

Ergokit

Manual de Aplicação dos Dados Antropométricos

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

José Israel Vargas

Instituto Nacional de Tecnologia - INT

Maria Aparecida Stallivieri Neves

Divisão de Desenho Industrial - DVDI

Domingos Manfredi Naveiro

Análise e Programação / Manual de Utilização do Sistema

Patricia Maria Alves Basílio (DVDI)

Pesquisa e Metodologia / Manual de Aplicação dos Dados Antropométricos

Ana Maria Silva Costa Cuiabano (DVDI)

Diva Maria Pires Ferreira (DVDI)

Flavia Cristine Hofstetter Pastura (Bolsista CNPq / RHAE)

Apoio Técnico

Domingos Manfredi Naveiro (DVDI) - Gestão

Maria Cristina P. Lima Zamberlan (DVDI) - Padronização da Nomenclatura (Antropometria)

Mario Paulo Valentim Monteiro (DVDI) - Logomarca

Ana Luisa Boavista Lustosa Cavalcante (Bolsista CNPq / RHAE) - Embalagem

George Henrique da Silva Guerra (Bolsista CNPq / RHAE) - Ilustrações

Luciana Justiniani Hees (Bolsista CNPq/RHAE) - Ilustrações

Luis Guilherme Baldacci (Bolsista CNPq / RHAE) - Embalagem

Rodrigo Vieira Ribeiro (Bolsista CNPq / RHAE) - Incorporação de Imagens Digitalizadas

Apoio Administrativo

Margarete da Silva Montalvão (DVDI)

Diagramação

Ana Maria Silva Costa Cuiabano (DVDI)

Margarete da Silva Montalvão (DVDI)

Financiamento de Equipamentos Computacionais

FAPERJ - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	5
2. CONCEITOS BÁSICOS DE ANTROPOMETRIA	7
2.1. A Medida do Homem	7
2.2. Diferenças Entre Populações e Diferenças Intrapopulações	8
2.3. Base Genética para Algumas Características Físicas	9
2.4. Base Ambiental para as Características Físicas	11
2.5. Influência de Outros Fatores nas Características Físicas	11
Nutrição Relacionada com o Nível Sócio-Econômico e Educacional	11
Condicionamento Físico	12
Sexo	13
Idade	15
Somatotipia	17
2.6. Medidas Antropométricas - Estruturais e Funcionais	20
3. A ESTATÍSTICA NA ANTROPOMETRIA	23
3.1. Apresentação dos Dados Antropométricos	23
Separatrizes	26
Desvio Padrão	27
Percentis	28
3.2. Inexistência de um Homem Médio	33
4. CRITÉRIOS PARA APLICAÇÃO DA ANTROPOMETRIA	35
4.1. Seleção dos Percentis: Aplicações Projetuais	35
Utilização de Faixas de Valores	35
Utilização de Valores Extremos	36
Utilização do Valor Mediano	37
4.2. Aplicação de Dados Antropométricos em Projetos de Produtos e Postos de Trabalho	37
4.3. Considerações Quanto ao Uso de Tabelas Antropométricas: Civil, Militar e Estrangeiras	39
4.4. Postos de Trabalho - Posições para a Execução da Tarefa	42
Considerações Sobre a Postura Sentada em Situação de Trabalho	45
Considerações Sobre a Altura de Bancadas para Trabalho em Pé	48
Áreas de Alcance sobre Superfícies de Trabalho	49
4.5. Manequim Antropométrico Bidimensional	50
5. UTILIZAÇÃO DOS GABARITOS	51
5.1. Uso dos Manequins Antropométricos Articulados	51
Preparação do Desenho	52
Ângulos de Conforto	53
Ângulo de Inclinação da Cabeça para a Frente	53
Ângulo de Inclinação da Cabeça para Trás	53

Ângulo de Inclinação do Tronco para Diante	54
Ângulo de Inclinação do Tronco para Trás	54
Ângulo de Inclinação Coxa-Perna	55
Ângulo de Inclinação do Pulso (Antebraço/Mão)	56
Ângulo de Flexão do Braço em Relação ao Eixo do Tronco	56
Ângulo de Flexão Braço-Antebraço	57
Ângulo de Flexão e Extensão do Tornozelo	57
5.2. Ângulos de Visão - Considerações Gerais	58
5.3. Uso da Placa de Ângulos de Visão	58
5.4. Uso das Placas Antropométricas	60
 6. EXEMPLOS PRÁTICOS DE APLICAÇÃO DOS DADOS ANTROPOMÉTRICOS	 61
6.1. Estudo de Caso I	61
6.2. Estudo de Caso II	63
6.3. Estudo de Caso III	67
6.4. Estudo de Caso IV	71
 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 81

1

INTRODUÇÃO

Qualquer produto — bem de capital ou de consumo — que tenha sido dimensionado sem considerar as características morfológicas da população usuária, provoca ações inseguras no seu uso, na sua manipulação e operação, o que favorece acidentes, muitos deles fatais. O dimensionamento incorreto pode provocar, também, a médio prazo, danos fisiológicos, alguns irreversíveis.

Medidas antropométricas constituem, sem dúvida, os dados básicos essenciais para a concepção ergonômica dos produtos fabricados em larga escala.

Por isso, nas sociedades tecnologicamente modernas, a importância de pesquisas antropométricas como fonte de insumos técnicos para o dimensionamento adequado de produtos tem se acentuado nos últimos anos; países industrializados dispõem hoje de dados antropométricos estatisticamente confiáveis de suas respectivas populações.

O interesse do **INT — Instituto Nacional de Tecnologia** — nesta área reside no fato de inexistirem tabelas dimensionais da população brasileira. Decorrente disso, produtos e postos de trabalho são concebidos e dimensionados a partir, não das dimensões dos usuários brasileiros, mas de tabelas antropométricas e biomecânicas das populações estrangeiras.

Em consequência, introduzem-se inadequações no dimensionamento desses produtos, acarretando prejuízos de vários níveis. Além das graves consequências para o trabalhador e o sistema previdenciário, são bastantes significativas as perdas de produtividade industrial.

Visando contribuir para a melhoria da qualidade do produto brasileiro, a **Divisão de Desenho Industrial do INT** vem se dedicando a realizar pesquisas antropométricas de segmentos representativos da nossa população, para a constituição de um Banco de Dados Antropométricos, denominado **ERGOKIT**.

O **ERGOKIT** foi desenvolvido com o objetivo de otimizar a utilização dos dados obtidos nessas pesquisas, bem como orientar sua correta aplicação, por arquitetos, engenheiros, desenhistas industriais, ergonomistas e outros profissionais que atuam nas áreas de avaliação de situações de trabalho e projeto de produto.

O **ERGOKIT** é composto por quatro disquetes contendo classificação, valores e descrições de variáveis antropométricas; quatro manequins articulados na escala 1:5, representativos dos percentis 5 e 95 de homens e mulheres; placas com manequins antropométricos nas escalas 1:10 e 1:20 e dois manuais, um para orientar a utilização do sistema e outro para a aplicação dos dados apresentados.

2

CONCEITOS BÁSICOS DE ANTROPOMETRIA

2.1. A MEDIDA DO HOMEM

Cada um de nós é único. Temos semelhantes na forma e tamanho de nossos corpos, jamais iguais.

Na era artesanal, cada instrumento de trabalho e objeto de uso cotidiano era conformado para as medidas do usuário. A industrialização rompeu esta prática. A produção industrial exige a uniformidade das formas e medidas na seriação, e busca a síntese de poucos padrões dimensionais para conter toda a gama de variações individuais.

Cada pessoa se torna um usuário anônimo na multidão; assim, como conciliar as necessidades da produção em larga escala com as exigências da individualidade?

A antropometria é a tecnologia que trouxe a solução para este impasse. Ela trata da medição do corpo humano, ponto de partida para o correto dimensionamento de um produto — bem de capital ou consumo.

A falta de adequação entre produto e usuário favorece a ocorrência de acidentes de trabalho, bem como danos à saúde, decorrentes de posturas impróprias.

Por meio de pesquisas antropométricas, pode-se obter o perfil dimensional de uma determinada população. Cada indivíduo estará representado na amostra da pesquisa, permitindo assim que, nos valores dimensionais obtidos, sua participação seja garantida. Através do uso dos valores dimensionais — tabelas antropométricas — é que o produto se tornará adequado às variações individuais dentro da população usuária.

No entanto, ao se consultar tabelas antropométricas, deve-se saber como utilizá-las, pois o uso incorreto da antropometria induz a erros de projeto tão graves quanto a inexistência de dados da população usuária.

A proposta deste manual é orientar a correta utilização de dados antropométricos, através de uma metodologia de aplicação destes dados em projetos de produto e postos de trabalho.

2.2. DIFERENÇAS ENTRE POPULAÇÕES E DIFERENÇAS INTRAPOPULAÇÕES

De um ponto de vista abrangente, todos os homens são semelhantes, constituídos de acordo com um mesmo modelo e dotados das mesmas faculdades, pois pertencem à mesma espécie.

As diferenças que existem entre indivíduos e grupos humanos são de pouca importância em relação às suas semelhanças. Todavia são essas diferenças que permitem contar as particularidades de cada indivíduo e cada grupo humano.

O interesse no estudo dessas diferenças está na mensuração de uma série de dados físicos que permitem distinguir dimensionalmente as populações, a fim de que, com o registro destes dados, seja possível adequar qualquer produto à população usuária.

As distinções entre características físicas se fazem *entre populações e intrapopulações*, não entre indivíduos. (FERREIRA [10])

Estudos relacionando a dispersão das médias da estatura observadas em amostras da África e da Europa, verificaram que a variação no tamanho total do corpo *entre populações* é menor que aquela encontrada *intrapopulações*. (ROBERTS [25]).

Entre indivíduos de uma mesma nacionalidade, pode existir uma grande variação na estatura e nas proporções do corpo, devido a fatores como diferenças climáticas, imigração, miscigenação, nutrição etc.

Um aumento significativo na média da altura foi constatado entre gerações de pais e filhos que cursaram a mesma universidade (Bowles, 1932), bem como entre gerações de soldados americanos que lutaram na I e II Guerras Mundiais (Davenport e Love, 1921); (Newman e White, 1951). (VAN COTT [29]).

2.3. BASE GENÉTICA PARA ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Em uma pesquisa realizada com militares do sexo masculino de vários países, WHITE [30] observou que "a altura-sentado ilustra uma interessante variação na proporção do corpo humano. Uma grande parte da variação na estatura humana está no comprimento das pernas; o torso é relativamente constante em comprimento".

"Se a altura-sentado for expressa como uma percentagem da altura, a razão resultante ou índice é de cerca de 52% para os americanos e a maioria dos europeus. Assim, o comprimento da perna é aproximadamente 48% da estatura".

"Entretanto, no caso dos pilotos coreanos e japoneses, a altura-sentado é cerca de 54% da estatura, resultando que o comprimento da perna é somente 46% da estatura". Percebe-se, então, que a proporção entre estatura e altura-sentado está ligada à herança genética. Segundo ROBERTS [25], a contribuição genética, no caso da estatura, está em 85% das populações da Europa Ocidental e África. (FERREIRA [10]).

Estudos realizados nos Estados Unidos demonstraram que existem diferenças entre as proporções do corpo de brancos e negros que vivem sob condições climáticas similares, sendo que os mestiços apresentaram valores intermediários (FERREIRA [10]).

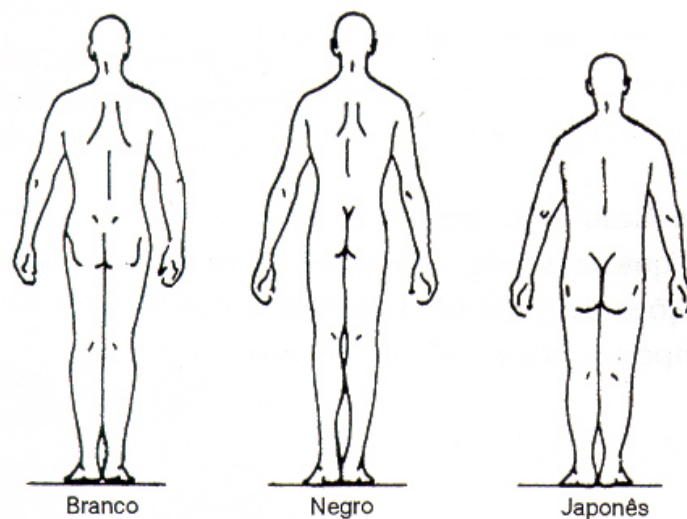


Figura 1 - Diferenças proporcionais entre raças (DAMON, 1966)

Japoneses e outros povos orientais têm em geral a mesma altura-sentado que os brancos, mas suas pernas tendem a ser menores; no caso dos negros, as pernas são mais longas em proporção a seus troncos do que nos brancos (DIFFRIENT [6]). Vide figuras 1 e 2.

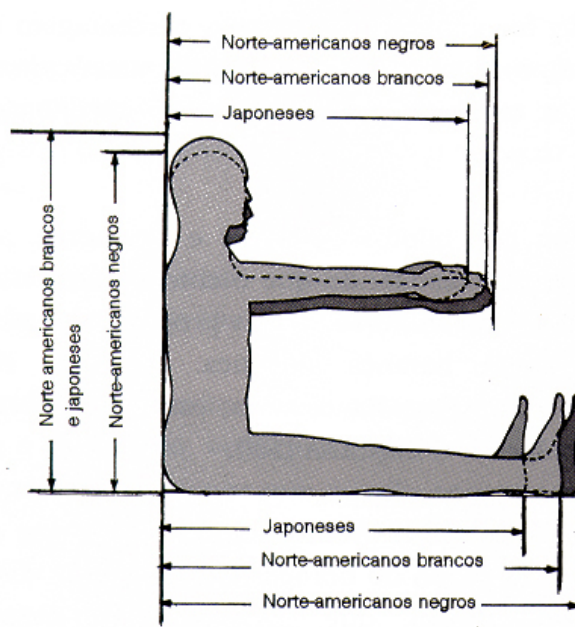


Figura 2 - Diferenças proporcionais entre raças (DIFFRIENT, 1978)

2.4. BASE AMBIENTAL PARA AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Segundo ROBERTS [25], as variações na forma do corpo facilitam a manutenção do balanço térmico corporal em climas diversos; observou-se que os povos que habitam regiões de clima quente tendem a ter o tronco mais fino, e os membros superiores e inferiores relativamente mais longos.

Enquanto isso, os povos que habitam regiões de clima frio têm o tronco mais cheio, são mais volumosos e arredondados, e os membros inferiores e superiores são relativamente mais curtos.

A explicação mais razoável para estas diferenças é a seleção natural, ou seja, as bases genéticas desses traços mantiveram-se, em detrimento de outras, ao longo das gerações, pois os corpos mais finos facilitam a troca de calor com o ambiente, enquanto aqueles mais cheios têm mais facilidade de conservar o calor do corpo.

2.5. INFLUÊNCIA DE OUTROS FATORES NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Nutrição Relacionada com o Nível Sócio-Econômico e Educacional

A nutrição é outro fator determinante na constituição corporal. A Primeira Pesquisa Nacional de Nutrição e Saúde, realizada nos EUA (1971-74), apresentou valores de estatura e peso de indivíduos entre 18 e 74 anos relacionados ao nível sócio-econômico e educacional.

Esta pesquisa demonstrou que as diferenças de estatura existentes entre brancos e negros de renda alta eram menores do que as verificadas entre brancos de alta e baixa renda e negros de alta e baixa renda. Oportunidades nutricionais desiguais geram diferenças na estatura e peso dos indivíduos da mesma origem étnica. (FERREIRA [10]).

"A média de peso para os homens de 18 a 74 anos, com 13 anos ou mais de escolaridade, é 4,08 kg, maior do que para aqueles com menos de 9 anos de educação". (FULWOOD [11]).

Na "Pesquisa Antropométrica e Biomecânica dos Operários da Indústria de Transformação do Rio de Janeiro" realizada pelo INT em 1986 [17], constatou-se que à medida que aumenta o nível de escolaridade, cresce a estatura, sendo que a diferença entre os extremos (sem escolaridade — 2º grau/nível superior) é mais acentuada entre os brancos (6 cm) que entre negros (3,5 cm) e mestiços (4,8 cm).

Quanto ao peso, observou-se que este aumenta com o nível de escolaridade independentemente da raça. Verificou-se que a variação de peso dentro de um mesmo grupo racial é mais acentuada entre os negros (10,4 kg) que entre mestiços (9,8 kg) e brancos (9,4 kg).

Condicionamento Físico

Outro fator que pode influir no crescimento do corpo é o treinamento físico, pois não só os indivíduos que praticam exercícios físicos regularmente e com intensidade desde a infância tendem a crescer mais em relação aos que não os praticam, como o desenvolvimento do corpo é orientado de acordo com a categoria de músculos requisitados para o esporte.

Entretanto, qualquer mudança a nível corporal não modifica a proporção existente entre os membros superiores/inferiores e o tronco, devido à herança genética recebida.

Na figura 3, verifica-se a extraordinária semelhança na modelagem muscular entre dois atletas da mesma modalidade esportiva (salto tríplice), mas de origem étnica diversa (australiano e japonês) que concorreram aos Jogos Olímpicos de Roma em 1960.

Pode-se verificar que a estrutura do corpo dos dois atletas é bastante diferente. A relação entre a altura do tronco e comprimento das pernas/braços nos dois indivíduos é bem diversa. O comprimento do tronco nos dois atletas é relativamente do mesmo tamanho; contudo seus braços e pernas, em relação ao tronco, têm proporções bem distintas. (FERREIRA [10])

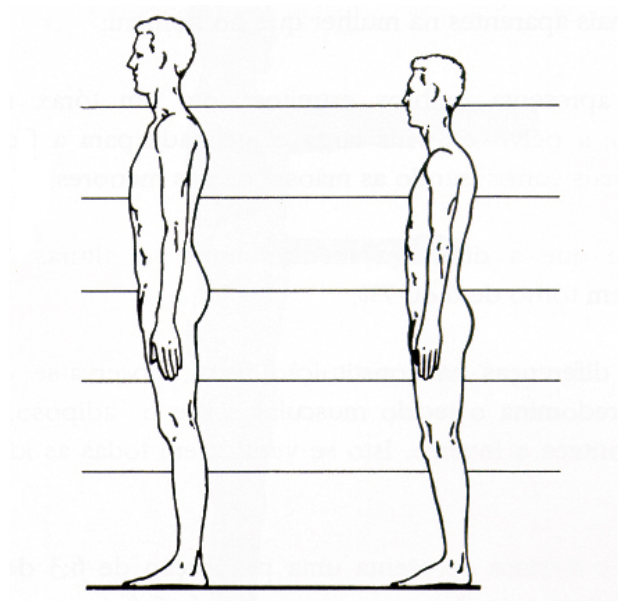


Figura 3 - Semelhança na modelagem muscular em etnias distintas
(O. G. Edholm - A Biologia do Trabalho)

Sexo

Em relação às diferenças formais existentes entre homens e mulheres, podemos observar que essas se caracterizam tanto pela aparência externa como, também, ao nível do próprio esqueleto.

No que se refere a estrutura óssea, as seguintes diferenças são as mais marcantes:

- o homem, em geral, apresenta ombros e tórax mais largos e a pélvis relativamente estreita; os braços e pernas são mais compridos com mãos e pés maiores;
- quanto ao crânio masculino, todas as saliências são mais angulosas e próximas aos 90° do que o feminino, a não ser pelas proeminências temporais, mais aparentes na mulher que no homem;

- a mulher apresenta ombros estreitos com um tórax mais leve e arredondado; a pélvis é mais larga e inclinada para a frente; braços e pernas são mais curtos, sendo as mãos e os pés menores;
- acrescenta-se que a diferença média entre as alturas de homens e mulheres é em torno de 6 ou 7%;
- quanto às diferenças na constituição física, observa-se que na forma masculina predomina o tecido muscular sobre o adiposo, enquanto na feminina 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.

A figura 4 (DIFFRIENT [6]) apresenta as diferenças dimensionais encontradas nos dois extremos de uma população (homem grande e mulher pequena).

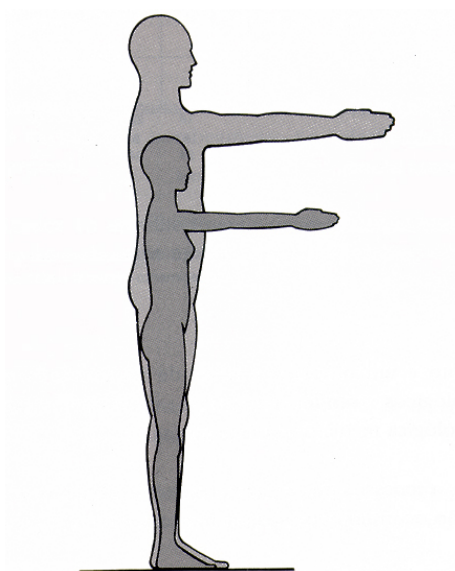


Figura 4 - Comparação entre o homem grande e a mulher pequena (DIFFRIENT, 1978)

Idade

O crescimento total em altura culmina, para os homens, com o fim da adolescência e início dos vinte anos; para as mulheres, este crescimento é atingido alguns anos mais cedo.

Entretanto, com o passar dos anos, ocorre uma perda gradativa de estatura em ambos os sexos. Na figura 5, pode-se observar as mudanças relativas à altura em consequência do envelhecimento.

No estudo, também observou-se a diminuição do alcance superior das pessoas idosas.

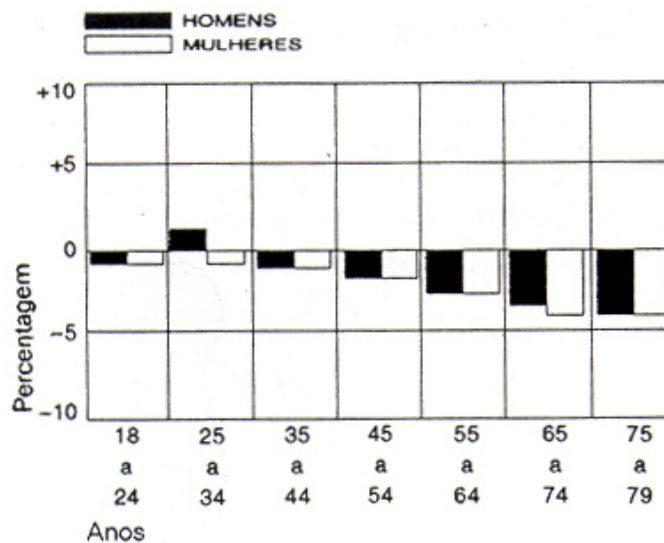


Figura 5 - Mudanças relativas à altura devido ao envelhecimento (National Health Survey, USA, 1962)

O envelhecimento é um processo gradual de mudanças degenerativas nos sistemas morfológicos, sendo impossível determinar com precisão a progressão cronológica média dessas mudanças.

Assim como o processo de desenvolvimento do corpo, os processos degenerativos não ocorrem necessariamente com a mesma velocidade.

Algumas mudanças na estrutura precedem outras, como, por exemplo, a calcificação das cartilagens, que com a idade avançada se torna mais pronunciada, prejudicando sua elasticidade.

Devido à calcificação dos discos intervertebrais ocorre, também, perda de estatura e de capacidade para movimentação do tronco.

Estudos realizados na Inglaterra demonstraram que a altura de mulheres idosas era inferior à altura de mulheres jovens.

A pesquisa demonstrou que a diferença era devida ao próprio processo de envelhecimento e não apenas ao fato de que a amostra de mulheres idosas fora obtida de uma geração anterior. (PANERO [22])

Com a idade, a atrofia muscular e a crescente fragilidade do esqueleto também se processam. Os ossos tornam-se gradualmente mais finos e porosos.

Todas essas mudanças, somadas à diminuição da eficiência do processo respiratório e da atividade de bombeamento do coração, reduzem ainda mais o movimento corporal.

Esses fatores ligados ao envelhecimento deverão ser considerados, sempre que o projeto venha a abranger uma população de idosos.

Somatotipia

Em todas as populações humanas é possível observar-se a variedade de tipos físicos (biótipos) encontrada entre os indivíduos.

Cada forma corporal adulta é desenvolvida a partir de determinados aspectos morfológicos, os quais variam de indivíduo para indivíduo do mesmo sexo.

Pequenas diferenças nas proporções corporais, quase imperceptíveis na época do nascimento, tendem a se acentuar durante o crescimento até que o biótipo de cada um esteja formado.

Em 1940, William Sheldon, um psicólogo americano, desenvolveu um método para determinação da constituição física dos indivíduos.

A pesquisa de Sheldon baseou-se no registro fotográfico do perfil, frente e costas de 4.000 estudantes da Universidade de Harvard.

Cada fotografia foi cuidadosamente analisada em conjunto com medidas e índices antropométricos, o que levou Sheldon a determinar três tipos extremos da forma corporal, denominados de *endomorfo*, *mesomorfo* e *ectomorfo*. Vide figuras 6A, 6B e 6C.

Endomorfo: forma física arredondada e macia, com grande depósito de gordura. O abdômen é cheio e extenso e o tórax parece pequeno. Os membros são curtos e delicados. Os ombros são cheios e, como a cabeça, de formato arredondado. Os ossos são pequenos.

Mesomorfo: 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. Os ossos são pesados.

Ectomorfo: 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 mas caídos, e os membros, compridos e finos. O crânio geralmente é grande, o rosto é magro e o pescoço longo.

Na maioria dos indivíduos estes componentes não se apresentam caracterizados de forma extrema, mas sim, moderadamente combinados.

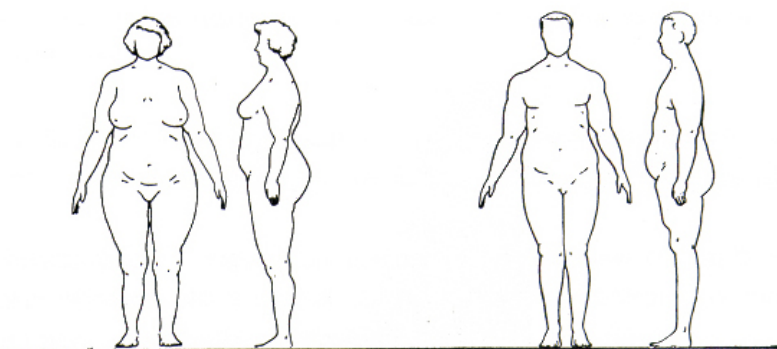


Figura 6A - Componentes ectomórficos extremos (SHELDON, 1940)

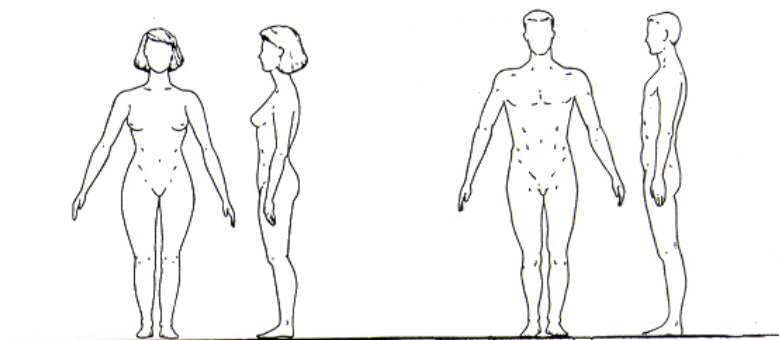


Figura 6B - Componentes mesomórficos extremos (SHELDON, 1940)

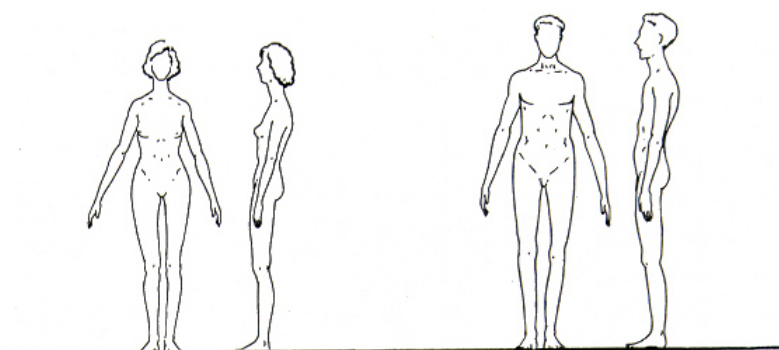


Figura 6C - Componentes endomórficos extremos (SHELDON, 1940)

A figura 7 correlaciona as diferenças entre endomorfos, mesomorfos e ectomorfos.

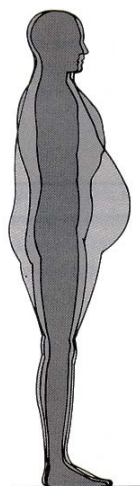


Figura 7 - Comparação entre endomorfos, mesomorfos e ectomorfos (DIFFRIENT, 1978)

2.6. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS — ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS

Basicamente, distinguem-se dois tipos de medidas antropométricas que interferem diretamente no projeto: medidas estruturais (também denominadas estáticas) e funcionais (também denominadas dinâmicas). De acordo com VAN COTT e KINKADE [29] os termos estrutural e funcional descrevem da melhor maneira o corpo e sua ação. Estes termos seguem as recomendações da Conferência de Normalização.

As medidas estruturais são aquelas obtidas com o corpo do sujeito em posições estandarizadas. A maior parte dos levantamentos antropométricos realizados apresenta valores de medidas estruturais, pois estas são mais acuradamente obtidas.

O uso destas medidas entretanto, deve restringir-se ao projeto de equipamentos que demandem poucos movimentos corporais para operá-los.

Medidas funcionais se referem às medidas obtidas com o corpo do sujeito nas diversas posturas de trabalho. Estas posturas resultam dos movimentos necessários para a execução de tarefas específicas. Ver figura 8.

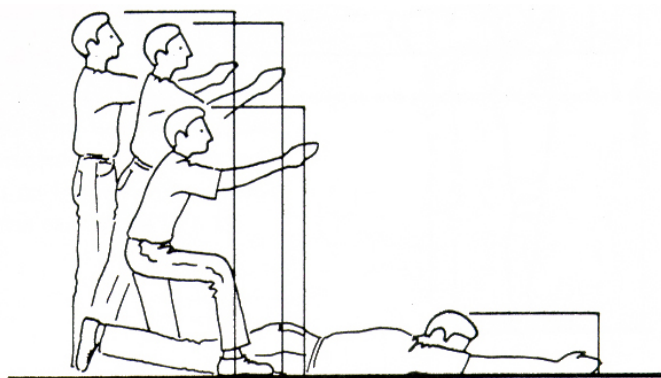


Figura 8 - Envoltórios de alcance em diversas posições (Eastman Kodak Company, 1983)

Medidas funcionais, por serem caracteristicamente tridimensionais, consomem maior tempo e são de mais difícil obtenção, não existindo portanto, muitos dados disponíveis.

Em geral, as medidas funcionais para projetos de equipamentos se referem mais à performance corporal na realização de uma determinada tarefa, do que à própria adequação das medidas corporais para tal procedimento. Vide figura 9.

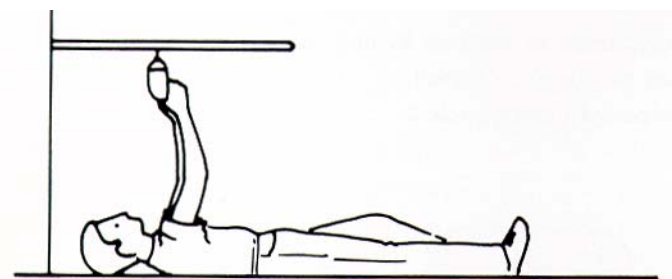


Figura 9 - Envoltório dimensional da área de trabalho (EASTMAN KODAK COMPANY, 1983)

3

A ESTATÍSTICA NA ANTROPOMETRIA

3.1. APRESENTAÇÃO DOS DADOS ANTROPOMÉTRICOS

Geralmente, os dados antro-pométricos para uso do projetista são apresentados na forma gráfica ou na forma tabular, exem-plificadas nas figuras 10 e 11.

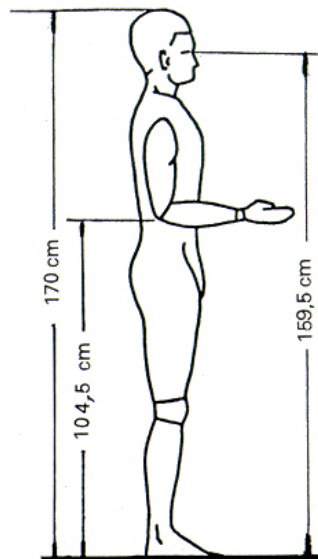


Figura 10 - Forma gráfica de apresentação de dados antropométricos (INT, 1988)

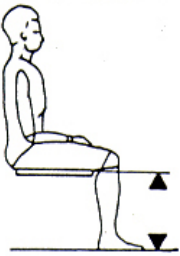
GRUPOS DE IDADE		18-24	25-34	35-44	45-54	55 e +
	Nº de Pessoas	563	1370	749	324	71
	Média	cm 43,4	42,8	42,0	41,7	41,8
	Desvio Padrão	cm 2,4	2,4	2,4	2,3	2,9
	Coeficiente de Variação	% 5,5	5,6	5,7	5,5	6,9
	P5	cm 40,0	39,0	38,5	38,0	37,5
	P50	cm 43,5	43,0	42,0	41,5	41,5
	P95	cm 47,0	47,0	46,0	45,5	46,5

Figura 11 - Forma tabular de apresentação de dados antropométricos - altura popliteal PEA/RJ (INT, 1988)

Cada medida antropométrica é coletada e registrada.

Os valores encontrados para cada variável antropométrica são ordenados de modo a indicarem a frequência da ocorrência destes valores; ou seja, o número de vezes em que tais valores foram observados. Vide figura 12.

INTERVALO	PONTO MÉDIO	FREQUÊNCIA
62.5 - 63.2	62.85	1
63.3 - 64.0	63.65	3
64.1 - 64.8	64.45	3
64.9 - 65.6	65.25	16
65.7 - 66.4	66.05	29
66.5 - 67.2	66.85	47
67.3 - 68.0	67.65	48
68.1 - 68.8	68.45	64
68.9 - 69.6	69.25	73
69.7 - 70.4	70.05	63
70.5 - 71.2	70.85	48
71.3 - 72.0	71.65	43
72.1 - 72.8	72.45	37
72.9 - 73.6	73.25	14
73.7 - 74.4	74.05	10
74.5 - 75.2	74.85	9
75.3 - 76.0	75.65	1

Figura 12 - Tabela de Frequência de Ocorrência
(ROEBUCK, 1975)

Entretanto, é através dos diagramas de colunas (histogramas de frequência) que a distribuição dos dados antropométricos pode ser mais facilmente entendida. Vide figura 13.

A altura das colunas varia de modo a indicar a frequência ou número de casos encontrados em cada intervalo.

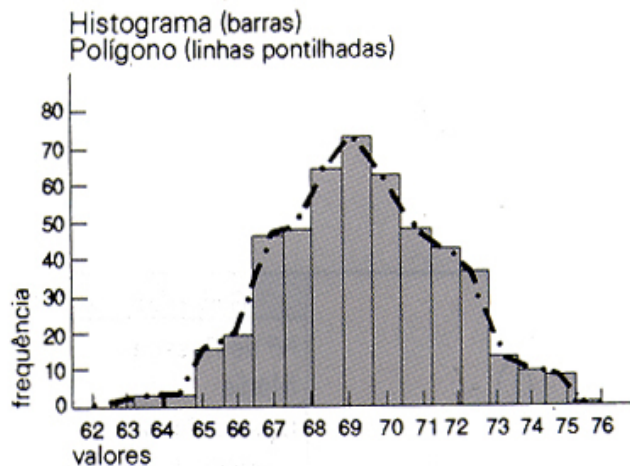


Figura 13 - Histograma e polígono de frequência (ROEBUCK, 1975)

Também é possível representar a distribuição dos dados antropométricos por meio de uma curva, utilizando-se a interseção da frequência com o ponto médio de cada intervalo. Na figura 13, a curva está demonstrada pela linha pontilhada. Esta configuração resultante é conhecida como "polígono de frequência".

A distribuição dos dados antropométricos, apesar das variações, aproxima-se muito da distribuição gaussiana; tal distribuição apresenta-se graficamente como uma curva simétrica em forma de sino (Curva de Gauss ou Curva Normal). Esta configuração significa que a maior porcentagem da distribuição está localizada graficamente em torno da área central da curva, e que esta concentração diminui à medida que se aproxima dos dois extremos da escala. Vide figura 14.

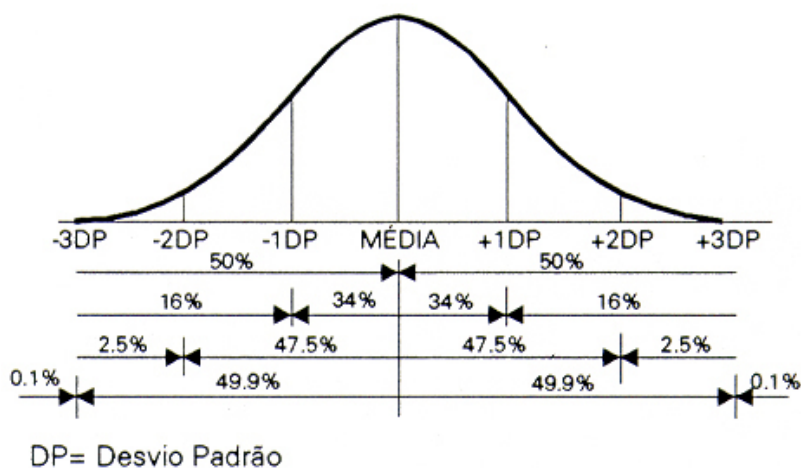


Figura 14 - Curva normal (PANERO, 1983)

Na área central da curva normal estão compreendidas três medidas de tendência central: a modal, a mediana e a média aritmética.

A modal é o valor que, em uma série de medidas tomadas ao acaso, ocorreu com maior frequência. A modal equivale ao ponto máximo da curva. Dizer que a modal de uma série de estaturas é 1,75 m corresponde a dizer que este é o valor da estatura mais freqüente.

A mediana é o valor que divide uma série de medidas em duas partes iguais; ou seja, o número de valores ordenados antes e depois da mediana é o mesmo (MORAES [19]). A mediana equivale ao percentil 50; portanto abaixo da mediana estão contidos 50% dos menores valores e acima estão contidos 50% dos maiores valores.

A média aritmética é o resultado encontrado depois de somar todos os valores e dividi-los pelo número total de casos.

Aos afastamentos dos valores em relação à média dá-se o nome de desvios.

Separatrizes

A separatriz determina os pontos de uma série de valores que dividem esta série numa dada proporção.

Os *quartis* são separatrizes que dividem a série de valores em quatro partes iguais, cada uma correspondendo a 25% da distribuição; os *decis* dividem a série de valores em dez partes, cada uma correspondendo a 10% da distribuição; e os *percentis* dividem a série de valores em cem partes, cada uma correspondendo a 1% da distribuição. (MORAES [19])

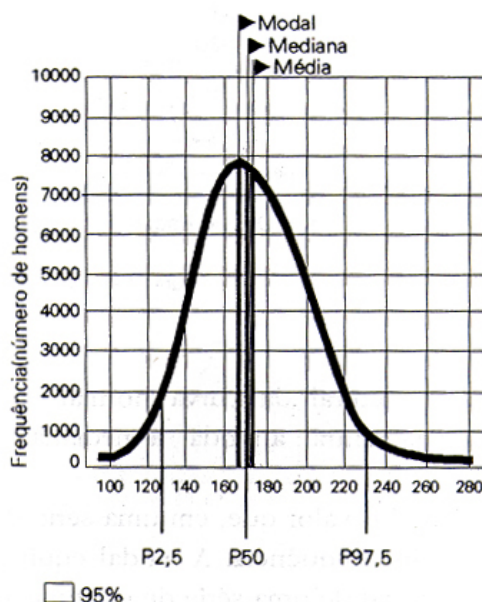


Figura 15 - Curva de distribuição de freqüência, peso de homens norte-americanos (DIFFRIENT, 1978)

Em uma distribuição perfeitamente normal a curva é simétrica, sendo os valores da modal, da mediana e da média coincidentes; entretanto, podem ocorrer curvas assimétricas e, assim, os valores das três medidas serão diferentes. Neste caso, o valor médio não corresponde ao percentil 50. Ver figura 15.

Desvio Padrão

O desvio padrão apresenta o grau de dispersão dos dados numéricos em relação a um valor médio.

Abraham De Moivre calculou uma fração de área total sob a curva normal a uma distância de +1 a -1, a partir da linha central da curva.

O valor encontrado foi 0,682688. Traçando-se verticais a +1 e -1 delimita-se uma área de 68,26% ou 34,13% para cada desvio padrão (DP), à esquerda ou à direita da média. (MORAES [19]). Vide figura 16.

A uma distância de dois desvios padrão (2 DP) estão delimitados 47,73%. Dada a simetria da curva, 95,46% da área estão compreendidos entre as ordenadas correspondentes a -2 DP e +2 DP. A uma distância de três desvios padrão (3 DP) delimita-se 49,87%; assim 99,73% da área estão compreendidos entre -3 DP e +3 DP.

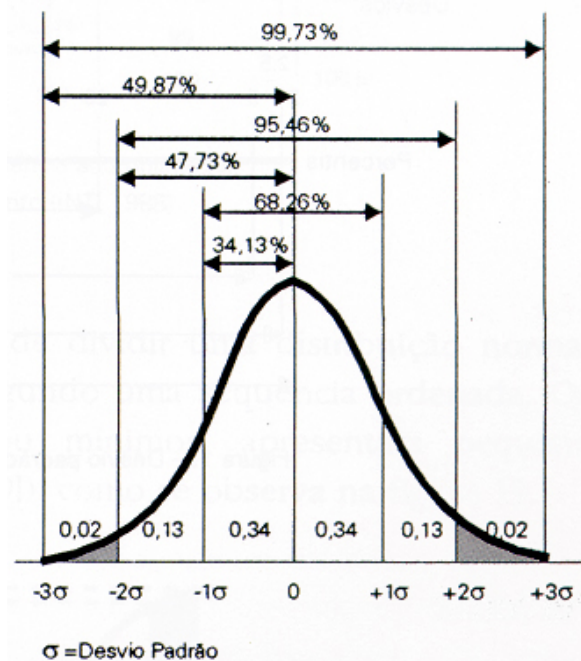


Figura 16 - Desvio padrão, áreas delimitadas

No dimensionamento de um produto para uso da população, trabalha-se com os valores das medidas que estão incluídos nas áreas de um ou mais desvios-padrão.

Dois desvios-padrão (+ ou -2 DP) contém a extensão de aproximadamente 95% dos valores em torno da mediana, o que significa considerar o intervalo entre o percentil 2,5 e o percentil 97,5.

Na prática, trabalha-se com uma proporção menor, + ou -1,5 desvio-padrão, o que significa considerar 90% da população, ou seja, do percentil 5 ao 95 (MORAES [19]). Ver figura 17.

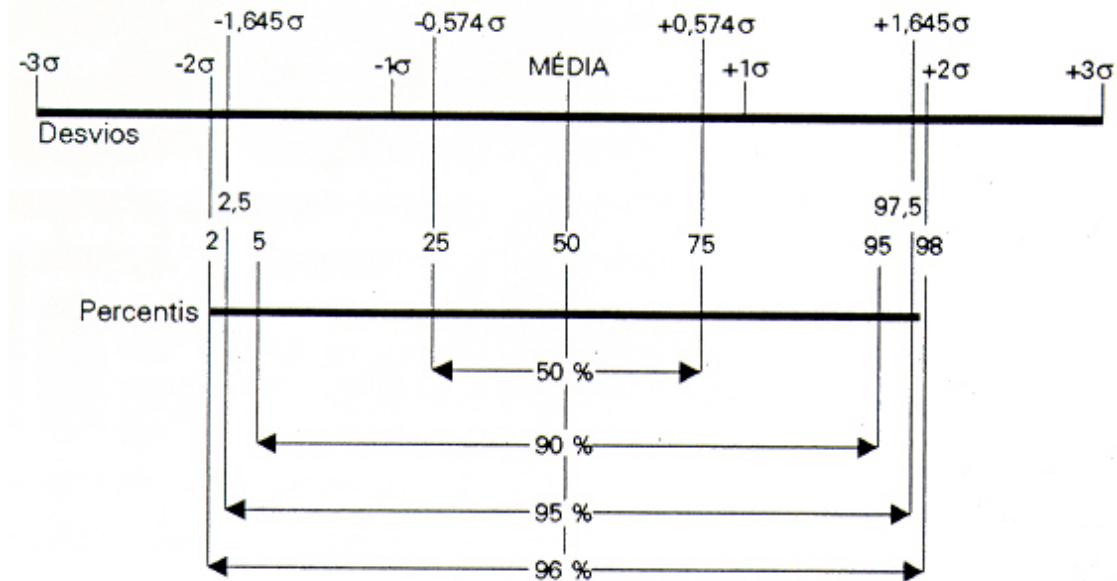


Figura 17 - Desvio padrão (adaptado de CRONEY, 1971)

Percentis

Normalmente, os limites antropométricos de um projeto são apresentados em termos de percentis. Os percentis simplesmente indicam a porcentagem de indivíduos da população que possuem uma medida antropométrica de um certo tamanho ou menor que este tamanho. Assim, em relação à qualquer uma das medidas antropométricas levantadas, a população é dividida em 100 categorias percentuais, que são posteriormente ordenadas, da menor para a maior.

Os percentis mostram a frequência acumulada (número de casos) para os valores encontrados em cada variável antropométrica, apresentando-os como porcentagem da população estudada. Vide figura 18.

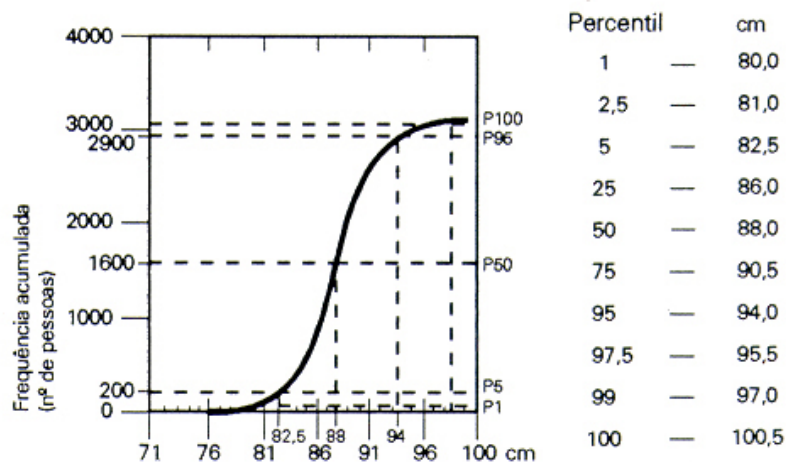


Figura 18 - Gráfico de frequência acumulada da altura da cabeça-assento (INT, 1988)

A utilização de percentis é uma forma de dividir uma distribuição normal desde o valor mínimo até o máximo, segundo uma sequência ordenada. Os percentis extremos, sejam máximos ou mínimos, apresentam pequena probabilidade de incidência (MORAES [19]), como se observa na figura 19.

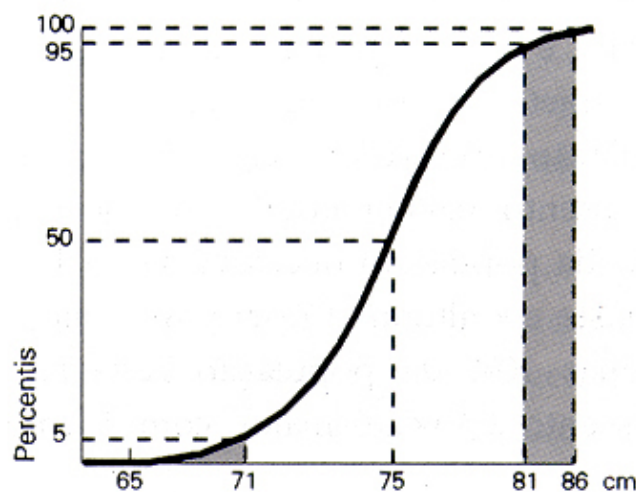


Figura 19 - Percentis extremos: incidência

O x° 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 percentil 25 para estatura indica que 25% da população possui esta medida com valor menor ou igual ao do percentil 25 e que 75% possui esta medida com valor maior.

O valor do percentil 95, para comprimento de mão, indica que 95% da população possui mãos menores ou com o comprimento igual ao deste percentil, e que 5% possui mãos maiores.

Da mesma forma, uma medida do percentil 5 indica que 5% da população possui esta medida com valor menor ou igual a deste percentil, e que 95% possui esta medida com valor maior.

Geralmente, as medidas dos extremos máximos (percentis 1 e 99) não são consideradas (isto dependendo da natureza do problema projetual; portas, por exemplo, tem que ser altas o suficiente para que 100% da população passem por debaixo delas), pois se o projeto da máquina ou ambiente de trabalho visasse abranger também estes extremos, haveria sérias dificuldades na sua execução. Além do inevitável aumento desproporcional de custos em relação aos benefícios obtidos, teríamos dificuldades para solucionar os problemas de inter-relacionamento dos vários requisitos dentro do projeto.

Um caso típico do aumento de custo, resultante de se adequar o projeto aos extremos populacionais, é o valor do ajuste mecânico para altura de assentos. Verifica-se para um projeto de assentos que, quando o banco se destina a atender 90% da população, ou seja, do percentil 5 ao 95, necessita-se de 9 cm de ajuste vertical do assento; para atender 95% o ajuste necessário seria de 11 cm; para atender 98% da população necessita-se de 13,5 cm de ajuste e para 100%, 20,5 cm de ajuste de altura. Observa-se então, que para se obter o atendimento de apenas 10% da população restante, seria necessário um ajuste da altura do assento 2,3 vezes maior, como demonstrado pela tabela a seguir (figura 20).

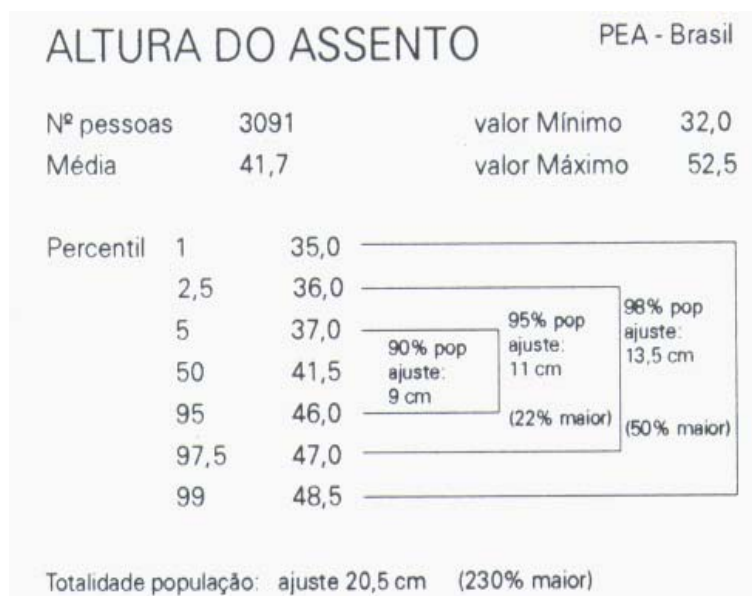


Figura 20 - Abrangência percentual do ajuste do assento

Quando se trabalha com percentis deve-se ter consciência de dois fatores importantes:

- os percentis antropométricos, relacionados a uma medida, referem-se somente a ela;
- não existe o indivíduo cujas medidas corporais pertençam a um único percentil.

Não existe a pessoa percentil 95, ou 90, ou percentil 5. Estas figuras são irreais. Um indivíduo que tenha a estatura no percentil 50, pode apresentar o valor para a altura do joelho no percentil 40 e o valor para o comprimento da mão no percentil 60.

O gráfico na figura 21 representa os percentis para várias medidas antropométricas de três indivíduos reais. Cada linha gráfica representa uma pessoa. Nota-se que o indivíduo representado pela linha sólida, por exemplo, apresenta percentil 70 para comprimento nádegas-joelho, percentil 15 para altura do joelho sentado e percentil 60 para altura do cotovelo-sentado. Se todas as dimensões corporais de um indivíduo estivessem relacionadas com o mesmo percentil, o gráfico se apresentaria como três linhas retas horizontais.

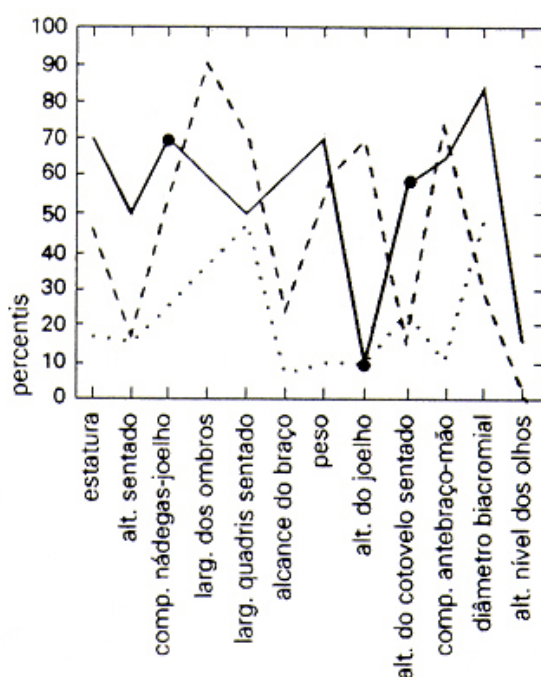


Figura 21 - Percentis USAF Flying Personal, 1950 (ROEBUCK, 1975)

Como complementação, deve-se alertar para dois aspectos relacionados à incorreta utilização dos percentis:

- a escala de percentis é uma escala ordenada gradualmente que, no entanto, não dá nenhuma informação sobre os intervalos entre os pontos de graduação. Observa-se que, em relação à uma medida antropométrica qualquer, o intervalo entre os percentis 70 e 75 pode ser 0,5 cm, enquanto o intervalo entre os percentis 95 e 99 pode ser 5,0 cm;