Análise ergonômica de um sistema homem-máquina

LÚCIO HERACLIO HUAMAN URETA

1. Importância da ergonomia no desenho; 2. Análise do sistema; 3. Desenho experimental; 4. Resumo.

1. Importância da ergonomia no desenho

1.1 *Introdução*

Ergonomia ou engenharia humana permite o enfoque do desenho com caráter de sistema, ao contrário da concepção tradicional do desenho de máquinas, que considerava os fatores humanos como puramente complementares. Usando-se esse critério de sistema, foi explorado um modelo de produção homem-máquina, para verificar se tal sistema era sensível a variações de caráter ergonômico.

Foi tomado como modelo experimental o sistema, compreendido por um operador e um torno, no qual se explicitou a interface como região acionada dos *feedbacks*, cuja variação daria lugar a modificações da *performance* do sistema; isto é, nossa atenção principal foi centralizada sobre as variáveis do subsistema de informações.

A efetividade do sistema modelo foi avaliada pela qualidade (precisão) do componente, medido através das variações de profundidade do corte.

Podemos resumir o objetivo do presente trabalho no conteúdo da seguinte hipótese nula: "A efetividade de um mesmo sistema, não muda por variações que ocorrem na interface".

Para cumprir nosso objetivo, desenvolveu-se uma estrutura experimental que, por um lado, levou em conta a sensibilidade dos fatores humanos e, por outro lado, a eficiência da análise estatística.

1.2 *Desenho e ergonomia*

O desenho de produtos, com visão nos fatores humanos, se baseia na consideração das características não funcionais de caráter ergonômico. Tal como comenta Klein (1971), a prática do desenho no passado focalizava sua atenção no funcionamento da máquina com pouca ou nenhuma atenção ao homem e seu meio ambiente; isto é, em lugar de desenhar-se o usuário para ser ajustado ao produto, desenhava-se o produto para ser ajustado ao consumidor; ou seja, desenhar um sistema que considere a capacidade psicofisiológica do homem. Neste campo temos também: Burgess (1969), Palmer (1971) Grien (1963), etc. que colocam esta concepção em seus trabalhos.

Contudo, a inclusão de maiores características de qualidade, aparentemente, obrigaria a maiores custos de produção; dúvida que merece ser analisada, considerando aspectos econômicos e humanos.

1.3 *Análise ergonômica de uma máquina ferramenta*

Na abordagem ergonômica de uma máquina ferramenta, Carlet (1964) estuda a relação entre algumas características de informação da máquina e estabelece, experimentalmente, o efeito de mudanças de diâmetro de dial do micrômetro da máquina, apesar das linhas, diâmetro de controle transversal e resistência de torque na consistência da leitura dos operadores. Posteriormente, outros pesquisadores analisaram aspectos relativos a este sistema; citamos, entre eles, os trabalhos de Easterby (1964), Bulart (1971), Singleton (1969).

2. **Análise do sistema**

2.1 *Interface*

Começaremos pela interpretação da interface, tanto por sua semântica, quanto por sua interpretação tecnológica; a interface viria a ser não uma fronteira de separação, mas sim apenas uma região de interrelacionamento, compreendida pelas propriedades dos elementos unidos.

Tendo a interface as características assinaladas, ao realizar o estudo ergonômico da máquina, dever-se-á evidenciá-las e defini-las para não perder de vista a reciprocidade entre os estados da máquina e do homem.

Uma tentativa de representação analítica experimental seria estabelecida nos seguintes termos:

I $= n_{ij}$, $i = (1, 2, \ldots\ldots\ldots, k)$; $j = (1, 2, \ldots\ldots\ldots, l)$

II $n_{ij} = f(h_i, m_j)$; (estados do homem e da máquina)

III uma matriz $m \times n$, donde:
j = número de *displays*
i = subsistemas característicos

IV j = *feedbacks*

A análise destas interrelações nos conduziria à avaliação da eficiência do sistema (precisão do componente), em termos das variáveis endógenas do sistema, supondo constante as variáveis exógenas.

2.2 *Variáveis endógenas do sistema*

As variáveis que teriam defeitos relevantes no comportamento do sistema seriam:

O_j (variável antropométrica); é uma variável quase quantitativa;

P_j (posição relativa de informação); é uma variável qualitativa;

M_j (forma da manivela de controle transversal); é uma variável quase qualitativa;

D_j (diâmetro do dial do micrômetro); é uma variável quantitativa;

E_j (escala do dial do micrômetro); é uma variável qualitativa;

C_j (acabamento inicial do componente); considerado qualitativamente.

3. **Desenho experimental**

O modelo empregado foi de estrutura fatorial a dois níveis, para as variáveis antes mencionadas, completo e simétrico, sendo que:

$$Y(ijklmn) = \overline{\overline{y = A}} + A_i + B_j + D_l + C_k + E_m + F_n + AB_{ij} + AC_{ik} + AD_{jl} + AF_{in} + \ldots\ldots\ldots + C_{(ijklmn)}$$

Corresponde a um desenho completamente aleatório.

3.1 *Conclusões*

Da análise do problema formulado na hipótese nula, chegou-se às seguintes conclusões:

a) As variáveis: (1) antropometria, (2) forma da manivela, (3) tipo de escala, (4) acabamento superficial; afetariam a *performance* do sistema com probabilidade de erro do tipo 1, de 0,10.

b) Uma interrelação ergonômica eficiente seria aquela que considerasse:
- uma antropometria como a do operador O_2 (estatura alta);
- uma manivela da forma M_2 (maior tamanho que o original da máquina usada);
- uma escala do tipo E_1 (original da máquina);
- um acabamento superficial tipo C_1 (menor rugosidade);

c) A melhoria da *performance* do sistema se obteria com pequenas inversões.

d) A identificação da interface permitiria diferenciar uma "análise do trabalho" de "uma análise ergonômica".

3.2 *Recomendações*

Devido ao caráter desta pesquisa seria conveniente considerar os seguintes aspectos:

1. Aprofundar o estudo, tomando como variáveis independentes *O* e *M*, usando como variáveis respostas: fadiga e/ou tempo de acionamento do sistema;

2. Realizar outro estudo, tomando como variáveis independentes: (i) antropometria, (ii) acabamento superficial, e (iii) aproximação do micrômetro;

3. Estudar um *display* que facilite o ajuste da máquina à profundidade do corte exigido;

4. Sempre que se desenha um dispositivo ou uma máquina deve ser desenhado o sistema e não somente a máquina.

4. Resumo

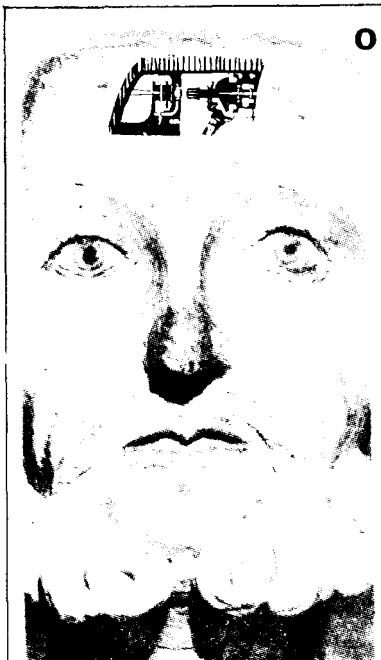
A eficiência de um sistema homem-máquina pode ser afetada pelas interações dos dois que se processam na interface desse sistema. Considerando um torno mecânico, foram feitas determinações experimentais usando dois operadores sob diferentes condições, torneando peças padronizadas, num total de 256 provas. Foram escolhidas, como variáveis independentes, aquelas que pertencem ao subsistema de

informações (dispositivos visuais) e, como variável dependente, a profundidade do corte das peças torneadas. Dado o caráter exploratório desta pesquisa, aplicou-se um experimento fatorial de dois níveis, correspondendo às seguintes variáveis independentes: 1. antropometria do operador; 2. diâmetro e 3. escala do tambor micrométrico; 4. forma de manivela de controle transversal; 5. acabamento inicial da peça e 6. posição relativa do operador. Comprovou-se que as variáveis significativas no nível de 10% de confiança, e que influem no desempenho do sistema, são as variáveis 1, 3, 4 e 5 acima enumeradas. Além disso, observou-se também várias interações de natureza ergonômica e mecânica. Todos esses fatores influem no desempenho do sistema homem-máquina e devem ser devidamente consideradas no projeto de máquinas e equipamento.

Nota do autor: A indicação das referências bibliográficas, para consulta, encontra-se nas seguintes teses:

Ureta, L.H.H. *Análise ergonômica de um sistema homem-máquina.* Rio de Janeiro, Tese. UFRJ-COPPE, 1973.

Iida, Itiro. *Alma Mater.* Rio de Janeiro, UFRJ-COPPE, sd.



O Veículo do Psicólogo Brasileiro

arquivos brasileiros de psicologia aplicada

Publicação trimestral da Fundação Getulio Vargas

Assinaturas:

Praia de Botafogo, 188 – CP. 21 120 – ZC – 05
Rio de Janeiro – RJ