que 50º percentil não alcançarão um controle adequado ao operador médio ou do 50º percentil. Por outro lado, se uma cadeira for feita para acomodar os quadris da mulher do 50º percentil, a outra metade que tem quadris maiores estará desacomodada.

A autora também relata que o Dr. H.T.E. Hertzberg, um dos mais famosos pesquisadores de antropologia física, diz que realmente não existe tal coisa conhecida como 'homem médio' ou 'mulher média'. Na verdade, existem homens que estão na média em relação a pesos ou estatura; mas somente 4% da população corresponde à média em relação a três dimensões; e apenas 1% da população estará na média ao considerarmos quatro dimensões. A fração torna-se insignificamente pequena à medida que se aumenta o número de dimensões incluídas.

Os fatos mostram que não existe nenhum homem que tenha dez dimensões médias, sendo assim, Moraes (1983) ressalta, usar a média como referência para o dimensionamento de produtos é fundamentalmente incorreto. Como já foi visto, o 'homem médio' não existe, portanto ninguém é médio em relação a

todas as dimensões, e poucas pessoas o são para algumas.

Uma pesquisa do mesmo Hertzberg (apud MORAES, 1983) demonstrou que, entre 4000 homens da força aérea, não existia nenhum homem que, para qualquer das dez medidas tomadas, tivesse todos os seus valores alocados nos 30% centrais médios.

Roebuck (apud MORAES, 1983:267) diz que, mesmo se se considerar uma interpretação mais ampla de 'média', de modo a incluir 15% acima e abaixo da mediana (30% centrais – 35º ao 65º percentil), não se encontrará um único homem que apresente um conjunto de dez medidas dentro desta faixa. Este fato foi documentado por Daniels (apud MORAES, 1983) em uma análise de somente dez medidas de cerca de 4.000 homens da força aérea.

Moraes (1983:272) lembra que indivíduos não são populações, para ilustrar, por exemplo, que grandes desvios de percentis entre dimensões e proporções individuais do corpo são naturais e devem ser considerados na aplicação dos dados antropométricos ao projeto. Se observarmos a Figura 8.12 apresentada por Panero et al. (1984:35), verificaremos que um indivíduo tem as dimensões do corpo alocadas em vários percentis diferentes; por exemplo, um indivíduo que tenha a estatura de 50º percentil, tem a altura dos joelhos de 40º percentil, o comprimento da mão no 60º percentil e assim por diante como aparece na referida figura.

Panero também exemplifica tal fato através de um gráfico onde aparecem os perfis das dimensões de três indivíduos. Percebe-se que se esses indivíduos tivessem todas as dimensões corporais nos mesmos percentis as linhas da Figura 8.13 apareceriam retas, no entanto, o que ocorre é justamente o contrário, as linhas têm forma totalmente irregular, pois os indivíduos têm valores de percentil diferentes para cada uma das dimensões corporais.

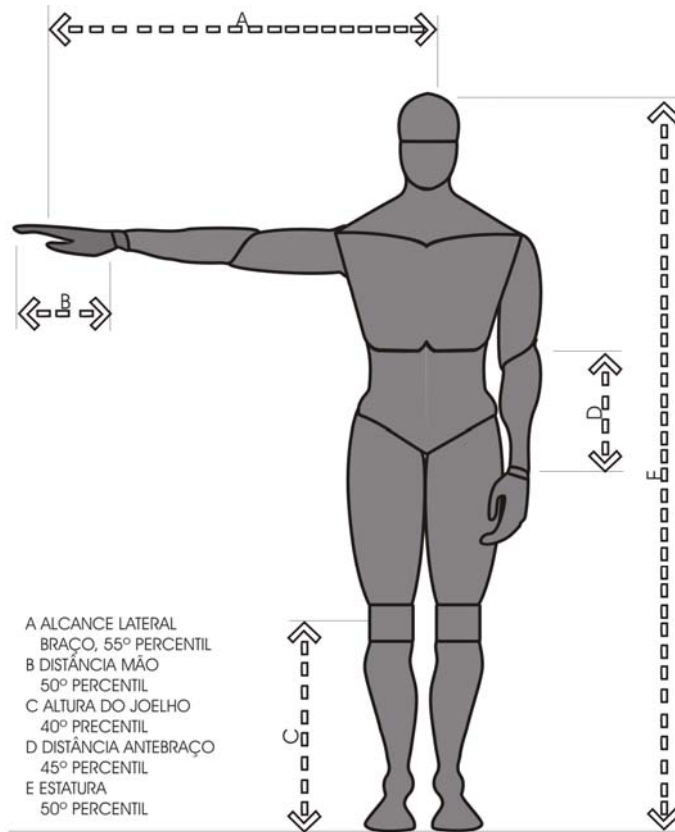


Figura 8.12 – Os seres humanos não estão regularmente distribuídos no que se refere às dimensões do corpo. Uma pessoa com estatura de percentil 50 pode ter um alcance lateral do braço de percentil 55.
 Fonte: Panero et al. (1983:35).

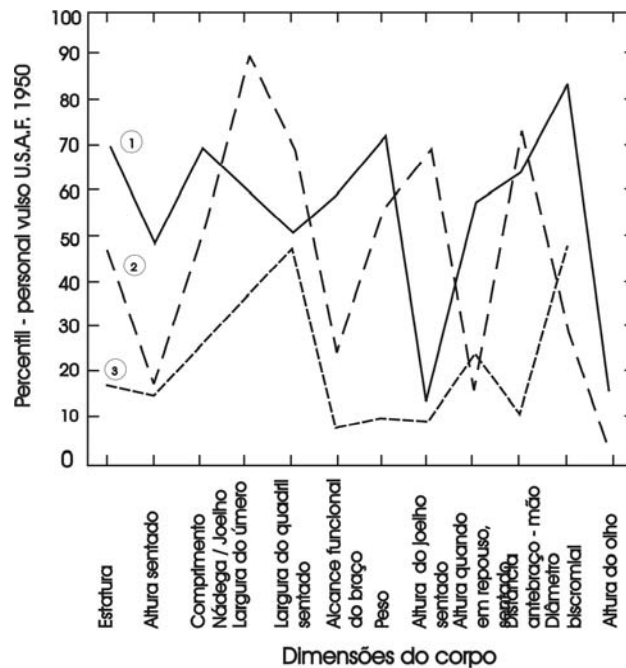


Figura 8.13 – Gráfico representativo dos percentis de várias dimensões corporais de três indivíduos.
 Fonte: Paneto et al. (1983:35).

Portanto, como já foi visto, utilizar dados antropométricos considerando a existência de um indivíduo de percentil constante ou do tal 'homem médio' é estar sujeito a cometer erros graves, pois tais indivíduos só existem a partir de uma abstração estatística. O indivíduo de um determinado percentil não existe na realidade e corresponde a uma coleção dos valores do percentil.

Contudo Moraes (1983:272) lembra que a utilização de manequins antropométricos de 5° e 95° percentis é mais útil e correto do que o uso de uma única representação do 50° percentil, ou seja, do 'homem médio'. Ao utilizar os dois extremos 5° e 95° percentis os quais indicam limites máximos e mínimos de variação, pode-se prevenir muitos erros grosseiros no projeto de estações de trabalho, equipamentos e produtos.

A seleção dos dados antropométricos adequados baseia-se na natureza do problema particular em questão. Se o projeto requer, por exemplo, que o usuário alcance algo, esteja ele sentado ou de pé, o 5° percentil é o indicado. Tal dado, relativo ao alcance de braço, demonstra que 95% da população deve ter um alcance de braço maior. Se o projeto permite acomodar o usuário com menor alcance de braço, obviamente funcionará igualmente para aqueles com alcances maiores (MORAES, 1983:267).

A recíproca certamente não é verdadeira, como mostram as Figuras 8.14 e 8.15 a seguir.

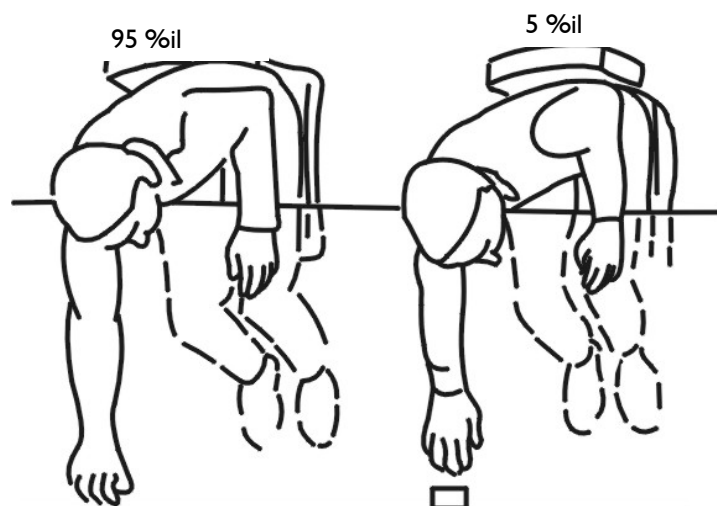


Figura 8.14 – Alcances – vista superior.

Fonte: Damon (apud MORAES, 1983:269)

Se o espaço é o principal requisito do projeto, continua Moraes, os dados do percentil 95° devem ser usados. A lógica é simples: ao se garantir espaço adequado para o usuário com o maior tamanho de corpo, os de menores dimensões corporais também estarão acomodados. Aqui também, como demonstra a Figura 8.16, o contrário não é verdadeiro.

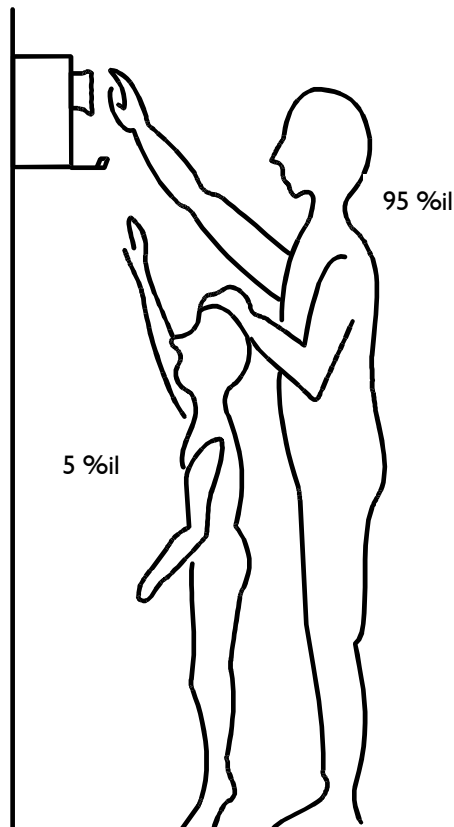


Figura 8.15 – Alcances – vista perfil.
Fonte: Panero (apud MORAES, 1983:269)

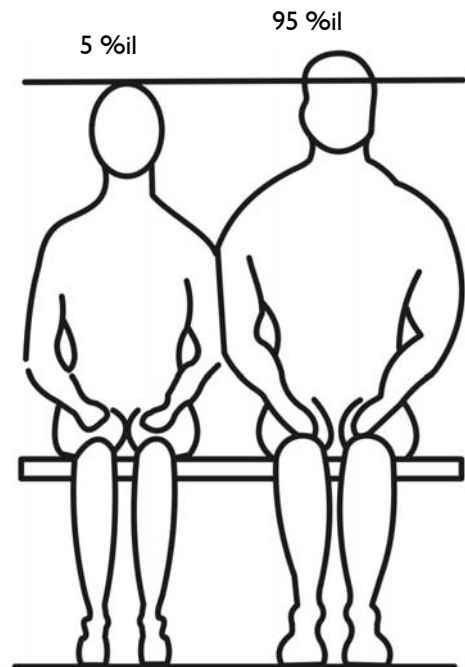


Figura 8.16 – Percentis 5 e 95.
Fonte: Panero (apud MORAES, 1983:269)

Em outras situações, o ideal é proporcionar, dentro das possibilidades, elementos ajustáveis. O limite de variação do ajuste deve tomar como base as características antropométricas do usuário, a natureza da tarefa e as limitações físicas e mecânicas envolvidas. Porém a utilização de ajustes também requer muito critério, pois pode levar a inviabilizar o projeto economicamente e do ponto de vista de produção. Abordaremos esta questão mais adiante, em um item específico.

e – A utilização dos percentis extremos como referência para o Design de produtos

Como já discutido anteriormente, o designer, para o desenvolvimento do projeto de produto, dependendo das características do produto, pode utilizar como referência antropométrica os percentis extremos, ou seja, os 5° e 95° ou o 2,5° e 97,5° percentis, pois só deste modo é possível acomodar a maior parte da população.

Porém, o correto dimensionamento do projeto coloca questões que nem sempre podem ser resolvidas a partir apenas do homem máximo ou do homem mínimo, com lembra Moraes.

Existem situações em que a necessidade de aproximar o painel de controles manuais de modo a satisfazer àqueles que têm braços curtos se choca com a exigência de espaço daqueles que têm tronco volumoso, ou de outros que têm pernas compridas. A altura de consoles compatível com a altura do cotovelo mais baixa muitas vezes coloca problemas para os que têm coxas volumosas. Deste modo comprimentos de tronco longos e curtos, normais e volumosos, devem ser combinados com segmentos de braços e pernas longos e curtos, já que, por exemplo, indivíduos com segmentos de braço do 5° percentil e troncos dos percentis 15° e 90° são combinações estatisticamente viáveis.

Tal pressupõe uma maior sofisticação do conceito do homem mítico, que envolve a seleção de níveis variados de percentis 5° e 95° ou 2,5° e 97,5°; baseado nos aspectos críticos do projeto em questão. Este "homem de percentil híbrido", embora mais complicado de especificar e envolvendo uma complexidade adicional na seleção dos percentis apropriados e no desenvolvimento de padrões de projeto, assegura especificações com menores probabilidades de problemas de adaptação, em relação à população selecionada (MORAES, 1983:274).

f – A utilização de ajustes no projeto de produtos

Como já visto, ao utilizarmos dados antropométricos para o desenvolvimento de projetos de produtos, devemos empregar as referências dos percentis extremos,

5° e 95° percentis ou 2,5° e 97,5°, por exemplo. Esta situação não é ideal, mas de qualquer forma não apresenta grandes transtornos para os usuários. Esta solução deve-se às dificuldades de execução de projetos em geral, pois, ao tentar atender a 100% da população, teríamos um aumento desproporcional de custos em relação aos benefícios obtidos, tendo em vista que é muito difícil conseguir solucionar problemas de inter-relacionamento dos vários requisitos dentro do projeto.

Entretanto deve-se sempre considerar as implicações dos ajustes em relação à faixa da população atendida.

O exemplo ilustrado a seguir mostra as relações entre os percentis, ajuste e alturas sentado, e demonstra o limite de variação de ajustes necessários para acomodar diferentes segmentos da população. Pela Figura 8.17, vê-se que o ajuste necessário para acomodar os casos extremos (abaixo de 5% e acima de 95%) é desproporcional ao número de pessoas que serão atendidas. Com uma variação de 10,7cm, acomoda-se 90% da população, enquanto, para acomodar 98%, o ajuste seria de 15,2 cm e para atender 100% de 26,2 cm (Figura 8.17).

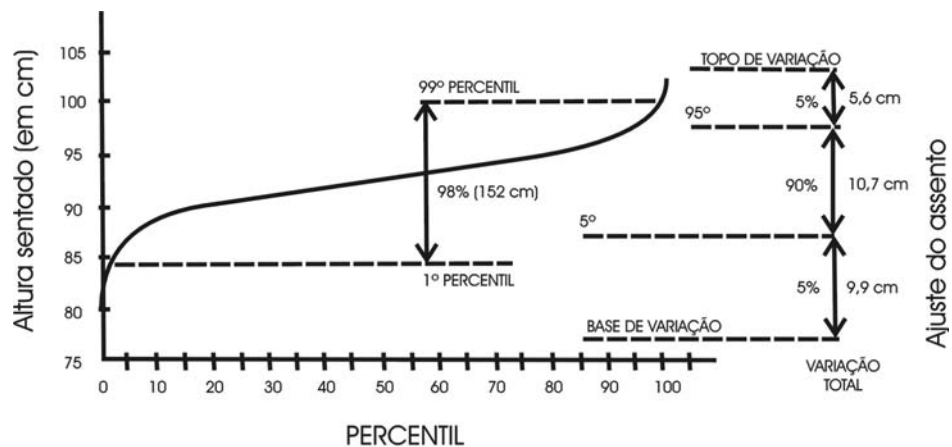


Figura 8.17 – Gráfico das relações entre os percentis, ajuste e alturas sentado.
Fonte: McCormick (apud MORAES, 1983:269)

O mesmo pode ser considerado na Figura 8.18 apresentada por Singleton (apud MORAES, 1983:269), que mostra a percentagem de membros de uma população normalmente distribuída que será acomodada por uma dada variação de ajuste (os ajustes aparecem plotados em unidades de desvio padrão) (Figura 8.18).

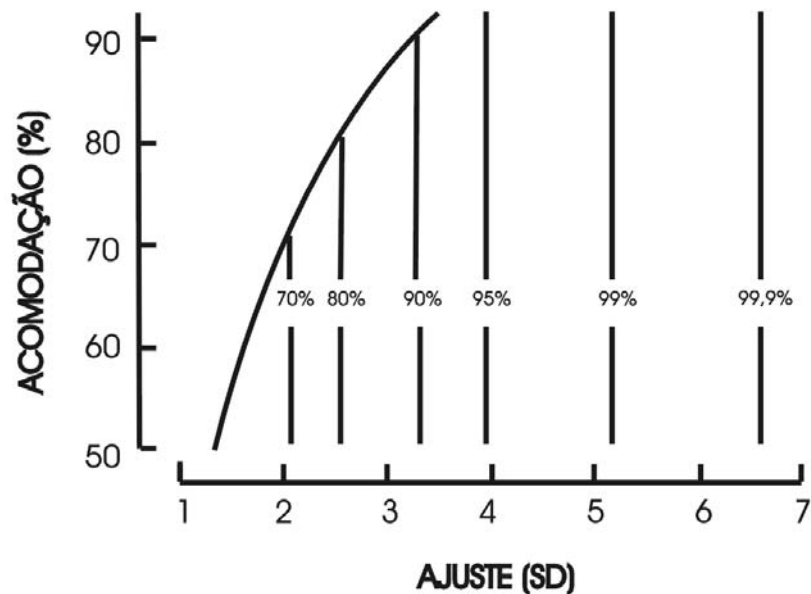


Figura 8.18 – Gráfico da percentagem de membros de uma população normalmente distribuída.

Fonte: Singleton (apud MORAES, 1983:269).

Contudo, se qualquer elemento de projeto pode ser alocado um, dois ou cinco centímetros mais baixo ou mais alto, sem perturbar significativamente os custos ou outros fatores do projeto, permitindo-se deste modo acomodar 98% ou 99% da população de usuários, esta será uma decisão acertada.

Os problemas decorridos da utilização dos percentis 5° e 95° ou 2,5° e 97,5° e, dessa forma, não atendendo a 100% dos usuários, podem ser, em parte, solucionados com a utilização de ajustes, tendo em vista que um produto ajustável aumenta consideravelmente a amplitude de utilização por usuários de diversas dimensões.

Para Guimarães (2000:1-11), algumas peças, tais como mesas, cadeiras etc., podem ser projetadas com dispositivo de ajuste de regulagem, de forma a acomodar, com conforto e segurança, os diferentes tipos físicos da população usuária. Quando o usuário permanece longos períodos nestes postos, a falta de ajustes pode provocar desconforto, causar decréscimos no desempenho da tarefa e, mais grave, acarretar a ocorrência de acidentes, quando o desajuste contribui para manipulações de risco.

Outro fato também a ser considerado ao projetar produtos com ajustes é que estes exigem componentes mecânicos e elétricos que ocupam espaço e implicam problemas de manutenção. Mais ainda, a experiência demonstra que, quando os ajustes são de operação complicada, o usuário raramente os utiliza (MORAES, 1994:42).

g – Soluções de Compromisso no dimensionamento de produtos

Tendo em vista a utilização dos percentis e a necessidade, em alguns produtos, de utilizar ajustes, o que nem sempre é possível, entre outros fatores, vê-se a necessidade de soluções de compromisso.

Como vimos no item sobre a utilização dos percentis extremos como referência para o Design de produtos, o correto dimensionamento do projeto coloca questões que nem sempre podem ser resolvidas a partir apenas do homem máximo e do homem mínimo. Existem situações em que a necessidade de aproximar elementos do produto, para satisfazer o usuário de alcance menor, choca-se com o requisito de espaço para acomodar os usuários de tronco mais volumoso. Do mesmo modo, as alturas de produtos compatíveis com os usuários de cotovelo mais baixo implicam desconforto para aqueles usuários que tem coxas volumosas.

Portanto, torna-se necessária a análise criteriosa dos prejuízos causados aos usuários, de forma a selecionar para o projeto o que menos irá causar desconforto, assim como que seja prejudicado o menor número de usuários possíveis, e para tal situação é que se dá o nome de solução de compromisso.

Moraes (1983) recomenda que se pode melhorar uma dimensão como compensação para aquela que está sendo prejudicada. Em outras situações, a consideração dos requisitos de visibilidade implica providenciar uma plataforma e um apoio para os pés que permita elevar o usuário menor sem comprometer o conforto das pernas. É neste momento da avaliação, análise e projeção que os manequins antropométricos dos usuários extremos, em três vistas (sagital/lateral,

cranial/superior, coronal/posterior), são de grande ajuda para o ergonomista.

Lembramos que a utilização de manequins só deve ser feita a partir das três vistas mencionadas segundo Porter (apud MORAES, 1994:42). Ao utilizarmos manequins bidimensionais, em vista sagital/lateral, como ainda é utilizado por vários fabricantes e designers, podemos cair em erro, considerando que tais manequins só representam uma vista lateral de uma pessoa, sendo o projeto feito em apenas duas dimensões. Portanto, Moraes (1994:42) recomenda plotar o campo de visão e a área acional dos usuários extremos em três vistas. Para a definição do campo de visão, cabe ressaltar a necessidade de conhecer as atividades da tarefa. Só assim, é possível determinar não só o ângulo de visão, segundo os requisitos de visibilidade, como também o raio de focalização, de acordo com os objetos a serem visualizados. O mesmo se aplica à área acional. A seleção dos ângulos biomecânicos de conforto a serem considerados depende das exigências da tarefa – o que deve ser acionado, suas prioridades e hierarquia.

8.3.2 Variáveis antropométricas com aplicação na Ergonomia

De acordo com Moraes (1983:325), as variáveis antropométricas que se aplicam ao projeto de estações de trabalho e produtos, são as seguintes:

- macrodimensões estáticas estruturais extremas lineares - objetivando definir alturas, larguras e profundidades;
- macrodimensões estáticas funcionais padronizadas de alcances, com vistas a definição de áreas para manípulos e pedais, nos planos sagital, transverso e coronal;
- macrodimensões estáticas funcionais padronizadas de espaços, para a explicitação de limites de movimentação dos braços no plano transverso (como largura cotovelo-a-cotovelo – braços em abdução) e pernas no plano sagital (como altura dos joelhos cruzados).

- dimensões dinâmicas funcionais angulares, para a especificação dos ângulos de conforto;
- dimensões dinâmicas newtonianas, objetivando definir a área ótima para o acionamento de controles manuais e pedaisos.

Entretanto, segundo a mesma autora, existem outras variáveis que são necessárias à operacionalização do dimensionamento como as:

- macrodimensões estáticas estruturais inter-articulares, imprescindíveis à definição das dimensões newtonianas.

E, continua ela, há ainda outras variáveis que se aplicam ao detalhamento dos componentes como as:

- micro-dimensões estáticas estruturais extremas, para o dimensionamento de manípulos (mão) e pedais.

Ressalta-se que a utilização do manequim antropométrico exige, além das macrodimensões estáticas estruturais interarticulares, aquelas macro e micro-dimensões estáticas estruturais extremas necessárias à definição dos perfis sagital, coronal e transversal do manequim tridimensional, assim como ao detalhamento da cabeça, mão e pé.

a – Seleção de variáveis antropométricas

Além da seleção dos percentis corretos para o desenvolvimento de um projeto de produto, faz-se necessário a correta seleção das variáveis antropométricas. Na verdade, uma das maiores razões de erro na aplicação de dados antropométricos encontra-se na seleção incorreta da variável pertinente.

É freqüente a utilização da estatura para definir o local de melhor visualização de mostradores, quando o certo seria utilizar a altura do nível dos olhos e, a partir

daí, delimitar o campo de visão. Outro erro cometido é a seleção da largura de ombros bideltóide, quando o que se quer é dimensionar a largura do apoio lombar. Neste caso, seria melhor, então, a largura do tórax entre as axilas, para não atrapalhar a movimentação do usuário. Tal fato explica parcialmente por que, até em países onde existe profusão de levantamentos, os produtos não são bem dimensionados (MORAES, 1994:37).

Cada dimensão a ser definida solicita uma variável antropométrica específica. Para qualquer produto, por menor que seja o seu nível de complexidade, é necessário explicitar em que tarefa ele se insere. Por exemplo, as variáveis que se aplicam ao dimensionamento do apoio lombar de uma cadeira para digitação não são as mesmas do apoio para as regiões lombar e dorsal de um assento de um “cadista”, ou ainda do encosto de cadeiras de auditório, ou do apoio para as costas e a cabeça de uma poltrona-leito.

É bem verdade que nem sempre encontramos todos os valores necessários ao dimensionamento de produtos. O dimensionamento de estações de trabalho e produtos exige um grande número de variáveis.

Moraes (1994:38) ressalta que pouco resolve ter disponíveis valores de peso, estatura, largura do ombro, altura do joelho e comprimento do braço quando o projetista tem que cotar um posto de trabalho, mesmo bem simples, como o de uma secretária, onde são necessárias cerca de 30 variáveis.

Ela diz que o dimensionamento de um assento de trabalho, por exemplo, exige a aplicação de oito variáveis antropométricas e apresenta este exemplo:

- altura popliteal, para a altura da superfície do assento;
- profundidade da nádega à cavidade popliteal, para a profundidade da superfície do assento;
- largura do quadril/sentado, para a largura da superfície do assento;
- altura da crista íliaca, para a definição da altura do espaço para acomodar a protrusão das nádegas;

- altura do centro da máxima concavidade lombar, para a altura da máxima convexidade do encosto;
- altura do subesterno, para a altura do início da curvatura do encosto;
- altura do topo da cabeça sentado (poltronas de ônibus e cadeiras de repouso), altura cervical (assentos de veículos/proteção da nuca), altura do ombro no acrômio (cadeiras de auditório), altura da axila (apoio lombar), para a altura do encosto;
- largura do ombro bideltóide (poltronas de ônibus e cadeiras de repouso), largura do ombro biacromial (cadeiras de auditório), largura do tórax entre as axilas (cadeiras de auditório), para a largura do encosto.

E ainda acrescenta as seguintes variáveis:

- espessura da coxa, para a altura do espaço para a introdução das pernas sob mesas, consoles e bancadas;
- profundidade da nádega ao joelho, para a definição da profundidade de obstruções proximais de bancadas e consoles;
- profundidade da nádega ao hálux (dedo grande do pé) para a localização proximal do apoio para os pés.

Para a seleção de variáveis antropométricas, portanto, Moraes recomenda em primeiro lugar consultar várias pesquisas realizadas nos Estados Unidos, Europa, Argentina e Brasil, assim como normas ABNT, DIN, SAE e obras de Ergonomia que tratam do tema.

Moraes (1983:327) lembra que se deve observar a especificidade do projeto, explicitada a partir da análise da tarefa, pois só dessa forma é que se determinará, em última instância, as variáveis que serão necessárias ao dimensionamento da estação de trabalho ou produto.

Apresentamos, nas Figuras 8.19 a 8.24, as variáveis dimensionais das partes do corpo, masculino e feminino, dos percentis 2,5; 50 e 97,5, que são usados como referência para o dimensionamento de produtos.

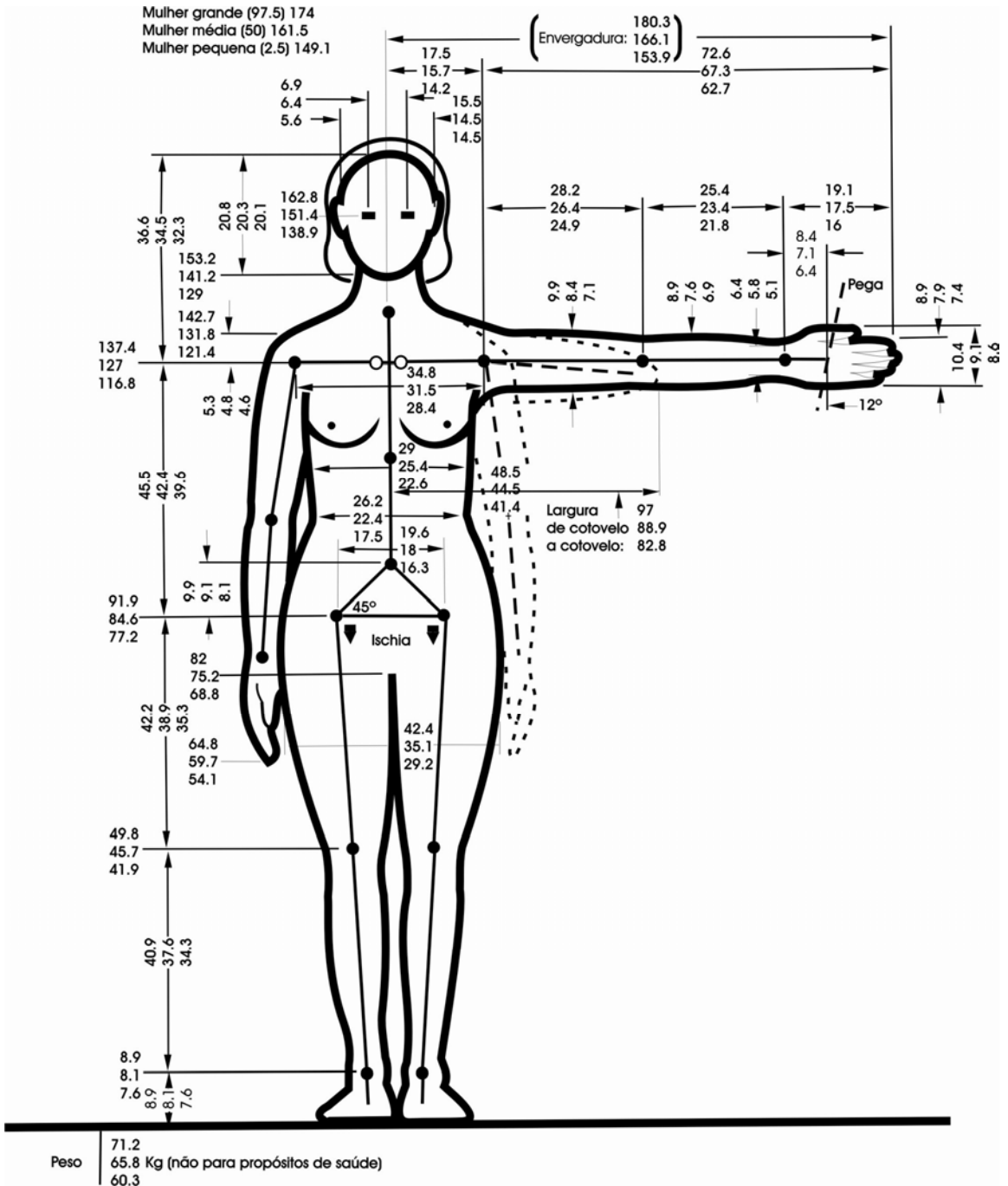


Figura 8.19 – Mulher (Vista frontal).
 Fonte: Diffrient et al. (1981:27).

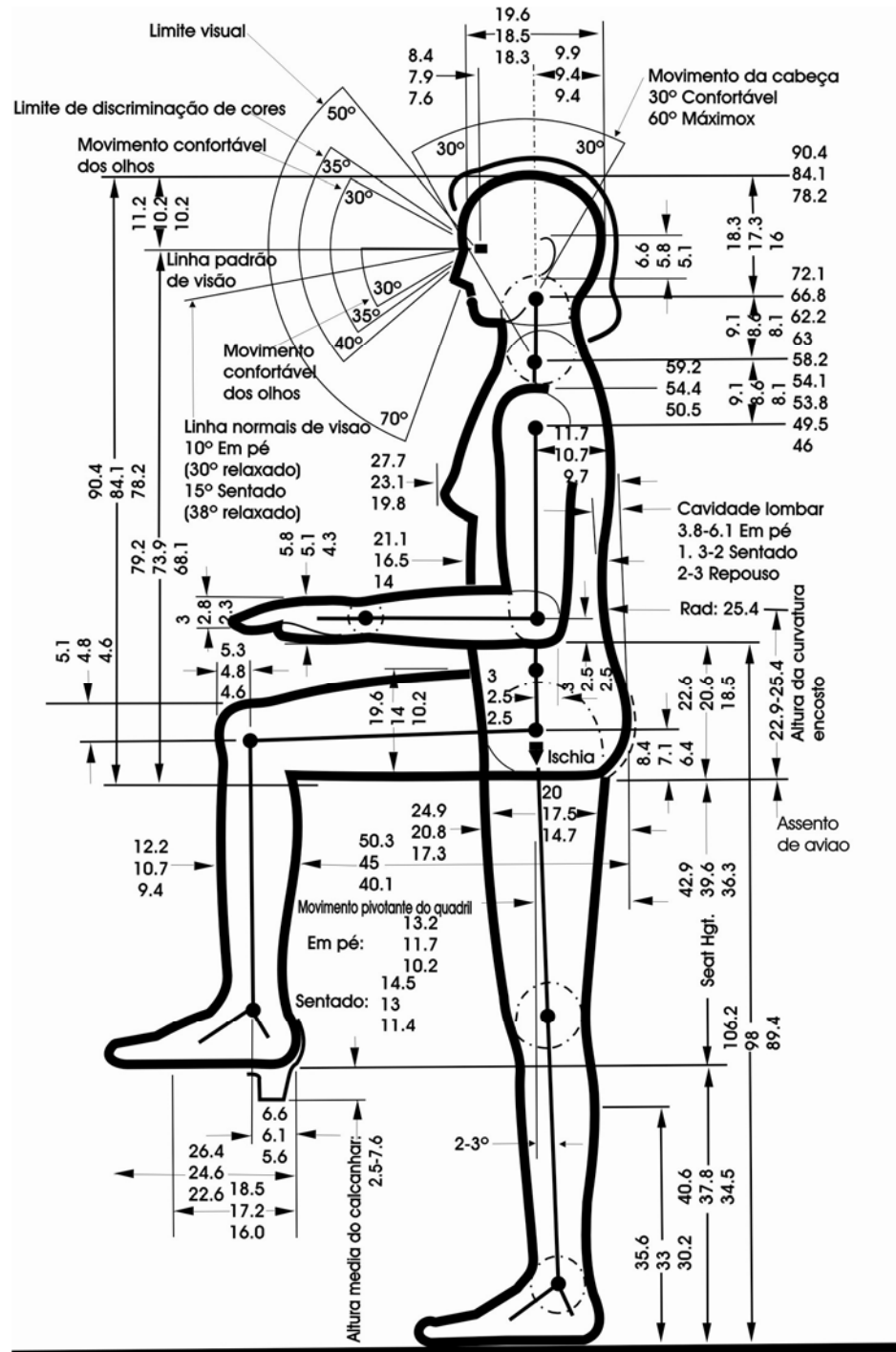


Figura 8.20 – Mulher (Vista lateral).
 Fonte: Diffrient et al. (1981:27).

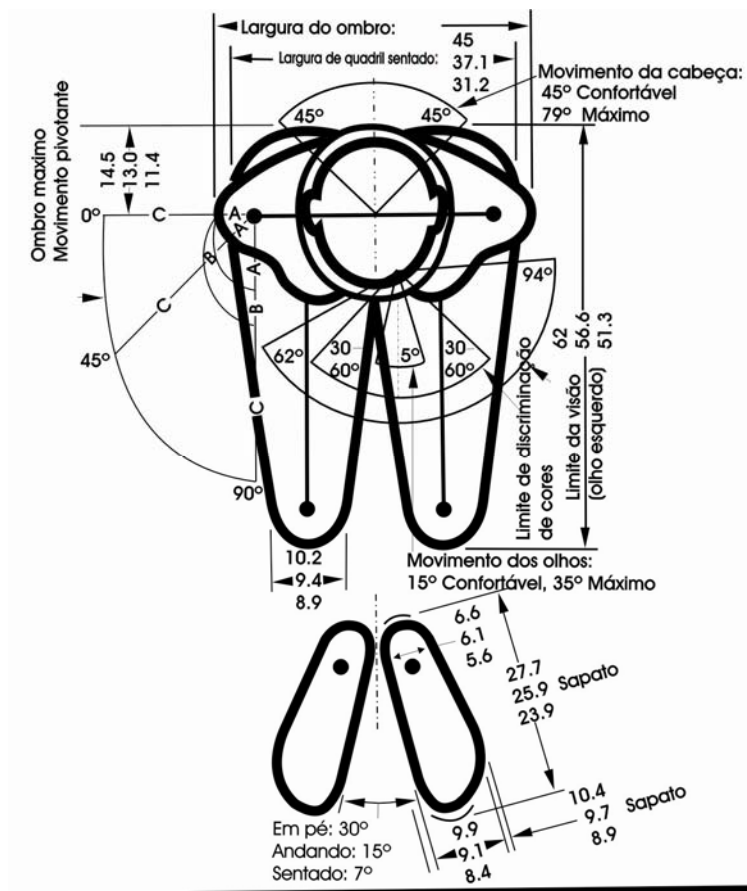


Figura 8.21 – Mulher (Vista superior).
Fonte: Diffrient et al. (1981:27).

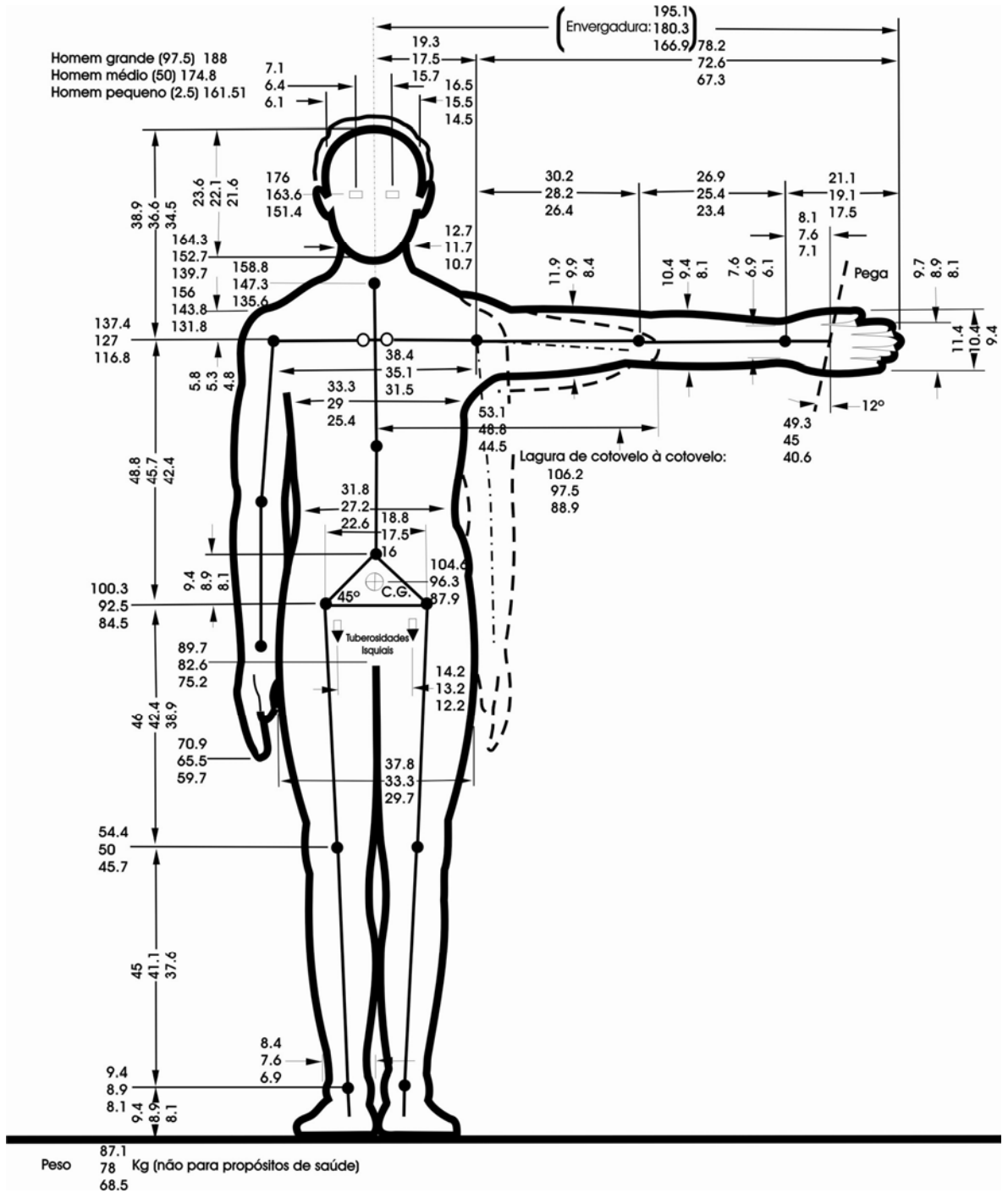


Figura 8.22 – Homem (Vista frontal).
 Fonte: Diffrient et al. (1981:26).

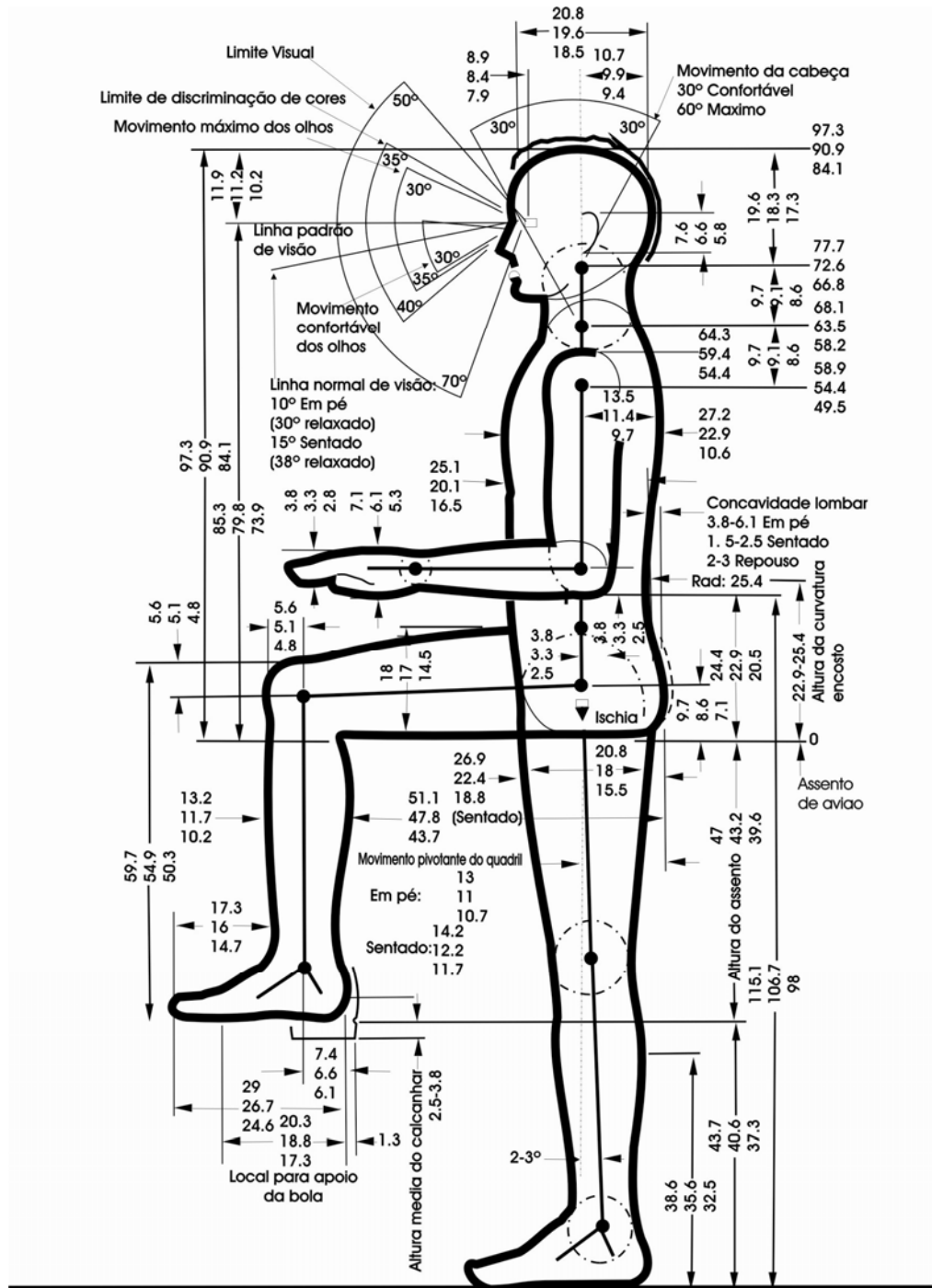


Figura 8.23 – Homem (Vista lateral).
 Fonte: Diffrient et al. (1981:26).

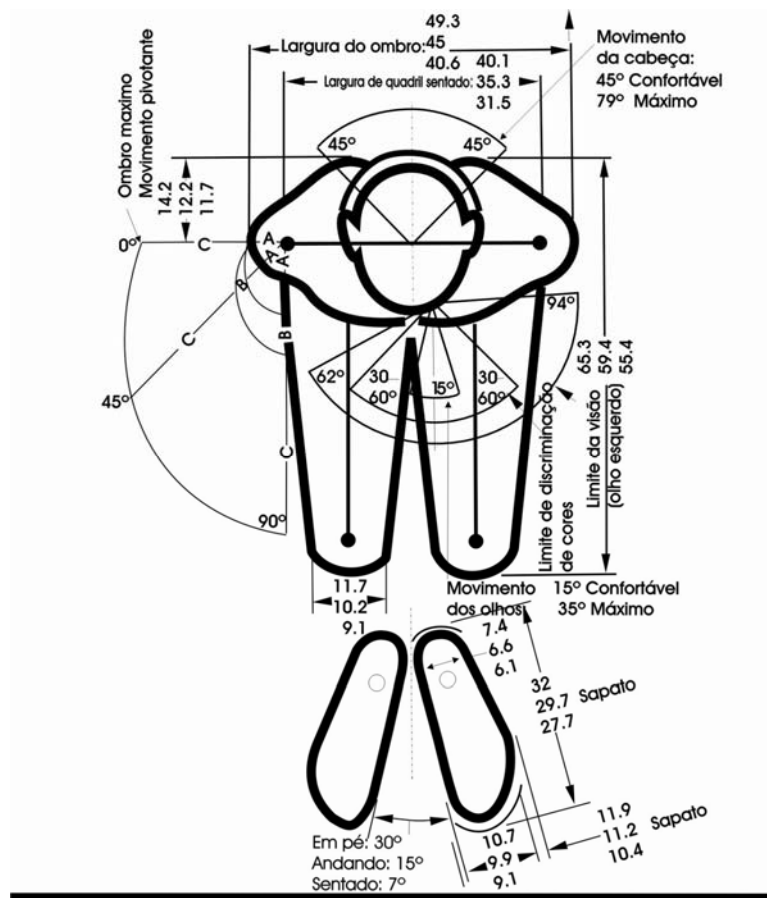


Figura 8.24 – Homem (Vista superior).
Fonte: Diffrient et al. (1981:26).