



A ANTROPOMETRIA E SUA APLICAÇÃO NA ERGONOMIA

ANTHROPOMETRY AND ITS APPLICATION TO ERGONOMICS

RESUMO

A antropometria é o ramo das ciências humanas que estuda as medidas do corpo, particularmente o tamanho e a forma. A ergonomia é a ciência do trabalho e envolve: as pessoas que o fazem, a forma como é feito, as ferramentas e equipamentos que elas usam, os lugares em que elas trabalham e os aspectos psicossociais nas situações de trabalho. De forma bastante simplificada, pode ser entendida como a adaptação do trabalho ao homem. Uma característica da ergonomia é a sua interdisciplinaridade, pois diversas áreas do conhecimento lhe dão sustentação. A antropometria assumiu uma importância especial com o surgimento dos sistemas complexos de trabalho onde o conhecimento das dimensões físicas do homem com exatidão, é muito importante. Uma das aplicações das medidas antropométricas na ergonomia é no dimensionamento do espaço de trabalho e no desenvolvimento de produtos industrializados como mobília, automóveis, ferramentas, etc. Com o avanço da tecnologia, haverá um aumento na precisão e automatização das técnicas de medida para uma melhor definição do tamanho humano e da mecânica do espaço de trabalho, roupas e equipamentos. Uma ferramenta bem desenvolvida, terá um desempenho melhor nas mãos de um operador sem prejudicar as estruturas músculo-esqueléticas do mesmo. Por outro lado, os dados antropométricos só têm sentido para a ergonomia se analisadas também as atividades que o trabalhador desenvolve.

Palavras-chave: ergonomia, antropometria, medidas.

ABSTRACT

Anthropometry, is the branch of the human science that studies the physical measurement of the human body, particularly size and shape. Ergonomics is the science of work: of the people who do it and the way it is done; the tools and equipment they use, the places they work in, and the psychological aspects of the working environment. In a simplified way can be understood as the adaptation of work to man. One characteristic of the ergonomic is its interdisciplinarity; since it is based on many different areas of knowledge. Anthropometry has a special importance because of the emergence of complex work systems where knowledge of the physical dimensions of man with accuracy is important. One application of anthropometrical measurement in ergonomics is the design of working space and the development of industrialized products such as furnishing, cars, tools, etc. With advances in technology, the precision and automation of measurement techniques will increase, improving definition of human size, and the mechanics of workspaces, clothing and equipment. A well-developed tool will perform better in a worker's hand without injuring his bodily structures. On the other hand, anthropometric data is only meaningful if the workers' activities are also analyzed.

Key words: ergonomic, anthropometry, measurement.

¹ Doutorando em Engenharia de Produção: Ergonomia UFSC. Professor da PUC/PR.

INTRODUÇÃO

A antropometria segundo Pheasant (1998), é o ramo das Ciências Sociais que lida com as medidas do corpo, particularmente com as medidas do tamanho e a forma. A origem da antropometria remonta-se à antigüidade, pois Egípcios e Gregos já observavam e estudavam a relação das diversas partes do corpo. O reconhecimento dos biótipos remonta-se a tempos bíblicos e o nome de muitas unidades de medida, utilizadas hoje em dia, é derivado de segmentos do corpo. A importância das medidas antropométricas ganhou especial interesse na década de 40, provocada de um lado pela necessidade da produção em massa, pois um produto mal dimensionado pode provocar a elevação dos custos e por outro, devido ao surgimento dos sistemas de trabalho complexos onde o desempenho humano é crítico e o desenvolvimento desses sistemas depende das dimensões antropométricas dos seus operadores. Atualmente a antropometria (antropologia física) associada aos valores culturais (antropologia cultural) constituem um ponto importante nas questões que envolvem transferência de tecnologias; é a denominada antropotecnologia (Panero e Zelnik, 1991; Lida, 1991; Santos et. al., 1997).

A ergonomia é a ciência do trabalho e envolve as pessoas que o fazem, a forma como é feito, as ferramentas que elas usam, os lugares em que eles trabalham e os aspectos psicossociais das situações de trabalho (Pheasant, 1998). De maneira bastante simplificada pode ser entendida como a adaptação do trabalho ao homem. Segundo a Ergonomics Research Society, "Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos desse relacionamento" (Lida, 1991). "Ergonomia é um conjunto de ciências e tecnologias que procura a adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu trabalho,

basicamente procurando adaptar as condições de trabalho às características do ser humano" (Couto, 1995). A ergonomia ou fatores humanos (Human Factors) como é denominada nos Estados Unidos, não é uma simples disciplina científica se não uma síntese que integra as ciências biológicas (psicologia, antropologia, fisiologia, medicina, etc.) com a engenharia (Panero e Zelnik, 1991). No passado, quase a totalidade das aplicações da ergonomia teve lugar no setor industrial e militar. As aplicações de caráter social foram secundárias como o desenho dos espaços interiores de uma casa, equipamentos sanitários e até o próprio tanque de lavar roupa. A associação entre o tamanho físico de uma pessoa e os objetos que ela usa é tão velha que surpreende a freqüência com que este fato é negligenciado. Hoje em dia, não é rara a cena em que um indivíduo tem que se curvar todo para lavar pratos na pia.

Para a realização dos seus objetivos a ergonomia estuda uma diversidade de fatores que são: o homem e suas características físicas, fisiológicas e psicológicas; a máquina que constituem todas as ferramentas, mobiliário, equipamento e instalações; o ambiente que contempla a temperatura, ruídos, vibrações, luz, cores, etc.; a informação que refere-se ao sistema de transmissão das informações; a organização que constitui todos os elementos citados no sistema produtivo considerando horários, turnos e equipes; e as conseqüências do trabalho onde entram as questões relacionadas com os erros e acidentes além da fadiga e o estresse (Lida, 1991).

A meta principal constitui a segurança e o bem-estar dos trabalhadores no seu relacionamento com os sistemas produtivos. A eficiência é conseqüência e não fim, pois se colocada a eficiência como objetivo principal, poderia significar sofrimento e sacrifício dos trabalhadores, o que seria inaceitável. Em 1948, com o projeto da cápsula espacial norte-americana, nasce o conceito de ergonomia moderna, pois foi necessário fazer um replanejamento de tempos e meios para se fazer a viagem ao espaço, em decorrência do

desconforto que passaram os astronautas no primeiro protótipo. Surge assim, através da antropometria, o conceito de que o fundamental não é adaptar o homem ao trabalho, mas procurar adaptar as condições de trabalho ao ser humano (Panero e Zelnik, 1991).

A ergonomia está presente no dia-a-dia das pessoas, pois as suas aplicações estão presentes na indústria, na mineração, no setor de serviços e no próprio lar. Recentemente foi lançado um novo barbeador com três lâminas que, se realmente concebido e fabricado dentro das especificações fornecidas pelo fabricante, se adapta melhor aos contornos do rosto, permite um menor número de passadas diminuindo a irritação provocada pelo ato de barbear, constituindo um barbeador ergonômico.

Uma característica da ergonomia é a sua interdisciplinaridade. Existem diversos profissionais ligados com a questão ergonômica, seja relacionado à saúde, ao projeto de máquinas e equipamentos ou à organização do trabalho por si. Não existe uma categoria profissional capaz de dar uma solução ergonômica completa de maneira que engenheiros, médicos, professores de educação física, arquitetos, psicólogos, nutricionistas, etc. possam ser observados trabalhando em projetos comuns. Os níveis de intervenção de uma equipe ergonômica podem ser classificados em: 1) transformação das condições primitivas em postos de trabalho; 2) melhoramento das condições de conforto relacionadas ao ambiente de trabalho; 3) melhoramento do método de trabalho; 4) melhoramento da organização do sistema de trabalho e 5) ergonomia de concepção (Couto, 1995).

ANTROPOMETRIA E SUA UTILIZAÇÃO NA ERGONOMIA

A antropologia é a ciência da humanidade com a preocupação de conhecer cientificamente o ser humano na sua totalidade (Marconi citado por Santos, 1997). Devido ao fato de ser um objetivo extremamente amplo que visa o ho-

mem como ser biológico, pensante, produtor de culturas e participante da sociedade, a antropologia se divide em dois grandes campos: a antropologia física e a antropometria cultural. A antropologia física ou biológica, estuda a natureza física do homem, origem, evolução, estrutura anatômica, processos fisiológicos e as diferenças raciais das populações antigas e modernas. Nesta situa-se a antropometria, com o objetivo de levantar dados das diversas dimensões dos segmentos corporais (Santos, 1997). A contribuição da ciência das medidas tem sido comentada muito na história das civilizações. Segundo Roebuck (1975), ao estatístico belga Quetelet é creditada a fundação da ciência e a invenção do próprio termo “antropometria” com a publicação em 1870 da sua obra *Antropometrie*, que constituiu a primeira pesquisa somatométrica em grande escala. A antropometria tem as suas origens na antropologia física que, como registro e ciência comparada, remonta-se às viagens de Marco Polo (1273-1295), que revelou um grande número de raças humanas diferentes em tamanho e constituição, e na antropologia racial comparativa inaugurada por Linné, Buffon e White no século XVIII, demonstrando que haviam diferenças nas proporções corporais de várias raças humanas (Panero e Zelnik, 1991; Roebuck, 1975).

No final do século XIX e início do século XX observou-se o desenvolvimento e a ampliação do interesse por estudos detalhados do homem vivo e as suas marcas no esqueleto. As estatísticas fornecidas pelos médicos militares de recrutas são de especial interesse pois relacionam as dimensões corporais com a ocupação (antropologia ocupacional). São notáveis os estudos realizados durante a Guerra Civil Americana, Primeira e Segunda Guerra Mundial.

Muitos estudos sistemáticos das dimensões do corpo humano no final dos anos de 1800 e início dos anos de 1900 tinham propósitos relacionados com produtos comerciais, registros médicos ou seleção militar. Muitas pesquisas antropológicas militares foram direcionadas para o estabelecimento dos efeitos das dimensões

corporais na construção e utilização de equipamento militar. Estes estudos eventualmente auxiliaram na convergência das disciplinas tais como psicologia, antropologia, fisiologia e medicina com a engenharia. A síntese de tudo isso veio mais tarde a se chamar engenharia humana nos Estados Unidos e ergonomia na maioria dos outros países. A área do conhecimento que envolve as dimensões corporais foi chamada por Randal de antropologia física aplicada (Roebuck, 1975).

A necessidade da integração das ciências da vida para aplicações de engenharia foi colocada em evidência durante a Segunda Guerra Mundial, que criou uma nova série de problemas que envolvem o homem, a máquina e o meio ambiente. Em adição a tais problemas, como a definição das dimensões de roupas para a tropa, um grande número de acidentes na operação de aeronaves apontou a necessidade do estudo das suas causas. Diversos profissionais foram consultados para estudar as ações do homem sob o estresse de voar encontraram que a complexidade dos modernos equipamentos militares fora concebido fora das capacidades do homem para operá-los. Entre outros problemas, foi encontrado que as cabines eram freqüentemente muito pequenas para muitos pilotos, dificultando ou impedindo muitos movimentos. O estudo das dimensões corporais tomou renovado interesse quando foi constatado que havia poucos dados confiáveis dos tamanhos dos pilotos militares que auxiliassem na resolução desses problemas. Após a Segunda Guerra Mundial, a ênfase em adaptar a máquina ao homem tornou-se melhor desenvolvida com objetivos comerciais e militares, levando em consideração não apenas as medidas corporais mas também os fatores fisiológicos e psicológicos envolvidos.

Se na década de 40 as medidas antropométricas procuravam determinar as médias de uma população como peso, estatura, hoje o interesse principal está centrado nas diferenças entre grupos e as influências de variáveis como raça, região geográfica e a cultura. Toda a população é constituída de indivíduos diferentes

e até há pouco tempo havia a preocupação para estabelecer padrões nacionais, porém com a crescente internacionalização da economia, alguns produtos são vendidos no mundo todo, como por exemplo os computadores, automóveis e aviões. Isto contribuiu para que se pensar-se mais amplamente. Ao se projetar um produto deve-se pensar que os consumidores podem estar espalhados por muitos países. Embora não existam medidas confiáveis para a população mundial, grande parte das medidas disponíveis são oriundas de contingentes das forças armadas, o que limita bastante, pois esta população caracteriza-se por ser predominantemente do sexo masculino, na faixa dos 18 aos 30 anos e que atenderam aos critérios para recrutamento militar como peso e estatura mínimos (Roebuk, 1975; Lida, 1991; Panero e Zelnik, 1991).

A Revolução Industrial focou suas atividades no mercado de massas e as medidas de saúde de massas, isto devido à necessidade de aplicar as medidas do homem para desenvolvimento de produtos para a produção em massa. A noção de “normalidade” na proporção e tamanho foi gradualmente substituída por tabelas estatísticas. Desde 1940 a 1970 houve um aumento significativo da necessidade das dimensões corporais na área industrial. Esta tendência tem sido particularmente forte na indústria aeronáutica, onde peso e tamanho constituem fatores críticos na performance e economia das aeronaves (Roebuck, 1975).

Sempre que possível e justificável, deve-se realizar as medidas antropométricas da população para a qual está sendo projetado um produto ou equipamento, pois equipamentos fora das características dos usuários podem levar a estresse desnecessário e até provocar acidentes graves. Normalmente as medidas antropométricas são representadas pela média e o desvio padrão, porém a utilidade dessas medidas depende do tipo de projeto em que vão ser aplicadas (Lida, 1991).

Um primeiro tipo de projeto pode ser considerado como sendo para o tipo médio. O

homem médio ou padrão é uma abstração, pois poucas pessoas podem ser consideradas como padrão, porém uma cadeira construída para a pessoa média, vai provocar menos incômodos para os muito grandes e para os muito pequenos do que se fosse feita para um gigante ou para um anão. Não será ótimo para todas as pessoas, mas causará menos inconvenientes do que se fosse feita para pessoas maiores ou menores em relação à média.

Projetos para indivíduos extremos. Uma saída de emergência projetada pela média, provavelmente não permitiria que um indivíduo grande sair, ou num determinado painel de controle projetado para a população média uma pessoa baixa poderia não alcançar. Nestes casos aplica-se o projeto para indivíduos extremos, maior ou menor, dependendo do fator limitativo do equipamento. Deve-se tentar acomodar pelo menos 95% dos casos.

Projetos para faixas da população. São equipamentos normalmente desenvolvidos para cobrir a faixa de 5 a 95% de uma população. Por exemplo, bancos e cintos de automóveis. Desenvolver produtos para 100% de uma população apresenta problemas técnicos e econômicos que não compensam.

Projetos para o indivíduo. São produtos projetados especificamente para um indivíduo. São raros no meio industrial. É o caso dos aparelhos ortopédicos, roupas feitas sob medida. Proporcionam melhor adaptação entre o produto e o usuário mas aumentam o custo e só são justificáveis em casos onde a possibilidade de falha teria conseqüências muito graves e onerosas, como é o caso das roupas dos astronautas, corredores de fórmula 1, etc.

Do ponto de vista industrial, quanto mais padronizado for o produto, menores serão seus custos de produção e de estoque. O projeto para a média é baseado na idéia que isso maximiza o conforto para a maioria. Na prática isso não se verifica. Há diferença significativa entre as médias de homens e mulheres, e a adoção de uma média geral acaba beneficiando uma faixa relati-

vamente pequena da população, cujas médias caem dentro da média adotada.

Nos casos onde há uma predominância de mulheres, deve-se adotar a média feminina, pois isso proporcionará conforto para essa maioria. Até a década de 50 os automóveis eram dimensionados para motoristas do sexo masculino; à medida que foi aumentando o número de mulheres na direção de veículos, tornou-se necessário fazer uma adaptação ao projeto, aumentando a faixa de ajustes do banco.

Em muitas circunstâncias há necessidade de se combinar medidas máximas masculinas com medidas mínimas femininas, como é o caso das saídas de emergência que devem ser projetadas para comportar pelo menos até o percentil 95 masculino. Os locais de trabalho onde devem trabalhar homens e mulheres geralmente são dimensionados pelo mínimo, isto é, o percentil 5 das mulheres.

Uma das grandes aplicabilidades das medidas antropométricas na ergonomia é no dimensionamento do espaço de trabalho. Lida (1991), define espaço de trabalho como sendo o espaço imaginário necessário para realizar os movimentos requeridos pelo trabalho. O espaço de trabalho para um jogador de futebol é o próprio campo de futebol e até uma altura de 2,5 m (que é a altura de cabeceio). O espaço de trabalho de um carteiro seria um sólido sinuoso que acompanha a sua trajetória de entregas e tem uma seção retangular de 60 cm de largura por 170 de altura. Porém a maioria das ocupações da vida moderna desenvolve-se em espaços relativamente pequenos com o trabalhador em pé ou sentado, realizando movimentos relativamente maiores com os membros do que com o corpo e onde devem ser considerados vários fatores como: postura, tipo de atividade manual e o vestuário.

Dentro do espaço de trabalho as superfícies horizontais são de especial importância, pois são sobre elas que se realiza grande parte do trabalho. Na mesa de trabalho os equipamentos devem estar corretamente posicionados dentro

da área de alcance que corresponde aproximadamente a 35 – 45 cm com os braços caídos normalmente e de 55 a 65 cm com os braços estendidos girando em torno do ombro. A altura da mesa também é muito importante, principalmente para o trabalho sentado, sendo duas variáveis as responsáveis para a determinação da sua altura, a altura do cotovelo, que depende da altura do assento e o tipo de trabalho a ser executado. A altura da mesa resulta da soma da altura poplíteia e da altura do cotovelo. Com relação ao tipo de trabalho deve-se considerar se este será realizado a nível da mesa ou em elevação.

O assento é, provavelmente, uma das invenções que mais contribuiu para modificar o comportamento humano. Muitas pessoas chegam a passar mais de 20 horas por dia na posição sentada e deitada. Daí o grande interesse dos pesquisadores da ergonomia com relação ao assento. Na posição sentada, o corpo entra em contato com o assento só através da sua estrutura óssea. Esse contato é feito através das tuberosidades isquiáticas que são recobertas por uma fina camada de tecido muscular e uma pele grossa, adequada para suportar grandes pressões. Em apenas 25 cm² de superfície concentra-se 75% do peso total do corpo. Com relação aos assentos, deve-se observar os seguintes princípios gerais: 1) existe um assento adequado para cada tipo de função, 2) as dimensões do assento devem ser adequadas às dimensões antropométricas, 3) o assento deve permitir variações de postura, 4) o encosto deve ajudar no relaxamento, 5) assento e mesa formam um conjunto integrado (Iida, 1991).

Existem inúmeros dados antropométricos que podem ser utilizados na concepção dos espaços de trabalho, mobília, ferramentas e produtos de forma geral; na maioria dos casos pode-se utilizá-los no projeto industrial (Santos, 1997). Contudo, devido à abundância de variáveis, é importante que os dados sejam os que melhor se adaptem aos usuários do espaço ou objetos que se desenham. Por isso, há

necessidade de se definir com exatidão a natureza da população que se pretende servir em função da idade, sexo, trabalho e raça. Muitas vezes, quando o usuário é um indivíduo ou um grupo reduzido de pessoas e estão presentes algumas situações especiais, o levantamento da informação antropométrica é importante, principalmente quando o projeto envolve um grande investimento econômico (Panero e Zelnik, 1991).

Embora muitas das aplicações de engenharia utilizam técnicas desenvolvidas pelos primeiros antropologistas, tem ocorrido muitas mudanças na formas de obter dados e principalmente nos instrumentos desenvolvidos, para atender a necessidades específicas. Em especial a necessidade de estabelecer relações espaciais em coordenadas tridimensionais foi desenvolvida como aplicação da antropometria na engenharia. Os engenheiros devem saber trabalhar não somente com os comprimentos do corpo mas também saber onde eles estão localizados durante a atividade física. A antropometria possui uma importância muito grande no planejamento do posto de trabalho e no desenvolvimento de projetos de ferramentas e equipamentos. As relações entre antropometria clássica, a biomecânica e engenharia antropométrica são tão estreitas e interrelacionadas que é difícil e muitas vezes desnecessário delimitá-las. A antropologia física é obviamente a base para cada uma delas e a designação do ambiente humano para atender as suas dimensões e atingir as suas capacidades é o resultado (Roebuck, 1975).

Durante os últimos anos, o desenvolvimento dos computadores permitiu um melhor tratamento dos dados obtidos em grandes levantamentos e permitiu o desenvolvimento de modelos matemáticos dos fenômenos antropométricos. No futuro, certamente as atividades antropométricas continuarão no estudo de características populacionais e das condições de conforto destas. Com a melhor definição das variáveis antropométricas, talvez menos pessoas ficarão descontentes por pertencerem aos grupos que ficam abaixo do percentil 5 ou acima do

percentil 95. Nas áreas de tecnologia avançada haverá um aumento da precisão e automatização das técnicas de medida com o desenvolvimento de “scanners” para uma melhor definição do tamanho humano e da mecânica do espaço de trabalho, roupas equipamentos e ferramentas.

Cada vez mais ouvimos o termo “desenhado ergonomicamente”, porém poucas pessoas sabem o que isto significa realmente. Uma boa maneira de reconhecer de forma subjetiva, porém prática, se um produto foi desenhado ergonomicamente, consiste em seguir as orientações de um folder publicado pela Sociedade de Ergonomia da Inglaterra e citado por Pheasant (1998).

Tente usar, pense em todas as maneiras e circunstâncias em que você poderia usar. Serve para seu corpo ou poderia ser melhor? Pode você ver e ouvir tudo o que você precisa ver e ouvir? É difícil de dar errado? É confortável de usar o tempo todo? (ou só no início)? É fácil e conveniente de usar ou poderia ser melhorado? É fácil de aprender a usar? As instruções são claras? É fácil de manter e limpar? Se sente relaxado após o uso? Se as respostas a todas estas perguntas forem sim, então o produto provavelmente tenha sido desenhado pensando no usuário.

CONCLUSÃO

A tecnologia é efetiva na medida que o homem pode operar e manter as máquinas por ele projetadas. Um projeto bem desenvolvido tira vantagens das capacidades humanas, considera as limitações e amplifica os resultados do sistema. Se isto não for conseguido, a performance do sistema é reduzida e o propósito para o qual o equipamento foi desenvolvido, além de não atin-

gido, pode se tornar perigoso, pois pode provocar acidentes por estresse do seu operador. Esta consideração é significativa devido ao desenvolvimento de sistemas altamente complexos que levam a capacidade do homem cada vez mais próxima dos seus limites.

Fica evidente a necessidade do perfeito conhecimento das características físicas e socioculturais dos usuários de ferramentas e equipamentos. Considerando as ferramentas, como extensões do próprio homem para executar o seu trabalho com o máximo de eficiência e conforto, torna-se necessário que na concepção destas o usuário seja analisado e considerado como um todo. Uma ferramenta bem desenvolvida terá um desempenho melhor nas mãos de um operador sem prejudicar as estruturas músculo-esqueléticas do mesmo. Por outro lado, os dados antropométricos só têm sentido para a ergonomia se analisadas também as atividades que o trabalhador desenvolve.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Couto, Hudson de Araújo. (1995). **Ergonomia aplicada ao trabalho: manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte : ERGO Editora.
- Iida, Itiro. (1992). **Ergonomia, projetos e produção**. São Paulo : Edgar Blücher Ltda.
- Panero, Julius e Zelnik, Martin. (1991). **Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos**. 5ª ed. México : G. Gili.
- Pheasant, Stephen. (1998). *Bodyspace: anthropometry, ergonomics and the desing of work*. 2 ed. London : Taylor & Francis Ltd.
- Roebuck, J. A. Jr.; Kroemer, K. H. E.; Thomson, W. G. (1975). **Engineering anthropometry methods**. New York : Wiley-Intersciencie : J Wiley.
- Santos, Neri dos et. al. (1997). **Antropotecnologia: a ergonomia dos sistemas de produção**. Curitiba : Genesis.

Endereço do Autor

Ciro Romelio Rodriguez-Añez
Rua Imaculada Conceição, 790/11 - Prado Velho
80215-030 – Curitiba – PR
e-mail ciroanez@rla01.pucpr.br e ciroanez@eps.ufsc.br