

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

MTPS - DNSHT - INPS - FUNDACENTRO - PNVT - META IV

ERGONOMIA

Fernando de Araújo Guimarães (*)

INTRODUÇÃO = SISTEMA HOMEM-MÁQUINA

1. INTRODUÇÃO:

Ergonomia ou Engenharia Humana tem sido definida como o estudo científico das relações entre o homem e o seu ambiente de trabalho. O termo ambiente é aqui utilizado num sentido mais global, incluindo também equipamentos, aparelhos, ferramentas, materiais, métodos de trabalho e a própria organização do trabalho.

A relação e a colaboração de outras ciências, tais como fisiologia aplicada, anatomia, antropometria, psicologia, higiene industrial, medicina do trabalho e outras, para a ergonomia, é enorme e indispensável. Esta tem como objetivos aumentar a eficiência das atividades humanas, minimizar os custos impostos pelas atividades ao trabalhador, através da remoção de características de projeto que, a longo prazo, são capazes de causar danos, queda de eficiência no trabalho e de habilitação física.

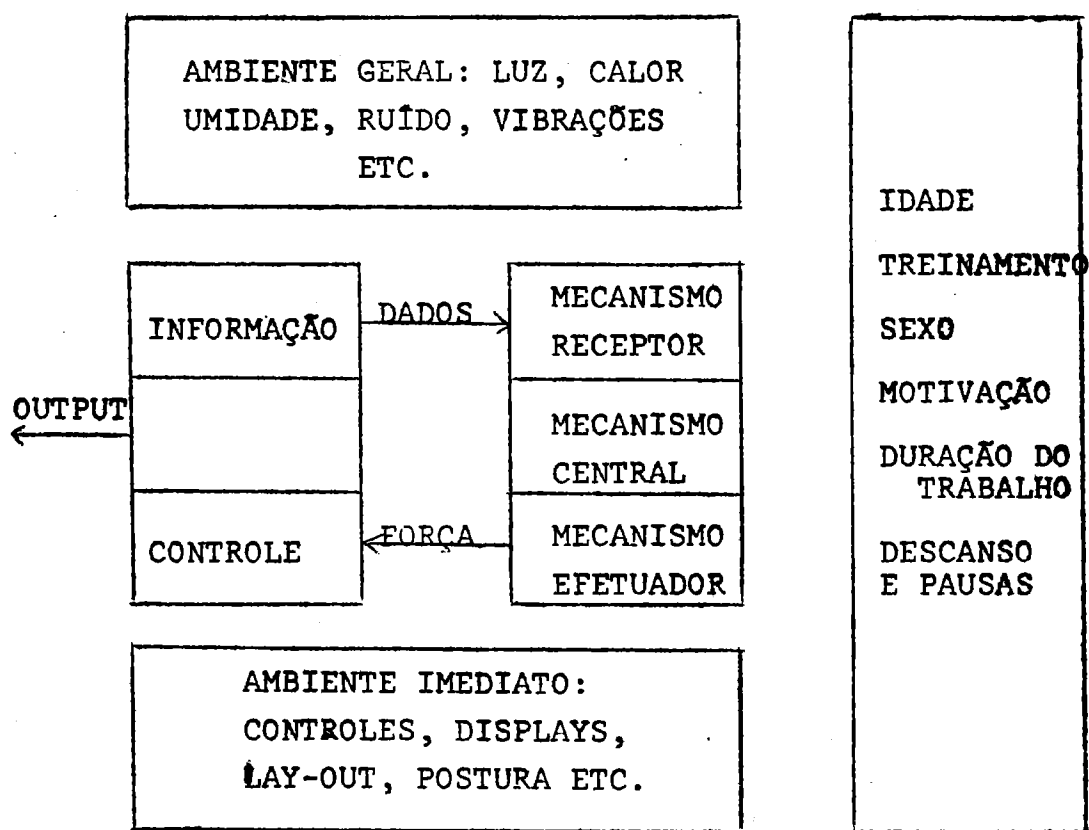
2. SISTEMA HOMEM - MÁQUINA (SHM):

2.1 - Definição

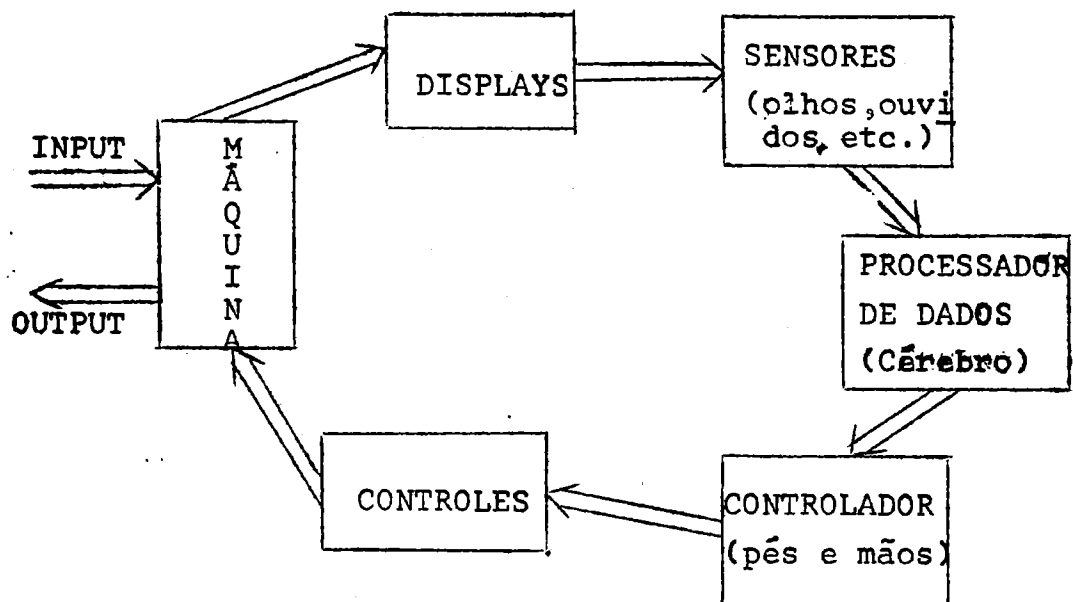
Um sistema Homem-Máquina pode ser definido como uma combinação operativa de um ou mais homens com um ou mais de um equipamento, interagindo-se de modo a executarem uma função desejada ("output"), partindo de estímulos de entrada ("input"), dentro das condições de um dado ambiente. Como exemplo, pode-se citar um homem dirigindo um veículo, onde, recebendo "inputs" dos instrumentos do painel, da estrada, do ambiente exterior, ruído do motor, etc., o homem decide e reage de forma a executar ações sobre os controles, ditando o comportamento do veículo.

(*) Engenheiro Mecânico e Sanitarista, Mestre de Ciência em Poluição do Ar e Higiene Industrial pela Universidade de Pittsburgh. Diretor da Diretoria de Controle da Poluição do Ar da SUSAM.

De forma esquemática,



ou, de forma mais simples,



A apresentação de informações pode ser feita de várias formas, destacando-se entre elas a apresentação visual e a apresentação sonora de informações, cujos sensores correspondentes são os olhos e o aparelho auditivo. Outros sensores humanos de menor importância podem ser citados, tais como sentido de odor, tato (sensações de frio e quente), etc.

A informação é então transportada pelos nervos para o sistema nervoso central, onde a informação é processada e a decisão tomada.

Uma ação é executada então através do mecanismo efetuator (geralmente os membros), agindo sobre um controle (alavancas, botoes, pedais etc.).

Todo este processo se dá dentro de condições ambientais definidas e específicas, levando em consideração fatores intrínsecos ao indivíduo, tais como idade, treinamento, etc.

2.2 - Análise de Sistemas

Análise de um sistema é uma descrição detalhada dos componentes do sistema e das características de operação destes componentes, quer eles sejam homens ou máquinas. A análise de sistemas serve principalmente para os seguintes propósitos:

- cronogramar o desenvolvimento de atividades;
- identificar fatores limitantes da "performance" do sistema;
- determinar os melhores executores para as diversas funções;
- avaliar a eficiência do sistema.

O primeiro passo para analisar um sistema é construir um quadro global do sistema, contendo todos os seus componentes. O chamado pictograma do sistema é o recomendado, devendo conter:

a. Requisitos do sistema:

- objetivo do sistema
- condições de uso e ambiente onde operará
- tempo total de funcionamento
- parâmetros de projeto e suas limitações
- dispositivos para situações de emergência
- relações do sistema com outros sistemas.

b. Especificar o ambiente externo no qual o sistema vai operar, ressaltando:

- os vários sinais e dados que o sistema deve captar
- ruídos e outros distúrbios indesejáveis.

c. Especificar o ambiente interno, ressaltando:

- luz, ruído e condições atmosféricas a que estará sujeito o trabalhador.
- o espaço disponível para os equipamentos e trabalhadores.
- condições, como movimentação, aceleração, trepidação, etc.

d. Listar os dispositivos sensores que devem prover os "inputs".

- e. Listar os equipamentos processadores de dados.
- f. Especificar os requisitos do componente humano, ressaltando:
 - número de trabalhadores usados.
 - tipos de trabalhos que serão por eles executados.
- g. Especificar os controles usados para fornecer "output"

Paralelamente ao pictograma, deve-se fazer análise funcional detalhada do sistema, uma análise de decisões e uma análise das atividades desenvolvidas pelo componente humano no sistema homem-máquina. Uma análise dos requisitos críticos de projeto possibilitará o equacionamento das características dos diversos equipamentos, tais como: "displays", controles, espaço de trabalho, etc.

2.3 - Fatores Humanos - O Homem e a Máquina

Vários fatores humanos são de capital importância no projeto de sistemas homem-máquina, como por exemplo:

As variações entre os vários indivíduos, tais como acuidade visual, capacidade de executar uma tarefa dada eficientemente, etc. Apesar de que algumas habilidades humanas podem ser sobrepujadas por dispositivos não humanos, o Homem possui características peculiares que devem ser levadas em consideração no projeto de sistemas para seu uso.

Algumas destas características são: a capacidade de aprendizagem (mudança de comportamento), a capacidade de carregar hábitos, a rapidez de aprendizagem, motivação, fadiga e enfado, ansiedade, etc.

Homens e máquinas possuem capacidades e limitações diferentes, sendo que, geralmente, para a execução de uma dada tarefa um é melhor que o outro. Este é um fato que deve ser levado em consideração em projeto de sistemas, a fim de decidir-se que tarefas conferir à máquina e que tarefas conferir ao Homem. Vejamos algumas comparações:

- a. Como sensores: Os sentidos humanos são restritos quanto à faixa possível de perceber (energia de comprimento de onda entre 0,4 a 0,8 microns e sons de frequência entre 20 e 20000 ciclos/segundo). No entanto, no que diz respeito à mínima quantidade de energia que pode ser detectada, os sensores humanos mostram-se altamente sensíveis:
 - o olho humano pode detectar, em uma noite clara, a luz de um fósforo aceso a aproximadamente 15km de distância (6×10^{-10} ergs);
 - o ouvido humano pode detectar sons de baixíssima intensidade (10^{-9} ergs/cm²).
 - o olfato humano pode detectar odores de substâncias presentes em concentrações da ordem de 2×10^{-7} mg/m³.

Os sensores humanos também levam vantagem quando se trata da habilidade de detectar diferenças de intensidade ou qualidade, principalmente em altas intensidades. São superiores também para perceber e interpretar informações sensoriais, como por exemplo, discriminação de sinais sonoros (por exemplo: rádio com ruído em fundo devido à estática), identificação de

perfis similares (por exemplo silhuetas de avião em várias posições), e entender mensagens incompletas (por exemplo telegrama faltando algumas letras) e ser seletivo em suas percepções (por exemplo um oficial de torre de aeroporto que pode ouvir apenas um canal, ignorando as mensagens dos outros canais).

b. Como processadores de dados:

Em geral, o Homem é superior a dispositivos de processamento de dados, nos casos seguintes:

- O homem não necessita de pré-programas, pois ele constantemente modifica e desenvolve seus próprios programas.
- O homem é mais flexível, podendo trabalhar com situação imprevista.
- O homem pode julgar.
- O homem não requer mensagens codificadas especiais.

Em geral, a Máquina é superior nos casos seguintes:

- A máquina pode armazenar acuradamente uma quantidade de dados muito maior.
- A máquina pode acuradamente computar respostas muito mais rapidamente.
- A máquina pode selecionar os dados de interesse muito mais rapidamente.
- A máquina é mais fiel para decisões de rotina.
- A máquina é menos sujeita a fadiga, preconceito e outros fatores transitórios.

c. Como Controladores

De uma forma geral:

- As forças que os operadores humanos podem exercer são limitadas.
- Operadores humanos são lentos para acionar os controles, e apresentam uma defasagem entre a decisão e a movimentação do controle propriamente dita.
- O homem não consegue aplicar uma força constante por um dado período de tempo.
- O tempo durante o qual o Homem pode aplicar uma força é limitado.
- O homem está sujeito à sobrecarga.

Deve finalmente enfatizar que o Homem e a Máquina não precisam ser competidores, e sim, através de um projeto adequado, serem usados de forma a se completarem.

O objetivo desta disciplina durante o curso será o de interessar os participantes pelos assuntos pertinentes ao campo da Engenharia Humana. Os aspectos teóricos relacionados com o homem e suas funções biológicas será enfocado em detalhe pela disciplina de Fisiologia do Trabalho, cabendo a esta disciplina utilizar-se dos

conhecimentos fisiológicos para introduzir os participantes nos problemas relacionados com o homem no seu ambiente de trabalho. Alguns aspectos serão enfatizados nas aulas e na apostila, outros serão superficialmente considerados e alguns aspectos serão apenas mencionados em aula. E, mais, os aspectos ergonômicos da influência das condições do ambiente de trabalho sobre o conforto, saúde e produtividade do trabalhador serão apresentados separadamente e em detalhes nas disciplinas de Higiene e Segurança do Trabalho.

Estes fatores ambientais são principalmente representados por condições de iluminação, exposição a poluentes, ruídos e radiações, condições anormais de temperatura, pressão, acelerações e vibrações.

Enfim, estas apostilas devem ser encaradas como complemento das aulas e, para necessidades mais profundas, o leitor deve se reportar à bibliografia apresentada.

ASPECTOS SENSORIAIS - APRESENTAÇÃO DE INFORMAÇÕES

1. INTRODUÇÃO

A percepção daquilo que nos rodeia é possível graças aos múltiplos sentidos que possuímos, que são terminações nervosas de tipos diferentes que são estimuladas transformando os estímulos em sinais elétricos que são conduzidos ao sistema nervoso central para julgamento e, tomada de decisões e conseqüentes ordens aos órgãos do corpo.

Alguns destes sentidos são quase que independentes, enquanto outros estão sobremaneira correlacionados como é o caso de olfato e paladar.

Os principais sentidos humanos estão sumarizados na tabela a seguir, segundo Mowbray e Gebhard.

SENSAÇÃO	ORGÃO SENSOR	ESTÍMULO	ORIGEM
Visão	Olhos	algumas ondas eletromagnéticas	externa
Audição	Ouvidos	variação de pressão no ambiente - algumas frequências e intensidades	externa
Rotação	canais semi-circulares dos ouvidos	mudança da pressão do fluido do canal	interna
	receptores musculares	estiramento muscular	interna
queda e movimento retilíneo	canais semi-circulares dos ouvidos	mudança de posição dos ossículos do ouvido	interna
Paladar	células especiais na boca e língua	substâncias solúveis na saliva	externa em contato
Odor	células especiais na cavidade nasal	substâncias voláteis	externa
Tato	pele	deformação superficial	contato
Pressão	pele e tecido sub-cutâneo	idem	contato
Temperatura	idem	variação de temperatura do ambiente, objetos, etc.	externa em contato
Dor	desconhecido (terminais nervosos)	pressão, calor, choque e substâncias	externa em contato
Posição e movimento	terminais musculares	estiramento muscular	interna
	tendões nervosos	contração muscular	interna
	juntas	desconhecida	interna
Vibração mecânica	não há órgão específico	variação de pressão em termos de frequência e amplitude	externa em contato

A tabela abaixo, segundo os mesmos autores apresenta uma comparação entre os diversos sentidos com relação às faixas de estímulo - intensidade.

SENSAÇÃO	Faixa de intensidade de estímulo	
	mínimo detectável	máximo prático
Visão	$2,2 - 5,7 \times 10^{-10}$ ergs	$10^9 \times$ intensidade limite
Audição	1×10^{-9} erg/cm ²	$10^{14} \times$ intensidade limite
Vibração	0,00025mm de amplitude(dedo)	~ 40 dB acima limite
Tato	0,026 ergs (dedo polegar)	-
Odor	2×10^{-7} mg/m ³ de baunilha	-
Paladar	4×10^{-7} molar de sulfato de quinino	-
Temperatura	0,00015g -cal/cm ² /seg	0,218 g -cal/cm ² /seg
Posição e movimento	$0,2^0 - 0,7^0$ a 10^0 /min para juntas	-
Aceleração angular	$0,12^0$ /seg ²	5-8 x g (positivo) 3-4,5g (g negativo)
Aceleração linear	0,08 x g (desaceleração)	-

Não cabe o aprofundamento aos detalhes fisiológicos destes vários sentidos pois estes deverão ser cuidadosamente abordados na disciplina de Fisiologia do Trabalho. Apenas algumas considerações de ordem prática serão feitas visando facilitar a compreensão das aplicações práticas da Ergonomia relacionadas com os aspectos sensoriais do indivíduo.

2. O MECANISMO DA VISÃO

2.1 - Introdução

O mecanismo da visão representa talvez a principal fonte de contato do Homem com seu ambiente e a principal forma de recepção de informações. É sabido que as coisas para que possam ser vistas devem emitir ou refletir energia radiante na forma de ondas eletromagnéticas dentro da faixa visível, ou seja, com comprimento de onda variando aproximadamente entre 0,4 e 0,8 microns. E mais, o olho humano possui capacidade integradora e não analisadora, ou seja, ele não separa comprimentos de onda diferentes quando combinados num raio de luz, mas simplesmente os integra para ver uma cor. Este fato simplifica sobremaneira o problema de especificar uma cor, pois esta, poderá sempre ser produzida pela mistura de vermelho, azul e verde padronizados (diagrama cromatográfico).

2.2 - Principais funções visuais

2.2.1 - Detectibilidade ou Visibilidade significa reconhecer a presença de uma luz ou objeto sem ter de reconhecer sua forma. Acuidade visual implica também no reconhecimento da forma sendo portanto uma visibilidade de maior ordem. De uma forma geral pode-se dizer que os fatores que afetam a visibilidade são os que afetam a acuidade visual.

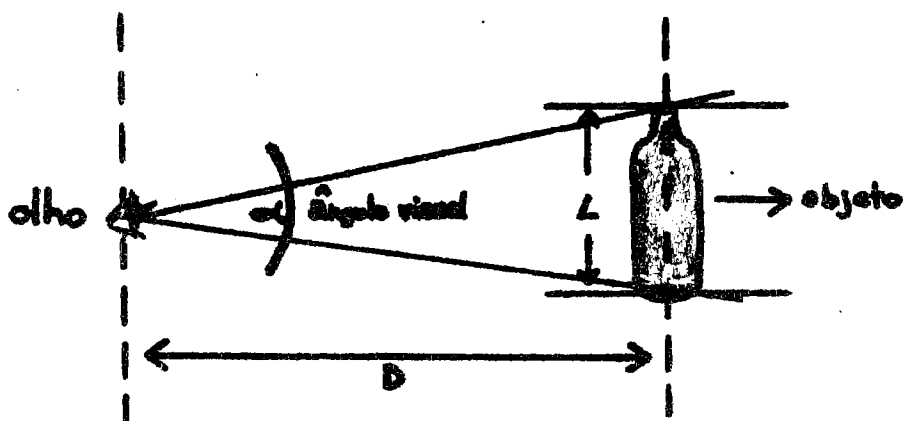
2.2.2 - Principais fatores que afetam a visibilidade

- quanto menor for o tamanho de uma fonte luminosa (fonte pontual) mais facilmente ela é detectada.
- uma fonte de luz constante pode ser vista a menores intensidades do que uma fonte intermitente.
- quanto menor a brilhância do fundo (background) mais facilmente fontes de pequena intensidade são detectadas.
- quanto maior o contraste entre o objeto e o fundo mais facilmente os objetos pequenos são percebidos.
- a presença de chuvas, névoas, poeiras, neblinas e alguns gases diminuem a visibilidade.

2.2.3 - Acuidade Visual

a) Estimativa

A acuidade visual pode ser traduzida pelo tamanho do menor objeto cuja forma pode ser reconhecida em uma situação padronizada. Neste fato baseiam-se os métodos de estimar a acuidade visual de um indivíduo, como por exemplo, através de cartões contendo letras ou símbolos de vários tamanhos a serem reconhecidos quando o cartão é colocado a uma distância padrão do observador. Outro método de medida é através da medida chamada ângulo visual, ou seja,



$$\alpha = \text{ângulo visual} = 2 \arctg \frac{L}{2 D}$$

o ângulo visual pode ser convertido em acuidades decimais de acuidade visual.

$$\text{acuidade visual} = \frac{1}{\text{mínimo tamanho angular do menor detalhe que pode ser visto}}$$

Assim como a visibilidade, a acuidade visual sofre interferência da brilhância, tempo de exposição, contraste, brilhância da redondeza e ofuscamento, além de fatores fisiológicos.

2.2.4 - Movimento dos olhos

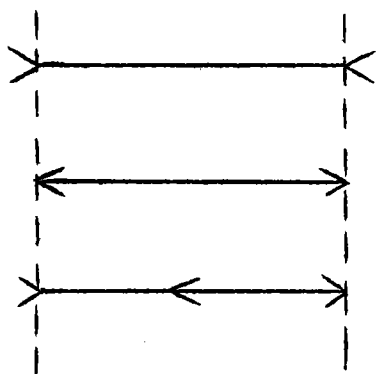
É interessante o fato de que quando um indivíduo está lendo, seus olhos não possuem movimento macio e constante através de uma linha, e sim, movimentam-se aos saltos. Medidas em laboratório mostram que os olhos só vêm quando estão imóveis e que 90% do tempo eles estão estacionários durante a leitura. No exemplo abaixo as linhas verticais representam onde os olhos pararam e os números indicam o número da parada, num experimento realizado em laboratório.

The boys | arrows | were | wearily | gone so | they sat down | on the grass | and stopped | hunting. |

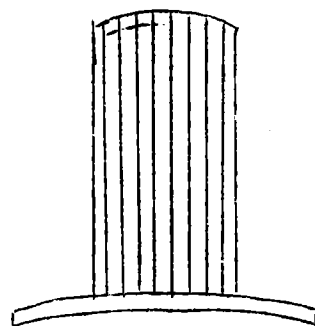
O conhecimento destes fatos são importantes quando se trata de procurar um alvo ou objeto em um dado espaço.

2.2.5 - Ilusão Ótica

O sentido da visão envolve a utilização do cérebro além do uso dos olhos. Em algumas ocasiões a fotografia formada pelo cérebro é distorcida fazendo-nos ver as coisas de uma forma errônea ou estimá-las erradamente. Estas chamadas ilusões de ótica não são apenas curiosidades, mas são importantes quando se tiram inferências e avaliações de gráficos, tabelas, etc. Alguns exemplos podem ser vistos abaixo:



os segmentos são todos do mesmo tamanho



o diâmetro da aba do chapéu é igual à altura do mesmo.

3. O MECANISMO DA AUDIÇÃO

O ouvido, órgão responsável pela audição é dividido em 3 partes: O ouvido externo, cuja principal função é a de captar as ondas sonoras introduzindo-as no ouvido médio, cuja função é amplificar e transmitir o som captado, para transmiti-lo ao ouvido interno onde na chamada cóclea entra em vibração um líquido em contato com células ciliadas que recebem esta vibração que é transformada em sinais transmitidos para o cérebro através do sistema nervoso.

O ouvido humano normal percebe em termos de som, ondas sonoras com frequências situadas entre aproximadamente 20 e 20000 ciclos por segundo, sendo a percepção mais clara entre 2000 e 4000 ciclos por segundo. Há também um limite inferior de percepção para a pressão sonora de 0,0002 dinas/cm² correspondente a um nível de intensidade sonora de 0 (zero) decibéis em escala, arbitrariamente construída.

Em geral os sons que escutamos não são tons puros, mas sim uma mistura de intensidades e frequências. Uma das características do sentido da audição é que sons de frequências e intensidades diferentes podem soar igualmente ao indivíduo, fazendo com que possam ser construídas as chamadas curvas de mesma intensidade. Para efeito de recepção de informações a audição se coloca logo após a visão na escala de importância.

Os demais sentidos, tais como, os sentidos cutâneos (3ª em importância), o senso cinestético, os sentidos de orientação, o paladar, o olfato, etc, são menos importantes quanto a recepção de informações.

A inter-dependência dos diversos sentidos ainda é objeto de estudos e as conclusões não são claramente compreendidas.

4. APRESENTAÇÃO VISUAL - TIPOS, MANEIRAS E DISPOSITIVOS

4.1 - Principais conceitos

"Display" será aqui definido como qualquer dispositivo que forneça informações sobre um evento ou situação. Displays instrumentais são principalmente de dois tipos, visuais e sonoros. Os displays visuais são os mais usados incluindo o fornecimento de informações através de índices, luzes, símbolos, números, etc. Apesar de que em algumas ocasiões o tipo de display utilizado não ser importante, na grande maioria das vezes o tipo e projeto do display é de vital importância para a segurança e proteção do sistema.

4.2 - Principais tipos de displays visuais

- Dial: É todo display contendo uma escala graduada sobre a qual a indicação do valor é dada por um ponteiro.
- Indicadores: É todo display que fornece tão somente uma indicação sobre uma dada situação ou evento.

- Dispositivos de alerta: É todo display que tem por função principal chamar a atenção do operador para uma mudança no sistema que requer uma ação imediata.
- Contadores: É todo display cuja informação é dada diretamente em numerais.

A título de exemplo, no painel de um automóvel encontramos estes 4 tipos de "displays". O marcador de velocidade é um "dial", o marcador de quilometragem é um contador, a luz que mostra que a luz alta está acesa é um indicador e a luz que indica baixa pressão no óleo é um dispositivo de alerta.

4.3 - O uso de displays visuais

Os principais usos de displays visuais podem ser sumarizados da seguinte forma:

- a. Displays usados para fornecer informações sem necessidade do acionamento de controles
 - Para leitura quantitativa
 - Para chequeamento
 - Para leitura qualitativa
 - Para comparações
 - Para alertar
- b. Displays usados para fornecer informações com o fito de acionar controles
 - para checar efetuando ajustamento
 - para ajustar o valor
 - para manter controle
 - para indicar um estado recente

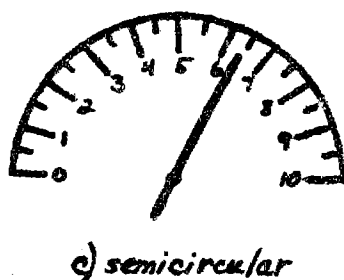
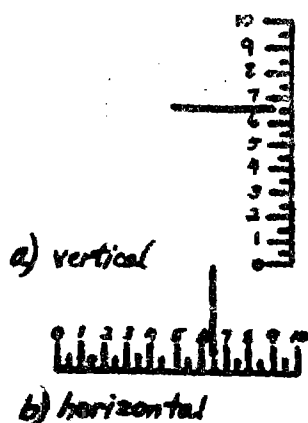
5. ASPECTOS ESPECÍFICOS DE PROJETO DE INSTRUMENTOS

5.1 - Instrumentos quantitativos

5.1.1 - Legibilidade

Para se aquilatar a legibilidade de alguns tipos de instrumentos e de como eles se comparam, vários experimentos foram feitos e os resultados apresentados mostram da importância de uma correta escolha do display de acordo com a função a que se destina. Em alguns dos experimentos 5 tipos foram comparados, mostradores vertical, horizontal, semi-circular, redondo e tipo janela de acordo com a figura a seguir.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - INSTITUTO DE FÍSICA
BIBLIOTECA



Garantida a comparabilidade da maioria dos fatores, a porcentagem de erro em várias leituras destes instrumentos em 0,12 segundos.

	Tipo de Instrumento				
	janela	semi circular	redondo	horizontal	vertical
ERRO	0,05%	10,9%	16,6%	27,5%	35,5%
ORDEM	1	2	3	4	5

Outros estudos, no entanto, apresentam resultados não coincidentes, chegando mesmo em casos de exposição curta (0,04 - 0,02 segundo) o instrumento tipo janela apresenta a maior porcentagem de erro. Elkins usando o mesmo tempo de exposição concluiu que em geral para leituras quantitativas o tipo janela é mais acurado e de leitura mais rápida (erro = 10,0%) que o redondo (19,15%) e que o vertical (43,35%).

Finalmente, um instrumento com dadas características pode funcionar satisfatoriamente em uma condição e não em outra.

5.1.2 - Erros na leitura de dials

Dois pesquisadores, Fitts e Jones, através de entrevistas feitas com pilotos de aeronaves, obtiveram os seguintes resultados com relação aos tipos de erros cometidos.

1. Erros de interpretação de instrumentos multi-revolucionais
 - a. erros envolvendo instrumentos com mais de um ponteiro = 40
 - b. erros envolvendo instrumentos com ponteiro fixo e dial rotativo visto por uma janela = 8
2. Erros de reversão de leitura = 47
3. Erros de legibilidade
 - a. marcação do instrumento difícil ou impossível de ler devido a iluminação inadequada, sujeira, vibração, marcas gastas = 32
 - b. Paralax = 5
4. Erros de substituição
 - a. troca de instrumento = 24
 - b. confusão de que motor é correspondente a um dado instrumento = 6
 - c. dificuldade em localizar um instrumento devido a falta de familiaridade com um dado arranjo = 6
5. Usar um instrumento com defeito = 25
6. Erros de interpretação da escala = 15
7. Erros devido a ilusão de ótica = 14
8. Erros de interpretação de sinais = 5

5.1.3 - Comprimento da unidade da escala (espaço)

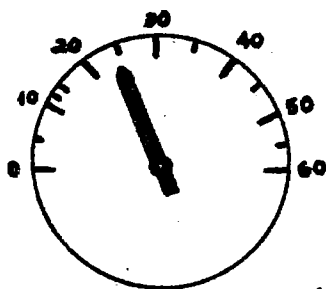
Representa o valor numérico da menor unidade que a escala pode ser lida. Vários estudos demonstram que para uma distância visual de cerca de 30 polegadas o comprimento da unidade de escala deverá ser de 0,05 a 0,15 polegadas. O valor que tem sido proposto para leitura em várias condições de iluminação possibilitando leitura rápida e acurada é de 0,07 polegadas.

5.1.4 - Subdivisões da escala

Inicialmente, alguns termos aqui usados devem ser entendidos:

- campo da escala: é a diferença numérica entre o mais alto valor da escala e o mais baixo. (No dial a seguir o valor é de 60)

- numeração do intervalo é a diferença numérica entre números adjacentes da escala (no exemplo o valor é 10).
- graduação do intervalo: é a diferença numérica entre duas marcas adjacentes (no exemplo o valor é 5).



ETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Quando se vai projetar uma escala deve-se decidir sobre o campo da escala adequado e estimar a precisão de leitura desejada. A escala deve ser projetada para possibilitar a mais precisa leitura que o operador necessita, não devendo de forma alguma serem dadas na escala mais informações do que aquelas que o operador necessita. Algumas combinações de numeração e graduação dos intervalos se mostram mais eficientes que outras. Algumas recomendações sobre este tópico são as seguintes:

1. A graduação do intervalo deve ser, 1,2,5 ou múltiplos destes números. A tabela que segue fornece valores bons, razoáveis e pobres de progressão de números.
2. O número de marcas de graduação entre marcas numeradas não deve exceder nove (9).
3. Geralmente, escalas numeradas em intervalos de 1,10,100 etc. e subdivididas por 10 marcas de graduação, são superiores a outras escalas.
4. Recomenda-se que as escalas sejam projetadas de modo a que não haja necessidade de interpolação por parte do operador. No entanto, quando há limitação de espaço, interpolação é preferível a acúmulo excessivo de marcas.

A figura a seguir é utilizada para escolha de escalas.

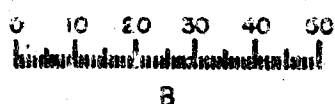
GRADUATION INTERVAL VALUE	RECOMMENDED SCALES	NUMBERED INTERVAL VALUE	GRADUATION MARKS		
			MAJOR	INTERMEDIATE	MINOR
0.1, 1, 10		1, 10, 100	x	x	x
		5, 50, 500	x		x
		2, 20, 200	x	x	
0.2, 2, 20		1, 10, 100	x		x
		2, 20, 200	x	x	x
0.5, 5, 50		1, 10, 100	x	x	
		2, 20, 200	x	x	x
		5, 50, 500	x	x	x

EXEMPLOS PROGRESSÕES PARA NUMERAÇÃO DE ESCALA

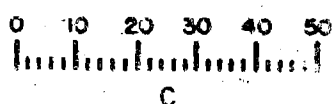
BOA					RAZOÁVEL					POBRE				
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,25	0,5	0,75	1,0	
1	2	3	4	5	2	4	6	8	10	2,5	5	7,5	10	
10	20	30	40	50	20	40	60	80	100	25	50	75	100	
100	200	300	400	500	200	400	600	800	1000	250	500	750	1000	
0,5	1,0	1,5	2,0	2,5						0,4	0,8	1,2	1,6	1,8
5	10	15	20	25						4	8	12	16	18
50	100	150	200	250						40	80	120	160	180

Para exemplificar casos onde é preferível a interpolação veja a figura abaixo.

O caso (A) seria o recomendado, mas por limitação de espaço só (B) seria possível e neste caso o espaço entre as marcas é muito pequeno fazendo com que haja deficiência na acuidade e rapidez da leitura em condições inferiores, de iluminação. É preferível o caso (B) onde há necessidade de interpolação.



2-55



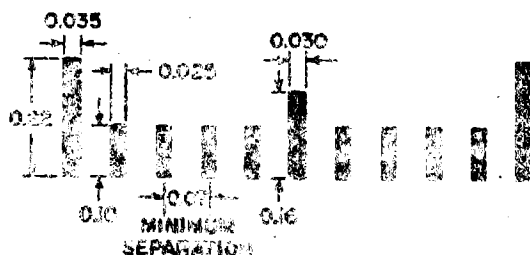
5.1.5 - Projeto de marcas

Como já foi visto, a visibilidade das características do instrumento é de suma importância na leitura de um valor na escala. Algumas recomendações são feitas para o desenho de marcas:

Com iluminação adequada: Para o nível de iluminação na face do dial de 1 vela-pe e distância de leitura de 13-28 pés as seguintes recomendações devem ser observadas:

- A largura mínima das marcas maiores deve ser 0,0125 polegadas.
- O espaço entre marcas consecutivas deve ser da ordem de 0,035 polegadas. O espaço nunca deve ser inferior a duas vezes a largura da marca (marcas brancas em fundo preto) ou inferior a uma vez a largura da marca (marcas negras em fundo branco).
- A distância mínima entre 2 marcas maiores deve ser 0,5 polegadas.
- A altura das marcas maiores, intermediárias e menores deve ser 0,22; 0,16; 0,09 polegadas respectivamente.

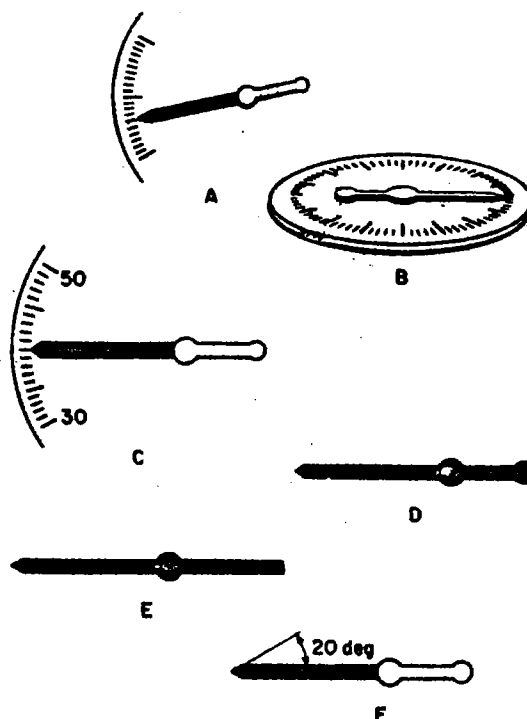
Com iluminação inadequada: Neste caso recomendam-se os valores da figura abaixo,



5.1.6 - Projeto de ponteiros

O ponteiro de um display deve ser acima de tudo simples. Algumas características que o ponteiro deve observar são as seguintes:

- Os ponteiros devem estender-se até as marcas menores sem cobri-las (ver figura A abaixo).
- O ponteiro deve estar o mais próximo possível da face para evitar erros de paralax (Fig.B).
- O ponteiro deve ter a mesma cor das marcas do centro de rotação até a ponta, e da mesma cor da face do centro de rotação até a cauda (Fig.C).
- Para indicadores de alinhamento horizontal a cauda do ponteiro deve ter um comprimento de metade da ponta (Fig.D).
- Quando há necessidade de ler-se a posição da cauda, seu comprimento deve ser 3/4 da ponta e ser rombuda para evitar confusão com a ponta (Fig.E).
- O ângulo recomendado para a ponta é de 20° (Fig.F).



2-62

5.1.7 - Outros aspectos no projeto de displays quantitativos

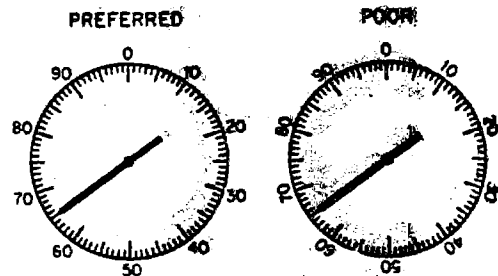
5.1.7.1 Posição dos números

- a. Para dials fixos e ponteiros móveis os números devem ser posicionados horizontalmente e não verticalmente.

Information Displays

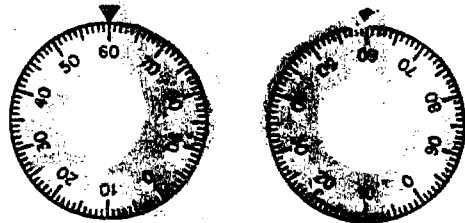
139

For fixed dials with moving pointers.
Position numerals horizontal to line
of sight, not radially.



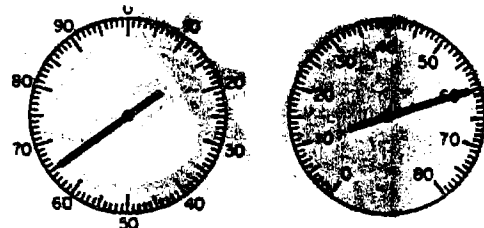
b. Para dials móveis e ponteiros fixos os números devem ser posicionados radialmente e o ponteiro colocado na posição meio-dia.

For moving dials with fixed pointers.
Position numerals radially. Pointer
preferably should be in twelve o'clock
position.



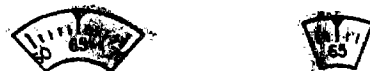
c. Se não há limitação de espaço é desejável posicionar os números na parte de fora da escala para evitar que o ponteiro cubra a numeração.

If space is not limited, it is desirable to place the numerals beyond the scale markers to avoid having numerals obscured by pointer. (If there is any restriction at all on space, however, it is usually desirable to place the numerals inside the markers in order to have the scale as large as possible).



d. Mostradores tipo janela devem mostrar a numeração posterior e anterior para que se conheça a direção da escala.

For open-window dials.
Window should show numbered scale
markers at either side, to indicate
direction of scale.



e. Os números devem ser posicionados de forma a aparecerem horizontais.

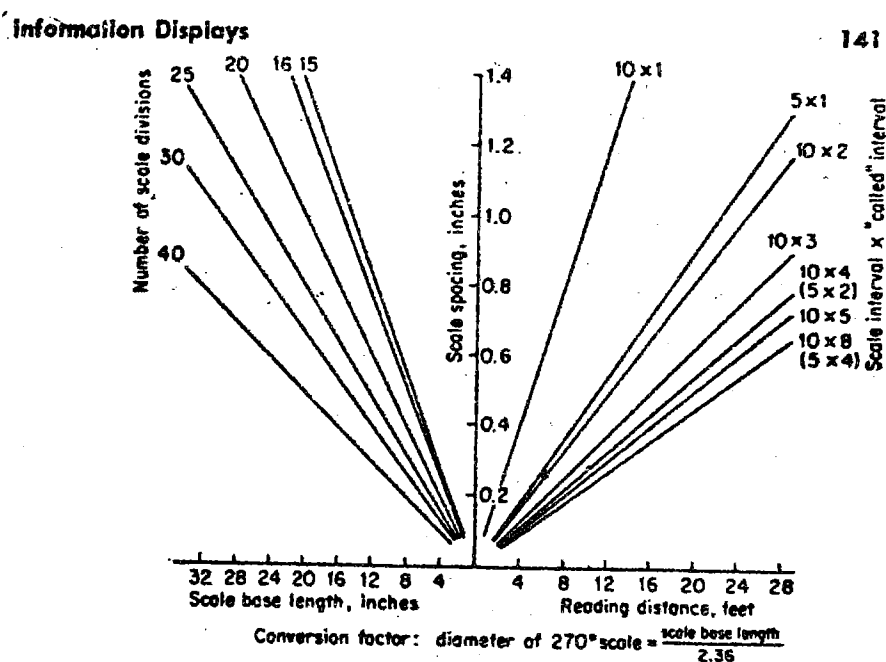
Numerals should be placed to appear
right side up when exposed.



Figure 8-8. Preferred practices in the printing of instruments.

5.1.7.2 Distância de leitura

A distância entre o display e o observador sem dúvida altera a acuidade da leitura. Geralmente a distância de leitura é de 28 a 30 polegadas e quanto maior esta distância as dimensões dos displays devem aumentar proporcionalmente de forma a manter o mesmo ângulo visual. Alguns autores criticam o uso deste fator de correção proporcional e propuseram um nomograma que leva em conta alguns outros fatores. O nomograma proposto está na figura abaixo:



5.1.7.3 Direção de movimento dos ponteiros:

De uma forma geral a movimentação dos ponteiros deve observar as seguintes recomendações:

- Em dials fixos, com números positivos o ponteiro deve mover-se no sentido horário para indicar aumento.
- Em dials fixos, com números positivos e negativos, o ponteiro deve mover-se horariamente para indicar valores positivos e o zero deve ficar na posição 12 horas ou 9 horas.
- Em dials móveis com o ponteiro fixo, o dial deve ter a numeração crescendo no sentido horário de forma que, quando o dial se movimenta no sentido anti-horário, o valor numérico aumenta.
- Em escalas retas fixas com ponteiro móvel, o ponteiro deve mover-se para cima ou para a direita para indicar aumento.
- Em escalas retas móveis com ponteiro fixo a escala deve mover-se para baixo ou para a esquerda para indicar aumento.

5.1.7.4 Cor em Mostradores

Cores estão associadas com várias condições de operação. Deve-se enfatizar que o uso de cores deve ser evitado quando a fonte de luz utilizada for colorida.

O significado mais usual de cores é:

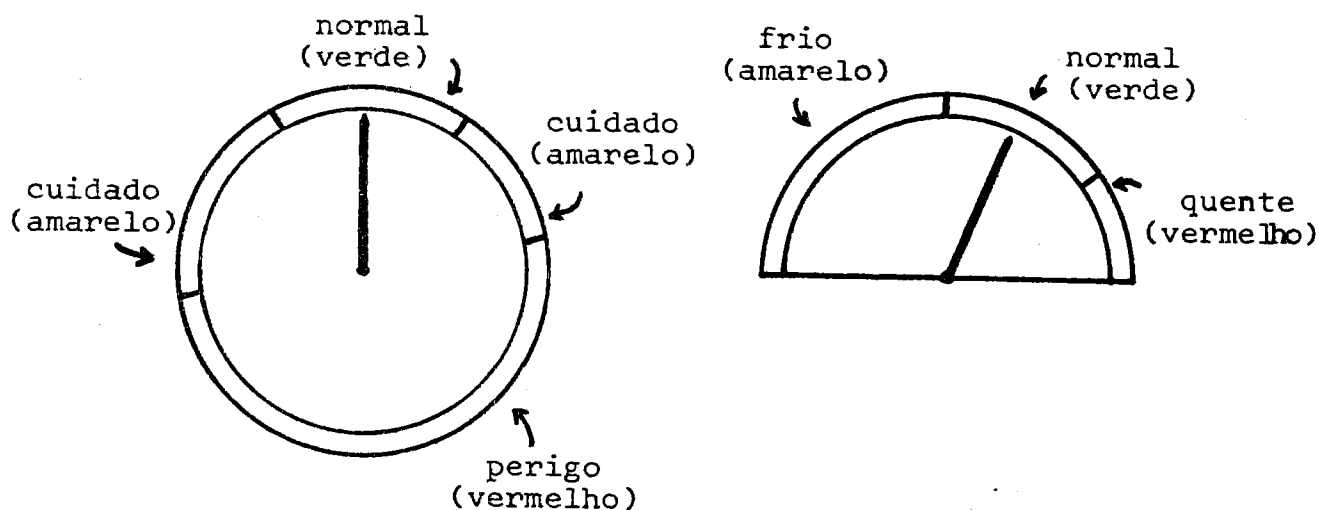
Vermelho	-	perigo
Amarelo	-	cuidado
Verde	-	desejável
Azul	-	desejável
ausência de cor	-	ineficiente

Geralmente as cores são utilizadas em displays qualitativos.

5.2 - Instrumentos Qualitativos

5.2.1 - Introdução

Os instrumentos usados com sucesso para leituras quantitativas não necessariamente são igualmente eficientes para leituras qualitativas. Tanto é que, experimentos realizados indicaram que mostradores tipo janela são bastante inadequados para este tipo de leitura. A figura abaixo indica um típico instrumento de leitura qualitativa.



Em instrumentos qualitativos, de chequeamento e outros que serão vistos posteriormente, a fixação do significado de Sinais Visuais, ou codificação, é de grande importância e assim sendo é válido dedicar-se algumas linhas a este assunto.

5.2.2 - Codificação

Informações podem ser visualmente codificadas por cores, números e pontas, aparência, brilhância, comprimento de uma linha luminosa ou não, pisca-pisca, orientação do ponteiro, etc.

O quadro que se segue fornece uma comparação dos principais métodos de codificação.

Código	Número máximo de itens	Avaliação
Cor	11	bom
Letras e números	00	bom
Forma geométrica	15	bom
Tamanho	5	razoável
Número de pontos	6	razoável
Orientação da linha	12	razoável
Comprimento da linha	4	razoável
Brilhância	4	pobre
Flash	4	pobre
Profundidade este-reoscópica	-	razoável

5.2.2.1 Cores: Cores em geral são codificadas:

Vermelho - Geralmente usada para incêndio (caixa de alarme, extintores, mangueiras, válvulas hidrantes, etc.), perigo (recipientes com inflamáveis, obstruções, sinais), sinais de parada (interruptores, sinais, etc.) e para emergência (interruptores, sinais de polícia, etc.).

Laranja - Designa partes móveis perigosas de máquinas, interruptores e botões de partida, alavancas de máquinas perigosas, protetores de engrenagem, polias, corrente, etc.

Amarelo - É a cor básica para indicar cuidado e para marcação de riscos físicos tais como quedas, choques, etc. Amarelo e preto em listras ou xadrez é recomendado para pilares, colunas, plataformas desprotegidas, equipamentos móveis, etc.

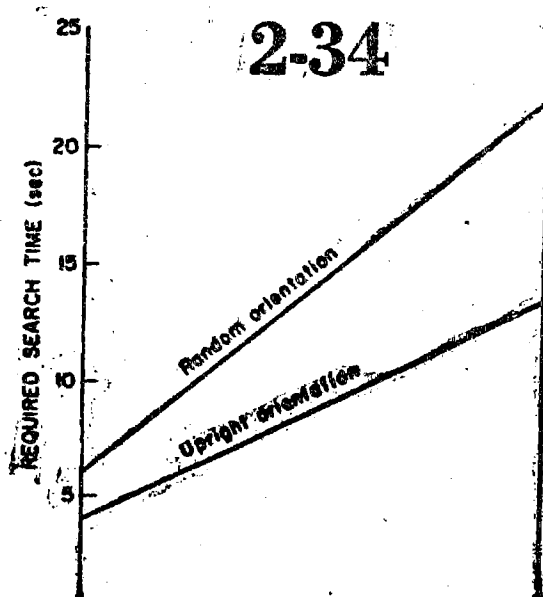
Verde - Indica segurança e equipamentos de primeiros socorros, tais como, máscaras de gás, caixa de curativos, etc.

Azul - Também indica cuidado, com relação a evitar o uso de equipamentos que estejam danificados ou em reparos.

Roxo - É a cor básica para indicar perigo de exposição à radiações. Deve ser usado em conjunto com amarelo em etiquetas, rótulos e sinais para locais e vasilhames contendo material radioativo.

5.2.2.2. Números e Letras

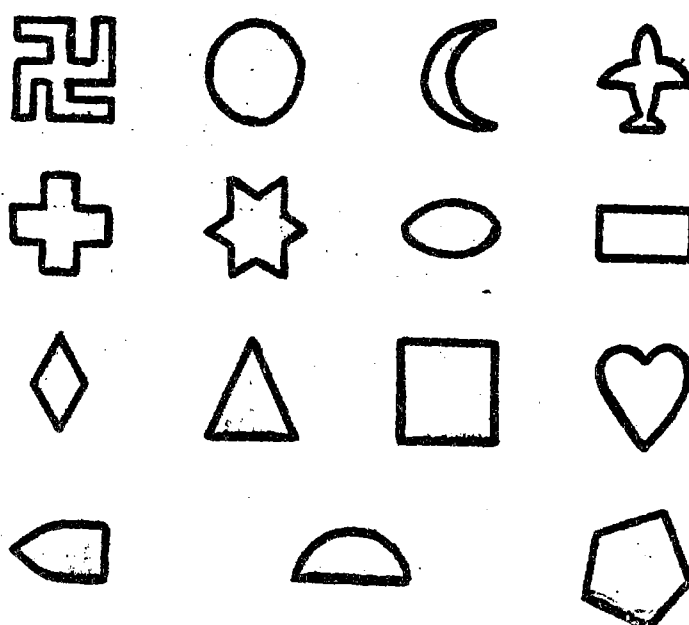
Este assunto será abordado posteriormente no item 6. Combinações de números e letras são ilimitadas, mas deve-se observar que uma excessiva densidade pode acarretar problemas na percepção da informação. Na figura abaixo este efeito pode ser observado



Através da figura pode ainda ser observado que o tempo de procura é menor quando as letras e números estão em posição vertical com relação ao operador do que quando estão orientadas ao acaso.

5.2.2.3 Forma Geométrica

Codificação usando formas geométricas está limitada a cerca de 15 formas no que concerne à capacidade de aprendizagem e retenção pelo operador. Algumas das formas usadas estão na figura abaixo.



Estas formas são facilmente identificáveis mas devem ser compatíveis com a informação que está sendo fornecida. Os demais tipos de codificação são de menor utilidade e portanto de menor importância para a apresentação visual de informação.

5.3 - Instrumentos de Chequeamento

Devem ser entendidos como instrumentos utilizados apenas para verificação de uma dada condição, não envolvendo uma medida quantitativa. Nestes instrumentos as condições neutras, normais, satisfatórias ou indesejáveis devem ser claramente identificáveis. Para exemplificar este fato o experimento em seguida mencionado, é adequado. Tratava-se de identificar a condição de perigo através do tempo consumido para a percepção da informação nos instrumentos abaixo:

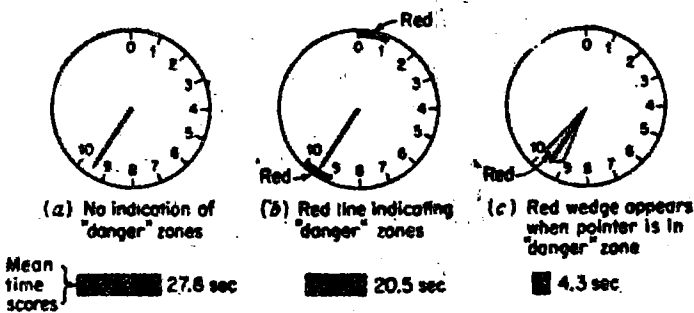


Figure 6-13. Three designs of quantitative instruments used in a check-reading situation where the "danger" condition was to be identified. Design *a* has no indication of the "danger" zone, *b* has a red line at the circumference, and *c* shows a red wedge when the pointer is in the "danger" zone. [From Kurke, 39.]

No instrumento (A) não há indicação e o operador deveria notar quando o ponteiro indicava o valor das zonas perigosas nos intervalos

0 _____ 1 e 9 _____ 10.

No instrumento (B) estas zonas são demarcadas com linhas vermelhas e no instrumento (C) o ponteiro surge num setor circular vermelho.

O escore médio final encontrado foi:

Instrumento A	27,8 segundos
" B	20,5 "
" C	4,3 "

ou seja, o instrumento C é aparentemente mais indicado para chequeamento.

Experimentos realizados com arranjos a seguir, indicaram que a simetria de ponteiros é levemente superior ao alinhamento de ponteiros que por sua vez é superior ao sub-grupamento de ponteiros quando estes são usados para chequeamento.

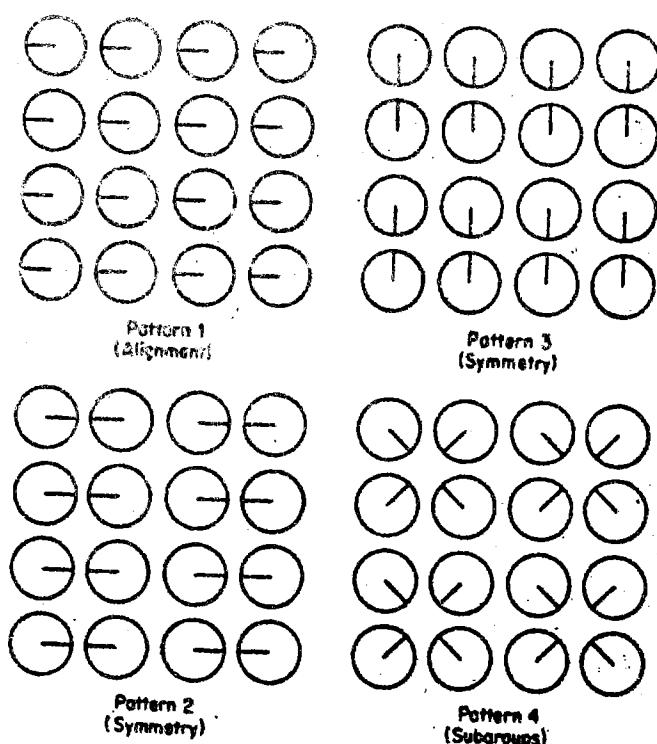


Figure 6-15. Four patterns of pointers used in check-reading study by Johnsgard [37]. Pattern 4 was read least accurately for deviations; of the other three, pattern 3 had a slight advantage.

5.4 - Sinais de Alerta

Frequentemente o operador necessita apenas de um sinal de alerta que não envolva nenhuma medida quantitativa, quer se já um sinal que indique uma operação a executar ou não.

O principal dispositivo para apresentação de sinais de alerta é através de luzes que devem normalmente preencher os seguintes requisitos:

- chamar efetivamente a atenção do operador
- deve indicar ao operador o que está errado e que ações devem ser tomadas.
- não deve tirar a atenção do operador dos demais deveres que lhes são conferidos.

Ao selecionar um sinal de alerta para uma dada aplicação, o projetista deve considerar a urgência da informação, os demais deveres do operador e outros sinais de alerta no painel do operador, ou seja, um número excessivo de sinais semelhantes podem confundir o operador e sinais de pouca importância que podem fazê-lo negligenciar os mais importantes.

A principal característica de luzes de alerta é que elas devem preferencialmente ser vermelhas, devendo as demais na sua vizinhança serem de outras cores,

Outras características são seu brilho, sua posição no painel, sua forma, etc.

No que diz respeito à localização, recomenda-se que luzes de alerta sejam colocadas na parte mais central do painel devendo-se evitar sua colocação a mais de 30° da linha normal de visão do operador. Quando vários sinais de alerta são necessários e o espaço é limitado pode utilizar o recurso de uma

luz de alerta geral em frente ao operador, que em seguida deverá procurar o sinal específico em outra parte do painel. As luzes devem ser altamente brilhantes, sem porém ofuscar o operador e na medida do possível do tipo pisca-pisca.

6. LETRAS E NÚMEROS

6.1 - Introdução

Legibilidade é a qualidade de ser capaz de identificar letras e números com consequente exclusão dos demais, e depende de fatores tais como a "grossura" da letra ou número, forma, fundo, tamanho e iluminação.

Quando letras e números devem ser de forma combinada para compor palavras, sentenças, impressos, etc, o problema passa a ser de leitura dependendo de outros fatores tais como o espaço entre as letras das palavras, espaço entre palavras, espaço entre as linhas, etc.

Todas estas características mencionadas serão analisadas separadamente.

6.2 - Fatores que influem a legibilidade de letras números e símbolos

6.2.1 - Grossura de letras e números

A grossura é expressa como a razão entre a largura do risco e a altura das letras ou números. Na figura que segue temos alguns exemplos de grossuras de letras e números.

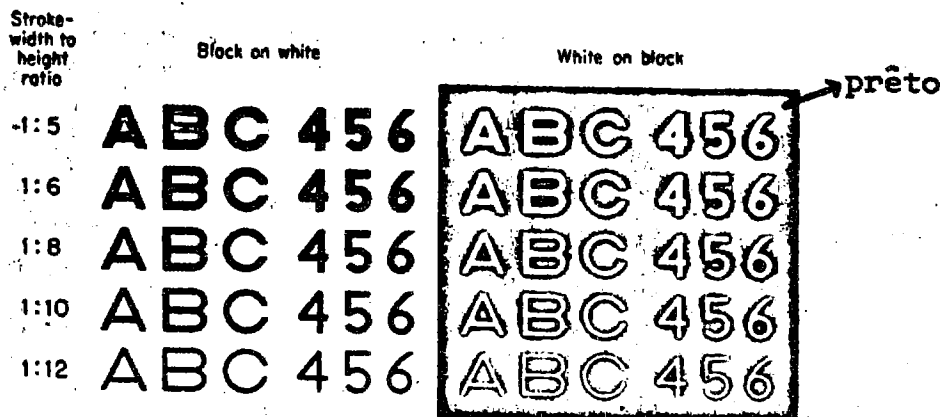


Figure 6-22. Illustrations of various stroke-width to height ratios of letters and numerals.

Berger realizou estudos de legibilidade de números negros em fundos brancos e números brancos em fundo negro, usando luz do dia. Utilizou-se de números com largura de 42mm e altura de 80mm e variando a grossura de 1:40 a 1:5, determinou a distância média em metros a qual indivíduos podiam lê-los. Os resultados obtidos estão na tabela a seguir.

Cor da letra	Grossura							
	1:40	1:20	1:12,3	1:10	1:8	1:6,6	1:5,8	1:5
Branca	33,9	35,8	36,5	35,5	34,7	33,4	31,4	29,4
Negra	25,2	28,0	31,1	32,7	33,5	33,1	32,1	29,9

A tabela mostra que números brancos em fundo negro, finos a médio(1:40 a 1:6,6) podem ser lidos a maiores distâncias do que os números mais grossos (1:5 e 1:5,8). Para letras negras em fundo branco pode-se observar que a maior distância se deu para a grossura de 1:8, diminuindo à medida que os números eram mais grossos ou mais finos. Finalmente, pode-se ainda observar que os números brancos podem ser lidos a maiores distâncias que os números negros.

Para iluminação profusa à noite, a grossura mais adequada para números brancos luminosos é 1:40. O alto nível de visibilidade de números brancos é explicado pelo fenômeno da irradiação, ou seja, linhas brancas aparentam ser mais largas do que o são em realidade enquanto que linhas negras aparentam ser mais estreitas que em realidade.

Os resultados obtidos neste e em outros estudos devem ser observados com cautela, principalmente devido à quantidade e importância de outros fatores intervenientes na legibilidade de letras e números, tais como, iluminação (luz do dia, escuridão, luz artificial etc.), estilo, tamanho, grau de contraste, tempo de exposição, adaptação ao escuro, etc. De qualquer forma algumas recomendações são feitas.

CONDIÇÃO	GROSSURA
Baixo nível de iluminação	1:5
Baixo contraste	1:5
Letras escuras em fundo iluminado	1:5
Letras iluminadas em fundo escuro	1:8 a 1:10
Letras fortemente luminosas	1:12 a 1:20
Letras abaixo do tamanho ideal	1:5 a 1:6
Letras a serem lidas a grande distância	1:5 a 1:6

6.2.2 - Relação Largura/Altura e Forma

Um fator importante na legibilidade de números e letras é a relação largura/altura (W/H). No quadro abaixo pode-se observar os resultados de um dos estudos a respeito da influência deste fator, de acordo com os quais, valores de W/H elevados permitem melhor legibilidade. Ainda onde problemas de espaço seja, fator limitante, recomenda-se que o valor de W/H nunca seja inferior a 2/3.

		Legibility of letters	
	Description	Daylight	Transillumination
FOX	Garamond Bold	Poor	Acceptable
FOX	W 55% of H*	Poor	Poor
FOX	W 70% of H	Optimum	Acceptable
FOX	W 85% of H	Optimum	Acceptable
FOX	W 100% of H	Acceptable	Optimum

*W = width; H = height

Figure 6-23. Legibility of capital block letters of various width-height ratios and of Garamond Bold letters. [Adapted from data from Brown, 11.]

Os laboratórios das Forças Armadas Americanas sugerem as seguintes proporções para letras e números:

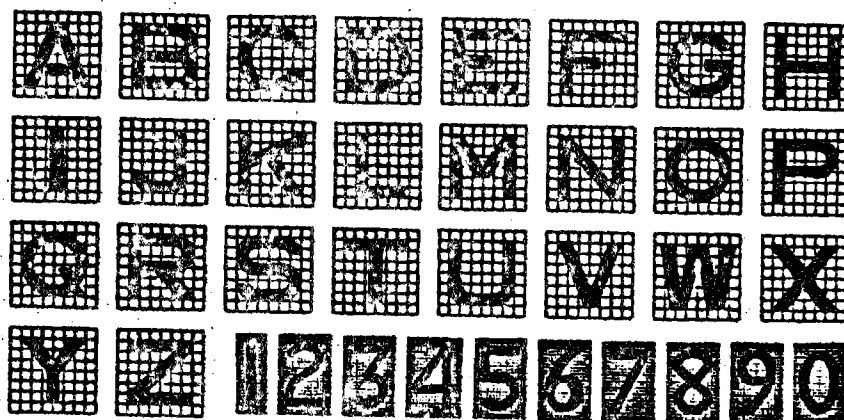


Figure 6-24. NAMEI (Navy Aeronautical Medical Equipment Laboratory) letters and numerals. These are also identified as MIL-C-18012. The letters as shown have a width-height ratio of 1:1 (except for I, J, L, and W). These ratios can be reduced to about 2:3 without serious loss of reading accuracy. The numerals have a width-height ratio of 3:5 (except 1 and 4). These designs were used in legibility experiments by Brown [11] and Atkinson, Crumley, and Willis [3].

Três formas de números foram estudadas quanto a sua legibilidade, e os resultados obtidos na forma de números médios de erros cometidos foram os seguintes: (v.pág.a seguir).

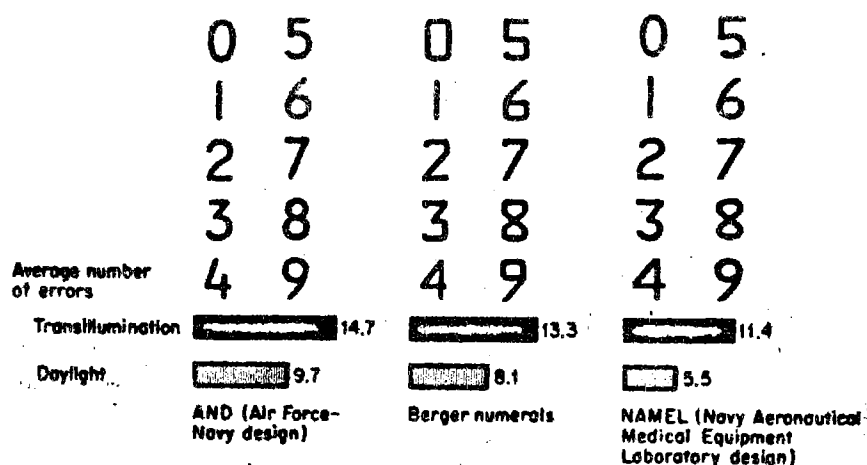


Figure 6-25. Forms of numerals used in study by Atkinson, Crumley and Willis [3] showing average number of errors in reading under two illumination conditions. The NAMEL design was found to be most legible (see Figure 6-24) for the specific proportions of this design on a grid background.

Outro estudo demonstra que a forma criada e proposta por Lansdell, quando comparada com a de Mackworth com relação à sua legibilidade era bastante superior, mesmo para observações em diferentes ângulos e condições de iluminação.

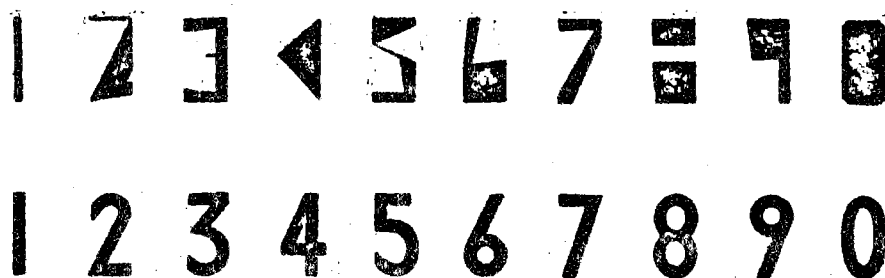


Figure 6-26. Illustration of Lansdell numerals (top row) and Mackworth numerals (bottom row). It was found that people could learn to identify the Lansdell numerals quite readily. The Lansdell design was found to be more legible under various conditions of illumination and viewing angle. From Foley, 28. [Numerals by Lansdell, 40, as later revised.]

O estilo de caracteres tem alguma importância, mas pode-se dizer que de forma geral apresentam igual legibilidade. Alguns estilos, como por exemplo "Old English" retardam um pouco a leitura de textos (cerca de 14%).

6.2.3 - Tamanho de Letras e Números

Têm sido padronizados os tamanhos de 9/64 polegadas para conteúdo e 11/64 para ênfase para letras maiúsculas a serem lidas a 28 polegadas de distância.

Algumas expressões têm sido propostas para cálculo do tamanho de caracteres.

$$H = 0,0022 D + k_1 + k_2$$

onde,

- H - altura da letra em polegadas
- D - distância de leitura em polegadas
- k_1 - fator de correção de iluminação e condições de observação
- k_2 - fator de correção da importância da informação

Os valores recomendados de k_1 e k_2 são os seguintes:

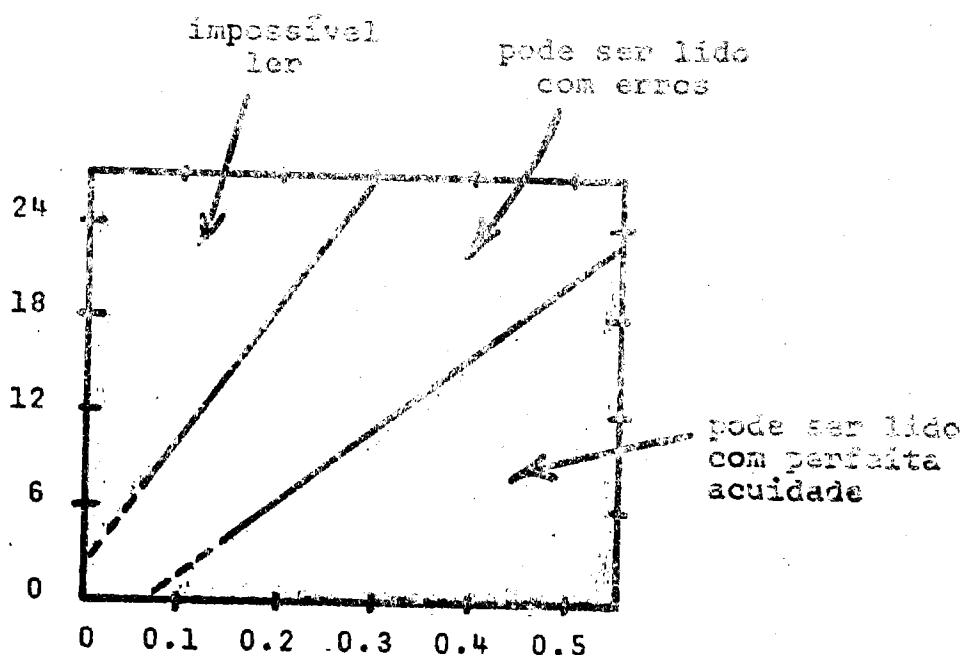
informações de alerta e emergência $k_2 = 0,075$
outras informações $k_2 = 0$

Nível de iluminação em candela-pé	Situação de leitura	k_1
acima de 1	favorável	0,06
acima de 1	desfavorável	0,16
abaixo de 1	favorável	0,16
abaixo de 1	desfavorável	0,26

Convém notar que a expressão não deve ser usada in discriminadamente sem levar em consideração condições peculiares que cada utilização apresenta. A expressão foi usada para calcular valores aproximados da altura de letras e números em diferentes condições de observação e uso para diferentes distâncias de observação, sendo os resultados obtidos fornecidos na tabela abaixo.

Distância	0,0022 D	Informações não importantes			Informações importantes		
		$k_1 = 0,06$	0,16	0,26	0,06	0,16	0,26
14	0,0308	0,09	0,19	0,29	0,17	0,27	0,37
28	0,0616	0,12	0,22	0,32	0,20	0,30	0,40
42	0,0926	0,15	0,25	0,35	0,23	0,33	0,43
56	0,1232	0,18	0,28	0,38	0,25	0,35	0,45

A figura que segue correlaciona visibilidade com distância de observação e tamanho de caracter.



A tabela abaixo recomenda alturas de números e letras para diversos usos e condições.

Natureza das marcas	Altura (polegadas)	
	Brilhância baixa	Brilhância alta
Marcas críticas, posição variável	0,20-0,30	0,12-0,20
Marcas críticas, posição fixa	0,15-0,30	0,10-0,20
Marcas não críticas	0,05-0,20	0,05-0,20

6.3 - "Leiturabilidade" de Material Impresso

Dentre os vários fatores que influenciam a "leiturabilidade" de palavras, sentenças, textos, etc. destacaremos algumas.

6.3.1 - Estilo do Tipo

De forma geral pode-se dizer que letras maiúsculas devem ser preferidas em rótulos, folhetos de instruções, sinais, avisos, etc., e letras minúsculas em impressos contínuos como textos de revistas, livros, etc. Estilos não usuais, tais como, itálico e negrito, devem ser utilizados apenas para dar destaque.

6.3.2 - Largura da Linha Impressa e Espaço entre as Linhas

Estes fatores estão normalmente inter-relacionados e alguns estudos sugerem que os tipos ponto 9, 10, 11 e 12 são igualmente legíveis e que o ponto 6 definitivamente retarda a leitura.

6.3.3 - Relação entre Tamanho do Caracter e o Tamanho da Moldura

Este é um fator importante quando o caracter surge con tornado com uma moldura; como no caso de contadores, placas de veículos, etc., devendo ser lidos algumas vezes dentro de um restrito espaço de tempo de exposição.

A figura abaixo é ilustrativa do fato de que maiores números dentro do espaço disponível são mais legíveis e que a moldura melhora a legibilidade.

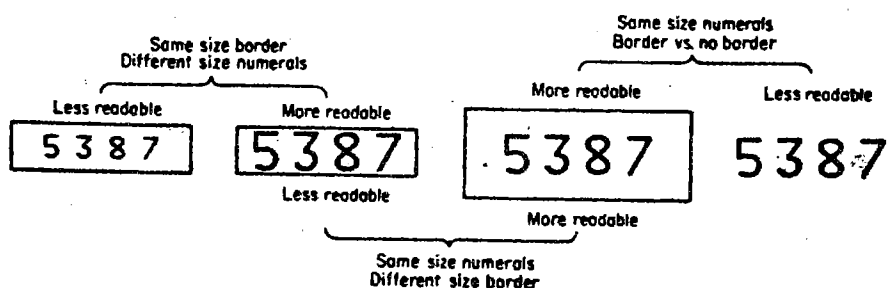


Figure 6-28. Illustration of numerals varying in degrees of clearance with border and of numerals without border.

7. TABELAS - GRÁFICOS E ESCALAS

7.1 - Introdução

Freqüentemente uma informação precisa ser dada ou um resultado precisa ser apresentado e as formas mais usuais para tal é através da utilização de tabelas, gráficos ou escalas. Cada um destes meios possuem vantagens e desvantagens e exigem que algumas normas sejam usadas na sua elaboração.

7.2 - Gráficos

É uma forma bastante utilizada para apresentação visual de informações. Algumas das principais normas para a elaboração de gráficos são:

- As linhas correspondentes aos principais valores da abscissa e da ordenada deve ser mais grossa que as linhas correspondentes aos valores médios que por sua vez devem ser mais grossas do que os valores não numerados.

- Deve-se evitar excessiva subdivisão nas escalas da abscissa e ordenada pois a leitura não será mais acurada e será mais lenta.
- De forma geral gráficos são superiores a tabelas e escalas quando a forma geométrica da função é necessária e quando há necessidade de interpolação.
- Apesar de que o uso de círculos, quadrados e cubos para apresentação de dados e resultados, tem melhor aparência, a utilização de diagramas de barras permite leituras mais acuradas. A figura abaixo é ilustrativa deste fato.

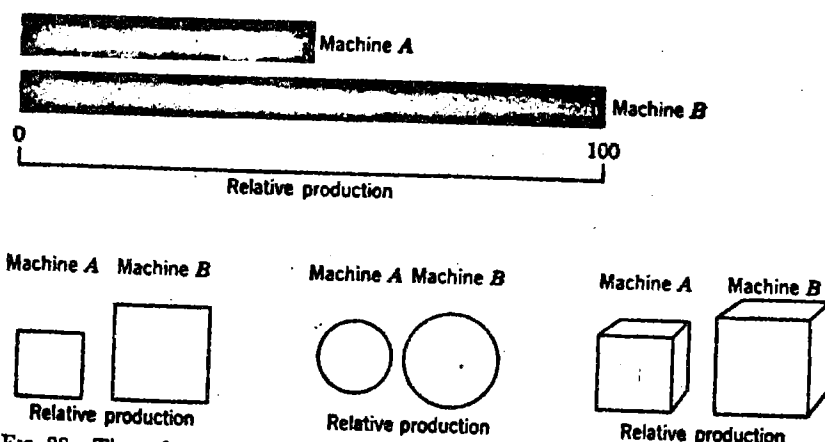


FIG. 88. These four methods of presenting data all tell the same thing: Machine B produced twice as much as machine A. Does the square, circle, or cube for machine B look twice as big as the one for machine A? Research shows that the bar diagram at the top is the best way of enabling us to see relative magnitudes accurately. (After Croxton and Stein, 1932)

7.3 - Comparação entre Tabelas, Gráficos e Escalas

Como já foi dito anteriormente que gráficos são superiores se é necessário o conhecimento da forma da função ou se há necessidade de interpolação. Se se dispõe de uma tabela completa e não há necessidade de interpolação, esta será superior a um gráfico.

7.4 - Decalcomanias, Rótulos, Listas de Chequeamento, Cartazes e Avisos

São as seguintes as principais recomendações a serem seguidas:

- Estilos usuais de letras maiúsculas são recomendados juntamente com uma grossura de 1:6 a 1:8 e uma relação $W/H = 3/5$.
- O tamanho das letras ou números dependem das condições de iluminação, distância, etc. Os valores já mencionados anteriormente como recomendáveis são os utilizados.
- Instruções de emergência e listas de chequeamento devem, na medida do possível ser breves, concisas, claras e utilizarem-se de palavras rotineiramente empregadas. O exemplo a seguir é ilustrativo.

TO EJECT
JETTISON CANOPY
FEET IN STIRRUPS
RAISE ARM RESTS
SIT ERECT
SQUEEZE TRIGGER
FOR EMERGENCY EJECTION IN
FLIGHT JETTISON CANOPY BY
PULLING THE CANOPY JETTISON
HANDLE. HOOK HEELS IN FOOT
REST. RAISE BOTH ARM RESTS
TO HORIZONTAL POSITION
ASSUME ERECT POSTURE
ACTUATE EJECTION TRIGGER
FOR SEAT EJECTION

8. APRESENTAÇÃO AUDITIVA DE INFORMAÇÕES

Muitas vezes a informação a ser dada, o é mais adequadamente através da emissão de sons que possam ser captados e entendidos pelos trabalhadores. A maior parte das informações transmitidas desta forma são avisos e alertas, no entanto, algumas vezes equipamentos mais sofisticados são usados, quando se necessita uma maior discriminação como nos casos do sonar e radios emissor/receptor.

A escolha de sinais auditivos para fornecer informações numa dada situação está em função de alguns fatores importantes, como os contidos nestas indagações.

- O sinal será um aviso, uma chamada ou uma instrução?
- O sinal será indicativo de uma emergência ou uma situação de rotina?
- Qual o tempo disponível para se tomar uma medida?
- O sinal soará em intervalos regulares ou aleatoriamente?
- Há chance de confusão com outros sinais?
- O sinal será de proteção ao trabalhador ou a objetos valiosos?

Estes e outros fatores, tais como, ruído ambiental, sensibilidade do ouvido humano, etc., devem ser considerados.

Os principais equipamentos usados para apresentação auditiva de informações são:

Campainhas: operam a baixa intensidade e frequência (150-400cps) são adequados para ambientes quietos para chamar a atenção sem indicar alarme:

Sinos: Têm maior intensidade e frequência que campainhas sendo adequados para ambientes mais ruidosos.

Buzinas: São em geral de alta intensidade e baixa frequência (3000 - 5000 cps).

Sirenes: Altas intensidades e frequências, sendo em geral usadas para indicar uma situação de emergência.

A tabela abaixo por Harris e Levine indica faixas de intensidade e frequência usuais destes equipamentos.

Características importantes destes equipamentos são:

- devem ser audíveis
- devem chamar atenção imediatamente
- devem alertar
- devem ser discrimináveis
- devem ser informativos
- devem ser compatíveis
- não devem provocar distração do trabalhador
- não devem ser incômodos
- não devem causar dano ao trabalhador
- não deve provocar susto ou pânico

Sendo recomendados:

- para local quieto (50-60 db) campainha ou apito para chamar uma pessoa.
- para fábrica aberta (70-80 db), sinos
- para fábrica ruidosa (90-100 db), sinos ou buzinas
- para ambiente externo aberto, sirene

As demais possibilidades de fornecimento de informações não serão aqui abordadas por serem de menor importância quando comparadas com a visual e a auditiva.

ASPECTOS MOTORES - MOVIMENTAÇÃO; LEVANTAMENTO DE CARGAS, PROJETO DE CONTROLES

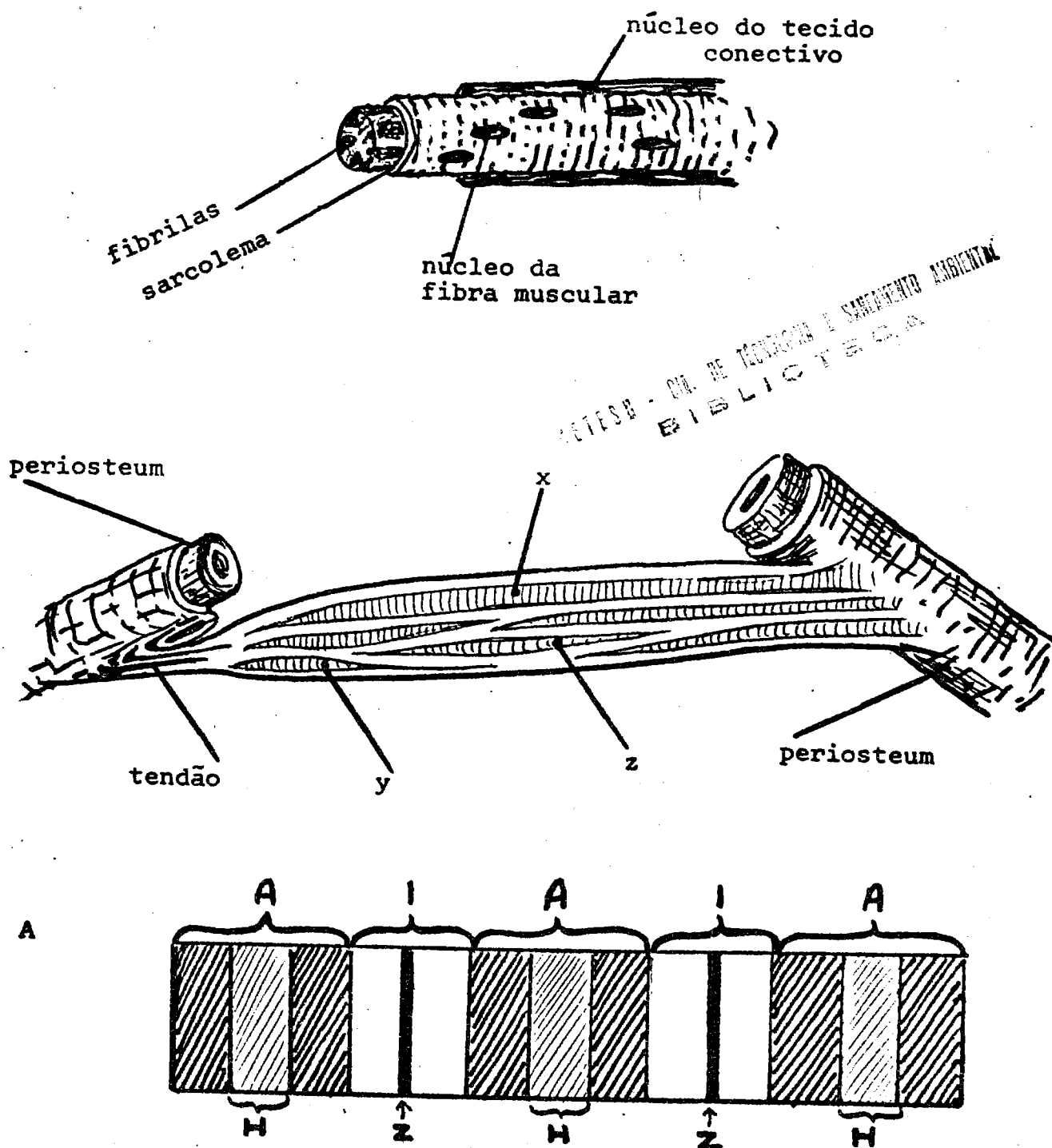
1. INTRODUÇÃO

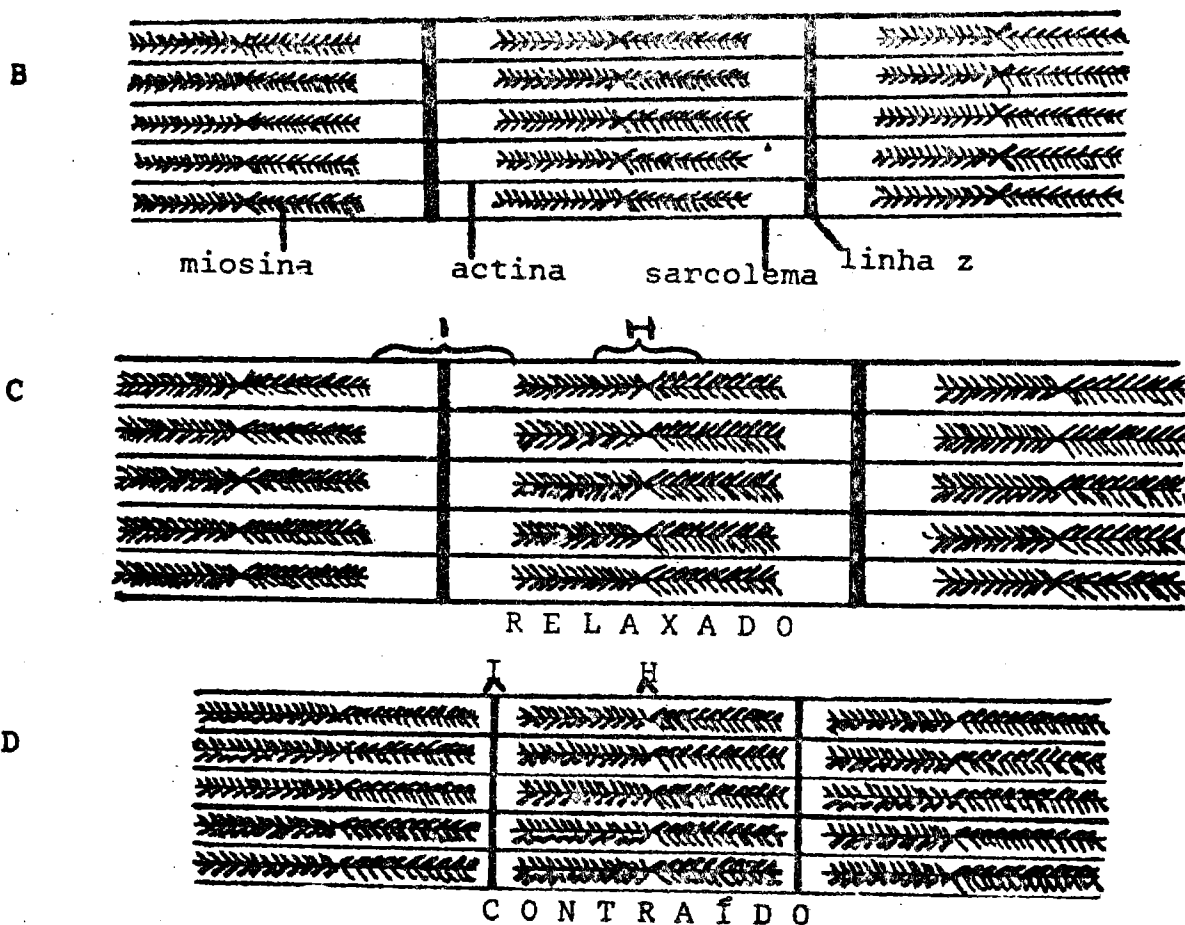
Três são os tipos de músculos no corpo humano, músculos lisos, músculos estriados de contração involuntária e músculos estriados de contração voluntária (esqueléticos), estes últimos responsáveis pela capacidade de movimentação sendo compostos de fibras paralelas compostas de miofibrilas. As miofibrilas são compostas de segmentos chamados sarcômeros que são formados por filamentos finos (actina) que penetram e saem da estrutura de filamentos grossos (miosina) provocando a contração e o relaxamento dos músculos.

Os músculos esqueléticos são ligados aos ossos através dos tendões, devendo salientar-se que sempre que há um movimento há pelo menos um músculo se contraindo e um se relaxando. De forma geral pode-se dizer que quanto maior o número de fibras do músculo, mais potente ele é, e os chamados músculos vermelhos são mais potentes e vagarosos que os músculos brancos. Assim sendo, quando se necessita que um músculo ou conjunto de músculos exerça uma dada atividade, há necessidade do conhecimento da capacidade do con

junto de músculos, bem como a demanda qualitativa e quantitativa da atividade em termos de precisão, potência, velocidade, características bio-mecânicas, etc. Estas características da atividade executada correlacionada com a atividade motora exercida são parâmetros mensuráveis instrumentalmente. A chamada análise bio-mecânica da atividade motora é medida mediante a técnica de ciclogramas deslizantes que nada mais é do que uma representação do movimento executado (sua posição) em relação ao tempo. Estes estudos são de grande utilidade para se observar a variação da intensidade (amplitude) do movimento com o decorrer do tempo.

Várias outras técnicas são usadas para registrar as atividades motoras, tais como, os chamados registros eletromiográficos usados para estimar o esforço das concentrações musculares.





2. TIPOS DE MOVIMENTOS

Muitas classificações têm sido propostas para equacionar os vários tipos de movimentos executados pelo corpo humano e mais especificamente pelo trabalhador durante sua jornada de trabalho. A classificação pura e simples não guarda em si nenhuma utilidade e portanto a categorização dos tipos de movimentos de forma a que haja uma correlação com eventuais efeitos sobre o comportamento do trabalhador é que é de importância assegurada e indiscutível. Como o próprio nome indica o movimento de simples mudança de posição, é aquele onde a atividade exercida se restringe à mudança de uma parte do corpo de uma posição definida para outra, visando alcançar um dado objetivo.

Os chamados movimentos repetitivos são aqueles onde duas ou mais posições são repetidas sucessiva e periodicamente, como, por exemplo, martelar uma peça.

Já nos movimentos contínuos, o mecanismo de "feed-back" alimenta o movimento que se desenvolve continuamente. Movimentos seriados são aqueles onde ciclos completos de movimentos independentes são executados. Vale notar que durante a execução de uma tarefa por um trabalhador, estas várias categorias ocorrem combinadas, e o efeito conjunto delas deve ser considerado. Finalmente, convém manter em mente que não apenas movimentos provocam contração e relaxa-

mento muscular e dispendio de energia, mas também o posicionamento estático os provocam.

3. CARACTERÍSTICAS DOS VÁRIOS TIPOS DE MOVIMENTOS

3.1 - Movimentos de simples mudança de posição:

Estes movimentos são executados pelo trabalhador, acompanhados pela visão ou cegamente. Quando os movimentos são realizados cegamente eles são menos acurados, havendo a tendência de ultrapassar distâncias curtas e não alcançar distâncias longas, e ultrapassar invariavelmente se os movimentos forem verticais. E ainda os movimentos cegos do corpo para longe são mais acurados na direção perpendicular frontal ao tórax à altura dos ombros.

Os movimentos controlados visualmente quando executados na direção frontal ao tórax para diante e para trás são mais rápidos que os laterais, sendo que dentre os laterais, os da direita para a esquerda são mais rápidos.

Com relação à variação angular da acuidade do movimento, experimentos têm demonstrado que são mais acurados os movimentos com as duas mãos feitos no plano frontal da altura dos braços, isto é, a zero (0°) com relação aos braços estendidos para diante. Com um só braço são mais acurados e mais velozes movimentos feitos a 60° a direita.

3.2 - Movimentos repetitivos

Uma vez que estes movimentos são apenas de um tipo, a característica mais importante é a velocidade de execução.

Uma atividade onde se apresenta este tipo de movimento é aquela de batida em teclados sendo que a maioria dos experimentos realizados são com relação à velocidade com que um indivíduo datilografa considerando a variação entre dedos.

Com as mãos espalmadas para frente, na posição de datilografar, experimentos mostraram que os dedos internos (indicadores) são aqueles capazes de executar o maior número de batidas, vindo a seguir os dedos médios, os anulares e os mindinhos.

Observou-se ainda que dedo a dedo, os da mão direita são mais velozes.

3.3 - Movimentos contínuos

Possuem movimentos característicos deste tipo atividades de costura, corte de contorno de chapas, etc., onde à medida que o trabalho vai sendo executado, novas informações surgem controlando os movimentos executados (feed-back). Algumas das conclusões principais que têm sido tiradas de estudos destes movimentos são:

- A velocidade média é menor em percursos menores.
- Movimentos da esquerda inferior para a direita superior são mais acurados do que na direção e sentido contrários.

- Movimentos num plano horizontal são mais acurados quando executados aproximadamente nos setores determinados pelas posições 1:30 e 7:30 dos ponteiros do relógio (135° e 315°).

3.4 - Movimentos seriados

Apesar de estes movimentos poderem ser desdobrados para efeito de estudo de seus vários movimentos componentes, tem sido sugerido por Smith que a combinação dos movimentos individuais é diferente do movimento seriado em si.

3.5 - Posicionamento estático

Como já foi mencionado, apesar de que posicionamento estático não implica em movimento, implica em funcionamento muscular. Assim, se a mão do indivíduo segurar um objeto em uma posição fixa os vários músculos controladores dos movimentos das mãos estão em balanço a fim de possibilitar a manutenção da posição sem movimento.

Várias são as operações industriais onde o trabalhador deve manter seus braços em posições fixas sem qualquer tremor.

Um interessante aspecto de tremor é que quanto mais o indivíduo tenta controlá-lo, maior o tremor. Para redução de tremor recomenda-se:

- Uso de uma referência visual.
- Apoio do corpo ou de partes do corpo.
- Posicionar a mão no máximo 8 polegadas acima ou abaixo do nível do coração.
- Utilizar atrito do braço contra superfícies para aumentar resistência ao movimento, eliminando parte da energia de vibração.

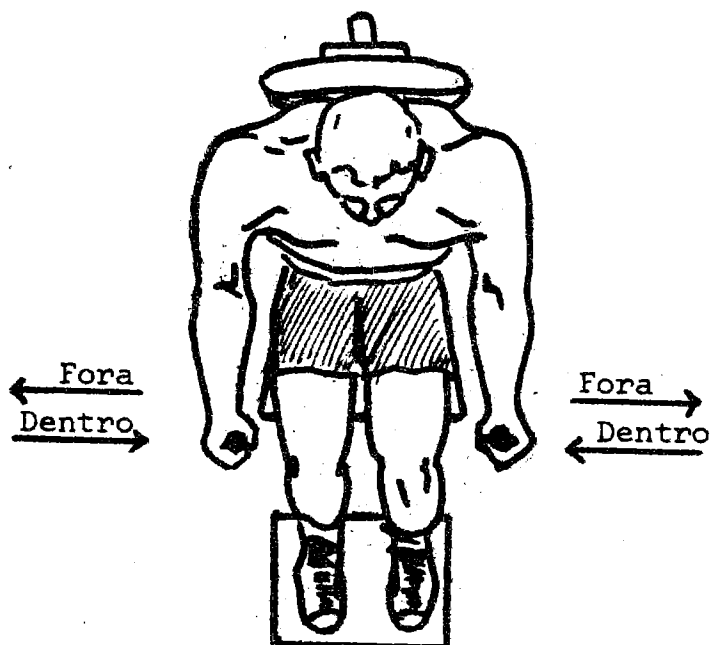
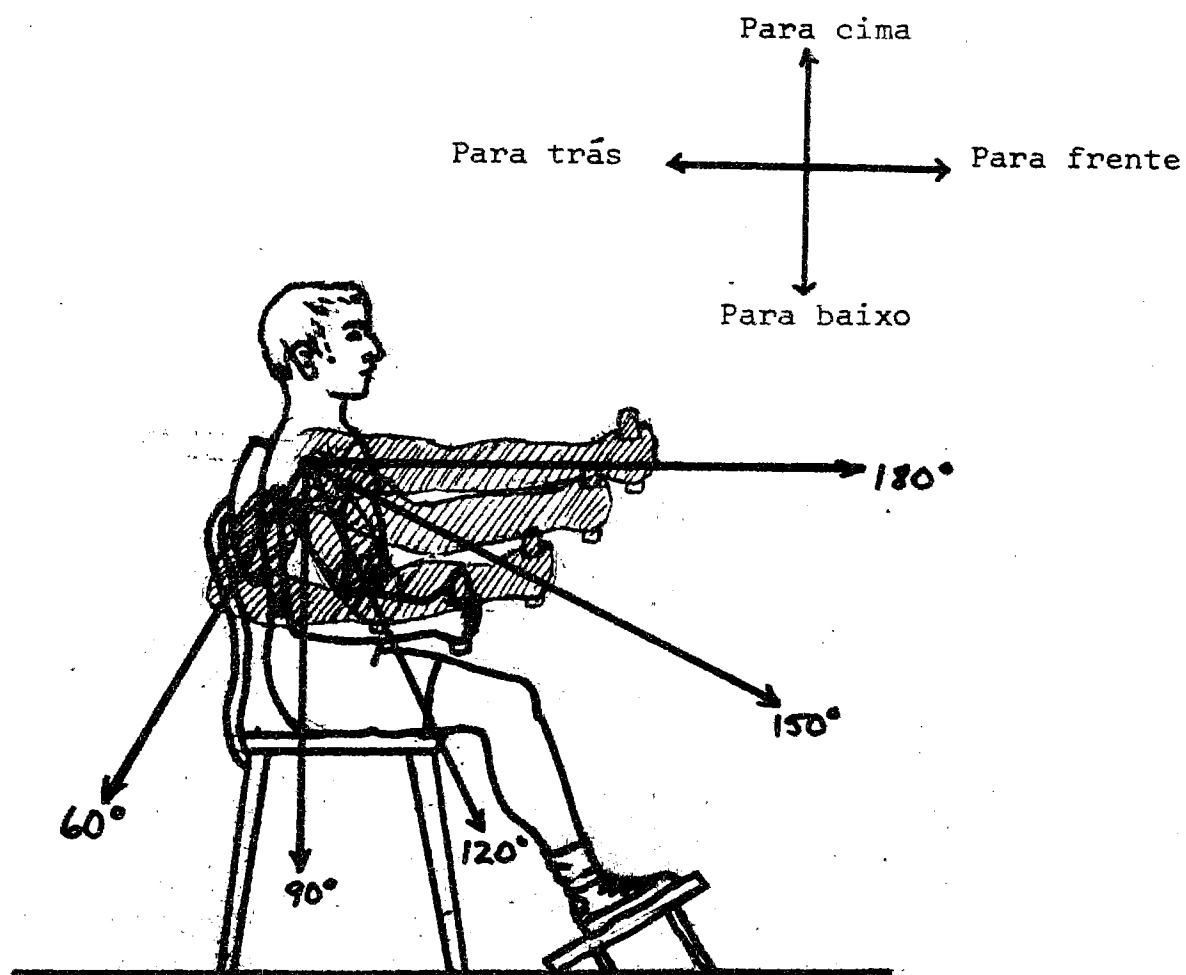
A manutenção de uma posição estática provoca uma sensação de fadiga acompanhada de tremores e sensações dolorosas. A contração dos músculos para manutenção da posição reduz a irrigação dos vasos sanguíneos, reduzindo portanto a capacidade de trabalho aeróbico e a eliminação de elementos tóxicos.

4. POTÊNCIA DOS MOVIMENTOS

Como veremos em itens subsequentes, as atividades motoras do indivíduo são de capital importância durante seu trabalho para a execução de suas atividades de acionamento de controles, levantamento e carregamento de cargas, etc. Cabe, portanto, abordar alguns aspectos relativos à capacidade de trabalho de seus membros quanto à potência neles disponíveis em várias posições, direções e sentidos.

4.1 - Potência dos braços na posição sentada

As atividades a serem desenvolvidas por trabalhadores nestas condições, devem ser tais que a potência requerida seja compatível com a capacidade de seus braços e mãos.



Alguns resultados obtidos por Hunsicker são apresentados na tabela abaixo.

Tabela: Potência dos braços, em libras, em várias direções e para diferentes posições angulares do ante-braço.

Ângulo do braço	5ª Percentil		Média		5ª Percentil		Média	
	esq..	dir.	esq.	dir.	esq.	dir.	esq.	dir.
P U X A R					E M P U R R A R			
180	50	52	116	120	42	50	126	138
150	42	56	112	122	30	42	111	123
120	34	42	94	104	26	36	99	103
90	32	37	80	88	22	36	83	86
60	26	24	64	63	22	34	80	92
P A R A C I M A					P A R A B A I X O			
180	9	14	41	43	13	17	35	41
150	15	18	52	56	18	20	41	47
120	17	24	54	60	21	26	51	58
90	17	20	52	56	21	26	49	53
60	15	20	44	49	18	20	46	51
P A R A D E N T R O					P A R A F O R A			
180	13	20	43	50	8	14	30	34
150	15	20	47	54	8	15	29	33
120	20	22	45	53	10	15	30	34
90	16	18	48	50	10	16	33	37
60	17	20	50	52	12	17	32	42

De acordo com a tabela pode-se observar que puxar e empurrar são mais fortes quando o braço está estendido para frente (180° a 150°). Para movimentos para cima e para baixo, maiores esforços podem ser dispendidos a 120° ou 90°. Movimentos para dentro e para fora são pouco influenciados pela posição. Entre os tipos de movimentos, os mais vigorosos são os para a frente e para trás, seguidos dos para cima e para baixo e finalmente para dentro e para fora.

Quando uma alavanca de controle é acionada através do aperto de um botão (freios manuais de alguns veículos) há necessidade de que este sub-controle apresente uma resistência que não ultrapasse à capacidade de aperto manual do operador.

Na tabela abaixo, alguns resultados experimentais são apresentados.

Para 200 homens	Mão direita		Mão esquerda	
	Média	S.D.	Média	S.D.
Máxima força média	108	21	95	18
Índice médio de manutenção em 1 min.	62	12	55	10

Outra característica estudada é a capacidade de girar controles para dentro e para fora com os dedos e com a palma das mãos, chegando-se a várias conclusões. Entre elas, para girar controles para dentro deve-se preferencialmente posicioná-los para serem agarrados, inicialmente para fora com a palma para cima e vice-versa.

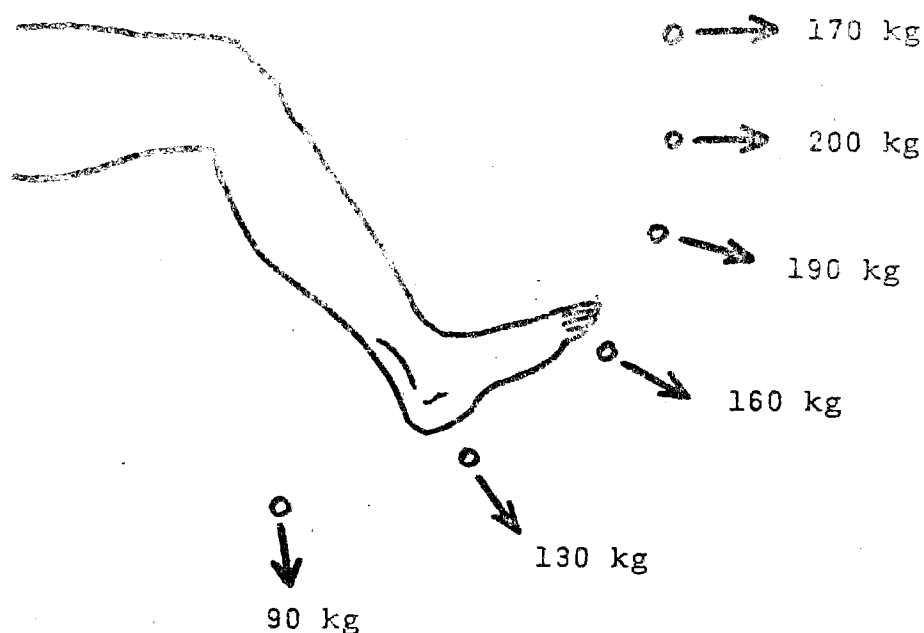
4.2 - Potência dos cotovelos e ombros

Deve-se inicialmente abordar a diferença entre flexionar (dobrar o cotovelo) e estender (esticar) o cotovelo com relação à força que pode ser exercida. As principais conclusões derivadas de experimentos mostraram que força do cotovelo dobrado é 1,5 vezes aproximadamente mais forte que com o braço estendido e é maior com o cotovelo dobrado à 90° do que para todos os outros ângulos.

Em outro estudo foram comparadas as forças relativas que podem ser dispendidas por ação do cotovelo e dos ombros, concluindo-se que a ação do ombro é 1,5 vezes mais forte e 3 vezes mais capaz de manter a posição.

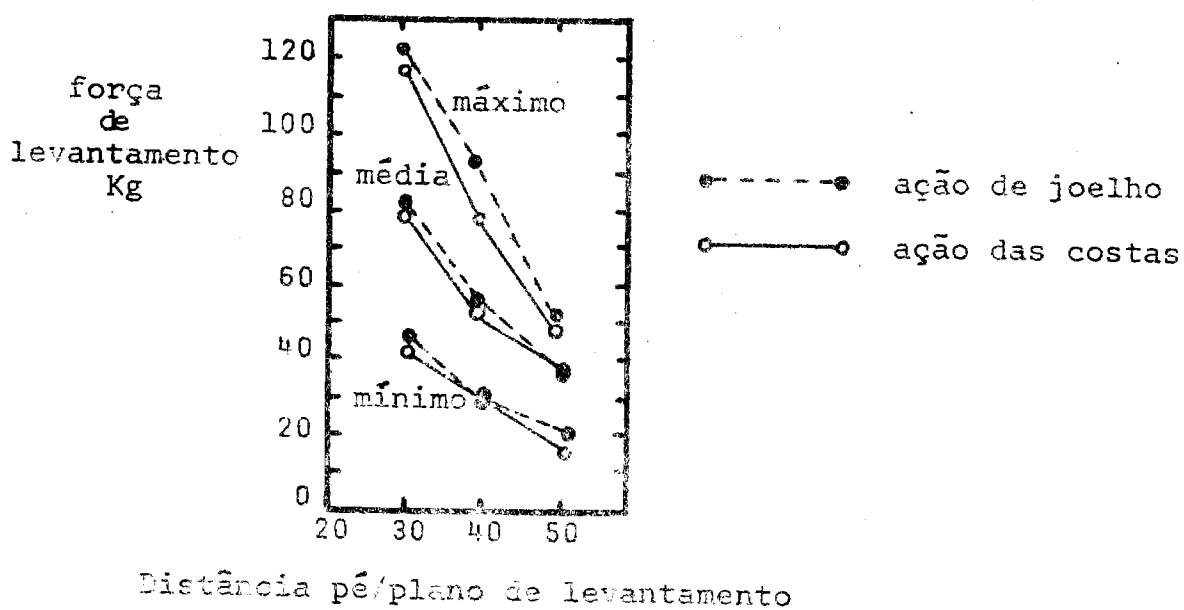
4.3 - Potência das pernas

A figura a seguir mostra as forças capazes de serem exercidas pelas pernas.



4.4 - Levantamento de cargas

É um aspecto de grande importância sob o ponto de vista de segurança e medicina do trabalho e tem sido estudado em profundidade. As variáveis que têm sido investigadas são: tipo de agarrador, altura com relação ao nível do solo, tipo de carregamento (utilizando os músculos das pernas ou das costas), distâncias dos pés à carga. O diagrama abaixo ilustra os resultados obtidos.



As tabelas abaixo são resultados de experimentos realizados em levantamento de cargas.

Table 11-83 Maximum Force that Can Be Exerted in Lifting¹ by Male Air Force Personnel²

Type of lift	Percentiles (lb)			S.D.
	5th	50th	95th	
Backlift ³	275	520	865	90
Leglift ⁴	1010	1480	1950	290

¹ Two-handed vertical pull on a horizontal bar about 28 in. above floor level.
² Clarke, 1945.
³ Legs are straight and the back is bent and then straightened for the lift.
⁴ Back is straight and the legs are bent and then straightened for the lift.

Table 11-84 Maximum Weight that can be Lifted¹ to Various Heights by Male Air Force Personnel²

Height lifted (ft)	Percentiles (lb)			S.D.
	5th	50th	95th	
One	142	231	301	47
Two	139	193	259	40
Three	77	119	172	31
Four	55	81	112	19
Five	36	58	83	16

¹ Subjects lifted a maximally weighted ammunition case (28½ × 10¾ × 6 in.) from the floor and placed it on platforms of various heights.
² Emanuel, Chaffee, and Wing, 1956.

Table 11-85 Maximum Force that Can Be Exerted in Backlift¹ by Male British Civilian Populations²

Population	Percentiles (lb)			S.D.
	5th	50th	95th	
Students	271	367	643	58.9
Employed	251	363	474	67.7
Unemployed	214	315	415	60.8

¹ Two-handed vertical pull on a horizontal bar about 28 in. above floor level.
² Cathcart, et al., 1935.

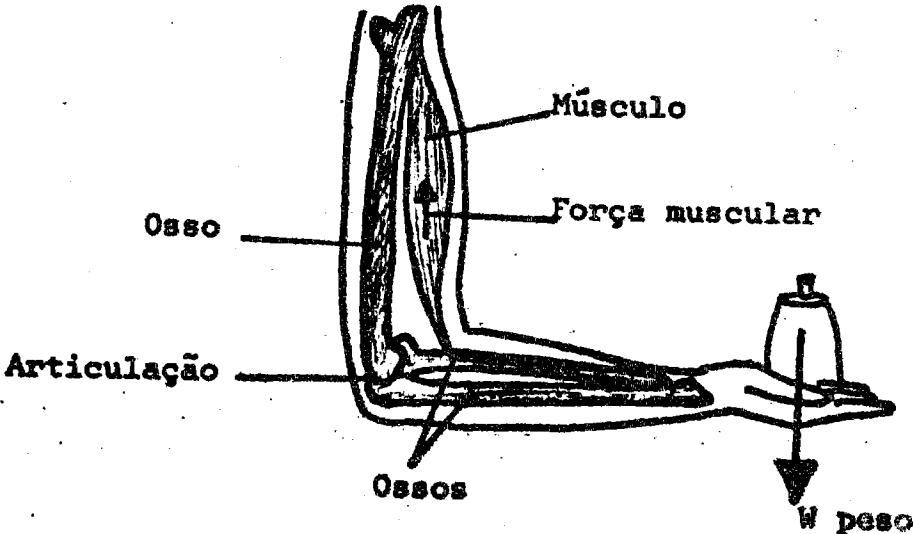
Table 11-86 Maximum Force that Can be Exerted in Backlift¹ by Female British Civilian Populations²

Population	Percentiles (lb)			S.D.
	5th	50th	95th	
College students	160	216	272	34.4
Factory workers employed	119	183	247	38.8
unemployed	101	165	229	39.2

¹ Two-handed vertical pull on a horizontal bar about 28 in. above floor level.
² Cathcart, et al., 1927.

Estes esforços máximos que podem ser dispendidos são determinados experimentalmente, podendo em alguns casos serem T equacionados - apresentados a título de ilustração de forma simplificada.

a) Músculo do ante-braço: Cálculo aproximado da força muscular.



Com relação à articulação, seja

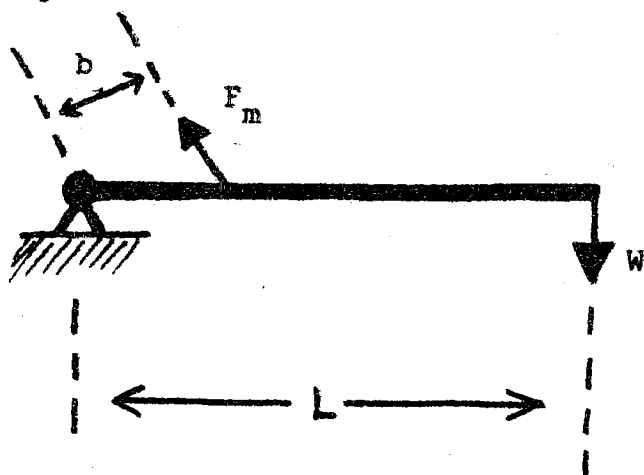
b - distância força no músculo/articulação na perpendicular

L - distância peso/articulação na perpendicular

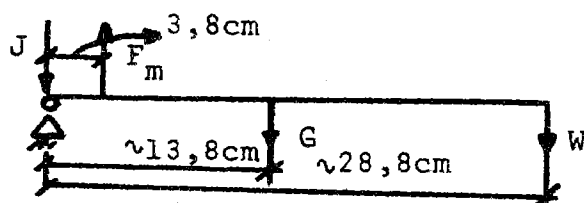
W - peso carregado

F_m - força no músculo

Tomando momentos ou relação à articulação nas condições de equilíbrio



NOTA: O esquema mais real é:



J - força sobre o apoio

G - peso do braço $\approx 1,6\%$ do peso do corpo

$$WL = F_m \times b$$

Em indivíduos normais

$$b \approx \frac{L}{10}$$

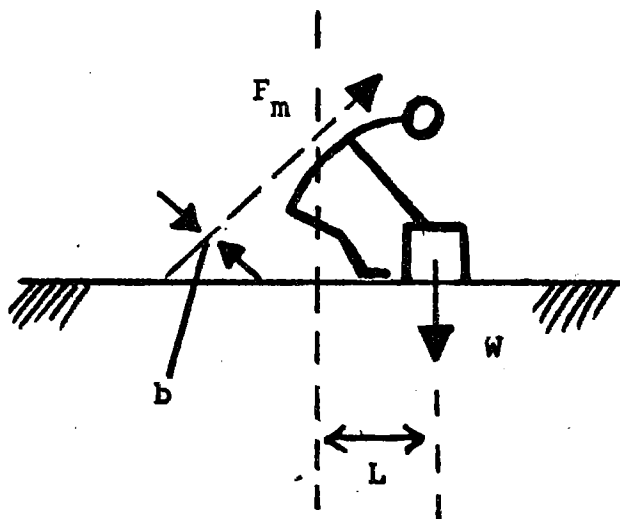
substituindo

$$F_m = W \frac{L}{b} = 10W$$

$$F_m \approx 10W$$

Assim ao sustentar um peso de 10 kg exerce-se sobre o músculo uma força de 100kg.

b) Utilização dos músculos das costas para levantamento de cargas



De forma simplificada supondo levantamento com os músculos das costas com giro (torque) em torno dos quadris, ou seja, tomando equilíbrio de momentos com relação aos quadris:

$$F_m \times b = W \times L$$

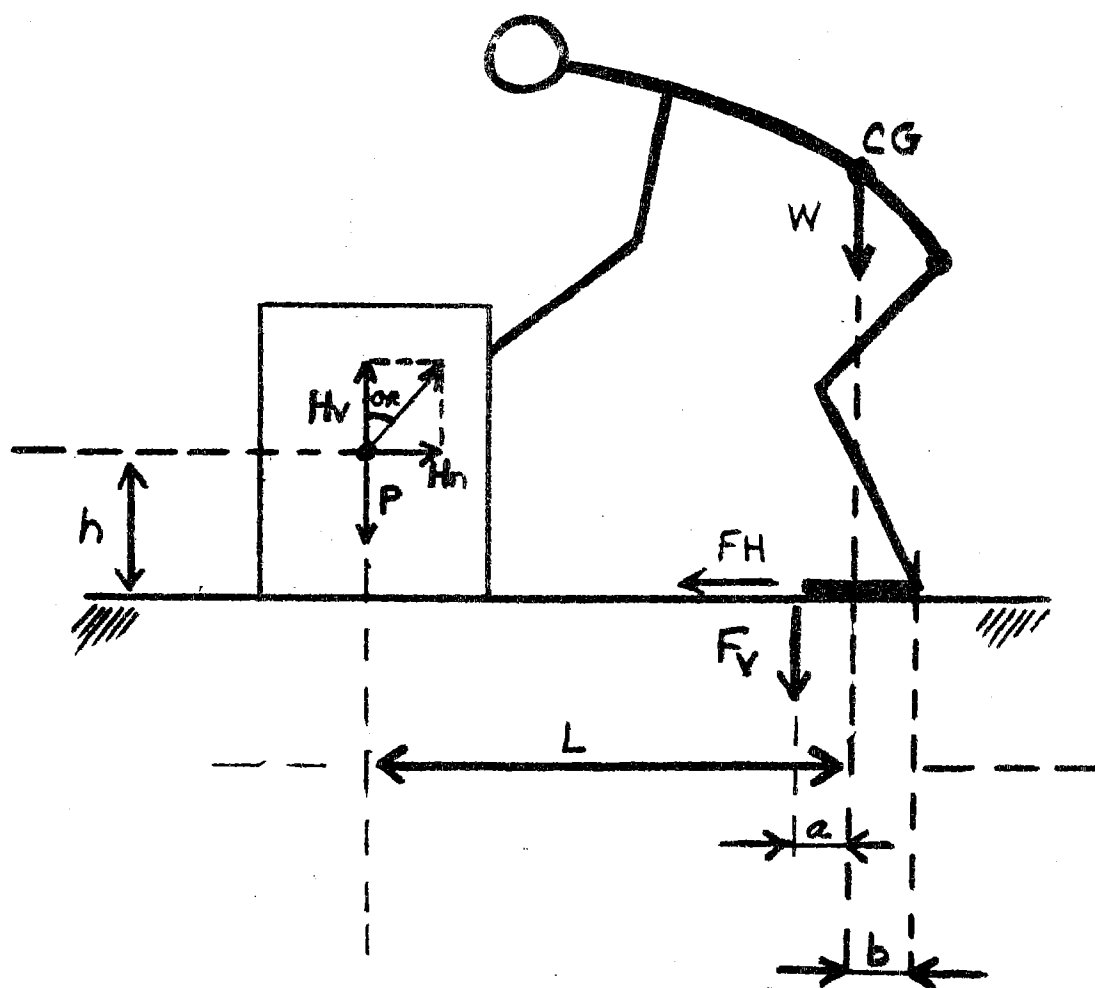
$$F_m = W \times \frac{L}{b}$$

supondo-se $L = 50 \text{ cm}$
 $b = 5 \text{ cm}$

$F_m \approx 10 \times W$

Esta relação dá uma idéia de porque levantamentos de cargas não devem ser conduzidos com auxílio dos músculos das costas e sim das pernas, ainda mais se considerarmos que os músculos das costas são fusiformes e portanto adequados para trabalhos onde se requer velocidade e não trabalhos pesados que requerem grandes esforços.

c) Carga aproximada que pode ser suspensa por um indivíduo por ação de basculamento do corpo



Seja

- P - peso da carga
- W - peso do corpo do indivíduo aplicado no seu centro de gravidade (CG)
- F_H - componente horizontal da força aplicada pelo indivíduo sobre o apoio
- F_V - componente vertical desta acima resultante na direção da suspensão
- H_V - componente vertical da resultante da direção da suspensão
- H_h - componente horizontal da resultante da direção da suspensão
- L - distância do centro de gravidade da carga ao ponto de apoio
- a - distância da força peso do indivíduo ao ponto de apoio
- ângulo da direção do movimento com a vertical

Temos, tomando equilíbrio de momentos em relação ao ponto de apoio,

$$H_v (L - a) + H_h h = W \times a$$

sendo

$$\frac{H_h}{H_v} = \operatorname{tg} \theta$$

$$H_h = H_v \operatorname{tg} \theta$$

Substituindo

$$H_v (L - a) + H_v h \operatorname{tg} \theta = W_a$$

ou

$$H_v \{(L - a) + h \operatorname{tg} \theta\} = W_a$$

ou

$$H_v = \frac{W_a}{(L - a) + h \operatorname{tg} \theta}$$

ou seja, podemos concluir que quanto maior W maior H_v , quanto mais perto (menor L) maior H_v .

fato que comprova as conclusões que podem ser tiradas da figura dada, que relaciona força de carregamento e distância objeto/indivíduo.

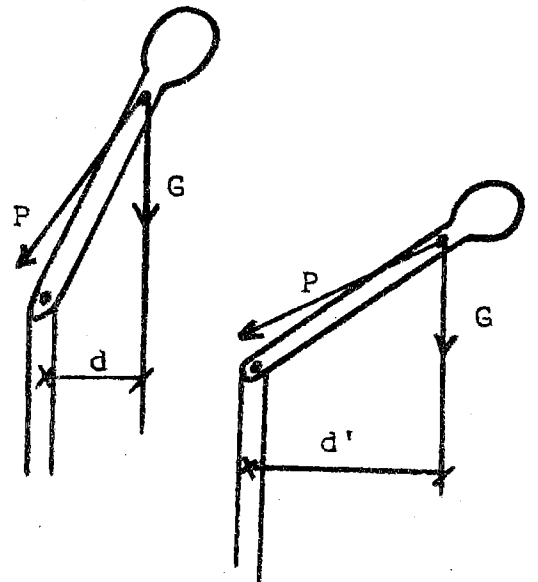
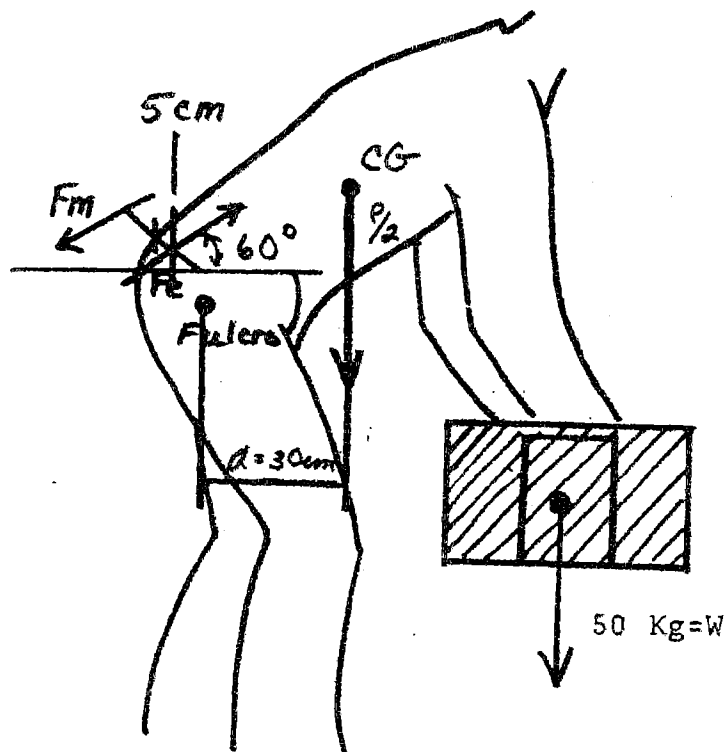
A tabela seguinte mostra o peso máximo permissível a ser carregado por um trabalhador.

Homens adultos	40 Kg (88 lb.)
Mulheres adultas	15 - 20 Kg (33 - 44 lb.)
Garotos (16-18 anos)	15 - 20 Kg (33 - 44 lb.)
Garotas (16-18 anos)	12 - 15 Kg (27 - 33 lb.)

<u>ANOS</u>	<u>HOMENS</u>	<u>MULHERES</u>
14 - 16	15 Kg (33 lb.)	10 Kg (22 lb.)
16 - 18	19 Kg (42 lb.)	12 Kg (26 lb.)
18 - 20	23 Kg (51 lb.)	14 Kg (31 lb.)
20 - 35	25 Kg (55 lb.)	15 Kg (33 lb.)
35 - 50	21 Kg (46 lb.)	13 Kg (29 lb.)
Acima de 50	16 Kg (35 lb.)	10 Kg (22 lb.)

d) Esforço sobre a espinha (discos entre vértebras)

Trata-se de um cálculo aproximado para determinar os esforços sobre a espinha, mais especificamente a força de compressão entre vértebras.



G - peso da cabeça, braços e tronco

P - força no músculo extensor da espinha

Suporemos $W = 50\text{Kg}$ e peso do corpo $P = 80\text{Kg}$.
De forma aproximada o torque nos quadris T_g

$$T_g = \left(W + \frac{P}{2} \right) \times a = \left(50 + \frac{80}{2} \right) \times 30$$

$$T_g = 2700 \text{ Kg} \times \text{cm} (*)$$

Quando o indivíduo inicia o carregamento há uma compressão dos músculos do ventre criando uma pressão interna que auxilia o levantamento, que é uma das causas do dano ao aparelho circulatório chamado "efeito vasalva". A resultante deste esforço deve ser quantitativamente descontada nos cálculos. A pressão interna que se desenvolve é de cerca de 45mmHg.

$$P = 45 \text{ mmHg}$$

$$\text{ou } P = 0,06 \text{ Kg/cm}^2$$

Considerando-se a área do diafragma (A)

$$A = 465\text{cm}^2$$

A força abdominal F' será,

$$F' = 465 \times 0,06 = 28\text{Kg}$$

considerando-se a distância entre o diafragma e a coluna ($b = 10\text{cm}$), o torque na espinha (T_e) será:

$$T_e = F' \times b = 28 \times 10 = 280 \text{ Kg} \times \text{cm}$$

(*) Mais realístico é tomar $0,64 \times P$ em vez de $P/2$ e cada força com o respectivo braço de alavanca.

$$T_e = 280 \text{ kg} \times \text{cm}$$

Assumindo-se a distância entre a linha de ação das cargas e a vértebra igual a 35cm ($c = 35\text{cm}$), o torque por exemplo na 5a. vértebra lombar seria

$$T_{L5} = 90 \times 35 = 3150 \text{ Kg} \times \text{cm}$$

desta forma, o esforço entre as vértebras (T_{EV}) seria

$$T_{EV} = T_{L5} - T_e = 3150 - 280$$

$$T_{EV} = 2870 \text{ Kg} \times \text{cm}$$

e a força nos músculos das costas (F_m) supondo que estes distam 5cm da espinha

$$F_m = \frac{2870}{5} = 574 \text{ Kg}$$

a força de compressão na espinha F_e

$$F_e = \frac{50 + 40}{\sin \theta} = \frac{90}{0,866} = 106 \text{ Kg.}$$

e a força entre vertebrae (sobre o disco) F_d

$$F_d = 106 + 574 - 28$$

$$F_d = 652 \text{ Kg}$$

Este é um cálculo aproximado onde várias grandezas e várias condições são assumidas, mas são estimativas aceitáveis de valores obtidos experimentalmente. Strait, Inman e Ralston calcularam esta força na 5a. vértebra lombar, com inclinação de 60° com a vertical, 50kg de carga, encontrando 850lb. Sem carga alguma, ou seja, apenas devido ao peso próprio das partes do corpo (cabeça, tronco e membros superiores), que causam momento, a força calculada foi de 450 lb. Em ambos os casos assumiu-se peso total do corpo = 180 lb.

A tabela a seguir, fornece valores de esforços em várias posições.

$$F_e = \frac{\frac{50}{2,2} + 40}{0,866} = 72,4 \text{ Kg}$$

$$F_m = \frac{T_{EV} - T_e + T_{L5}}{5} = \frac{-280 + 2195}{5} = \frac{1915}{5} = 383 \text{ Kg}$$

$$F_d =$$

ESFORÇOS NA ESPINHA DURANTE LEVANTAMENTO

Peso levantado 18.2 kg (40 lb.) - Força em kg. Torques em kg- cm

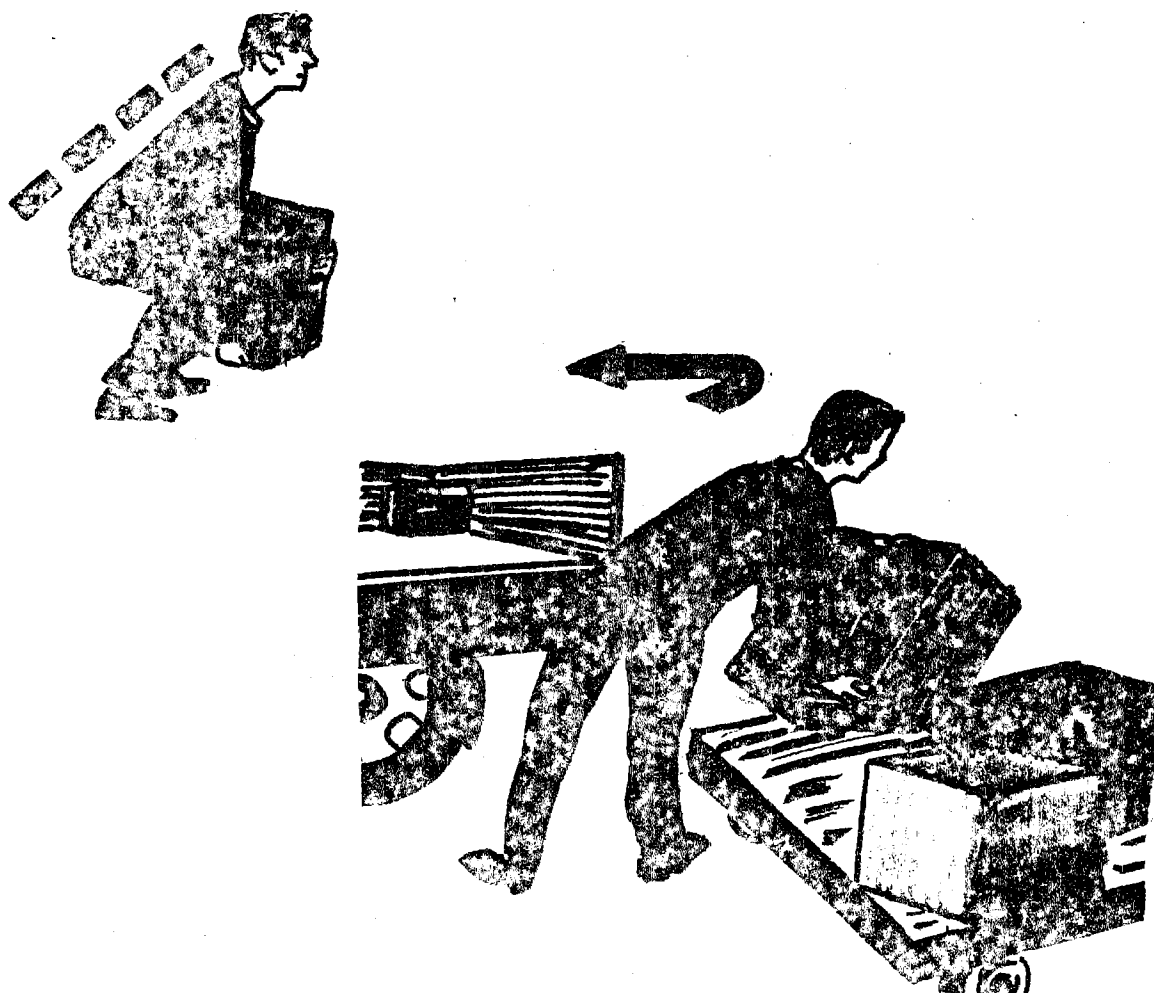
POSTURA	FORÇAS	TORQUES	4 ^a Vert. lomb. e 1 ^a e 2 ^a vert. lomb. L ₄ -L ₅ L ₅ -S ₁	
instante 0,1	forças compressivas		418	490
		torque no disco	2831	3208
	Força no músculo		375	450
		torque abdominal		950
0,4	forças compressivas		300	450
		torque no disco	1950	2200
	forças no músculo		-250	300
		torque abdominal		690
0,8	forças compressivas		- 4	9
		torque no disco	-100	-30
	forças no músculo		-20	- 5
		torque abdominal		0
1,0	forças compressivas		310	340
		torque no disco	2000	2150
	Força no músculo		260	300
		pressão abdominal		660
FEMININO	forças compressivas		368	435
		torque no disco	2140	2430
	forças no músculo		440	525
		pressão abdominal		700
MASCULINO	forças compressivas		440	525
		torque no disco	2700	3100
	forças no músculo		350	430
		pressão abdominal		948

Finalmente, é interessante mencionar algumas recomendações para o carregamento de objetos, antes porém caracterizaremos quais os principais danos causados por este tipo de atividade:

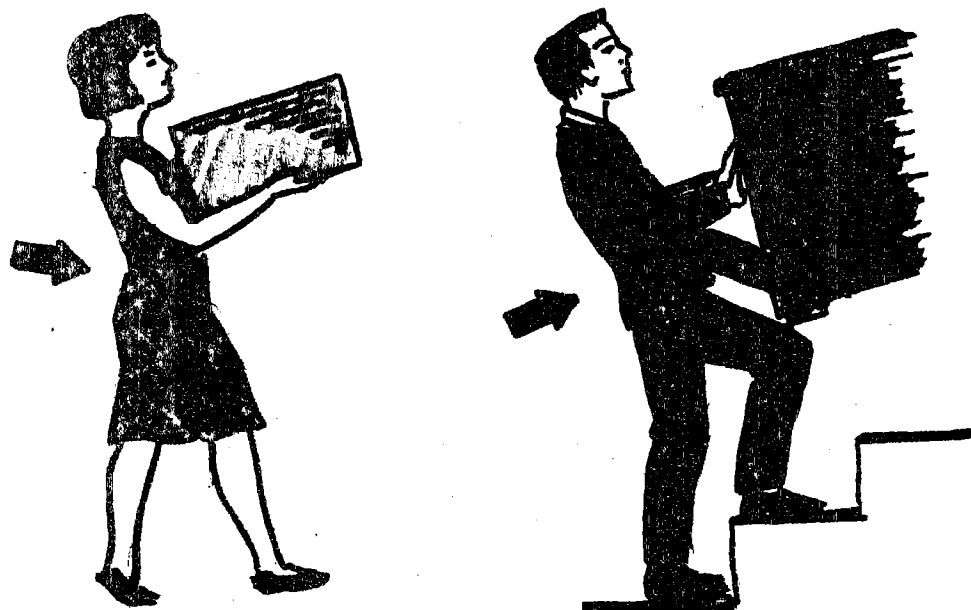
- o carregamento manual de objetos excessivamente pesados pode causar danos agudos e crônicos aos músculos das costas, vértebras lombares e discos entre-vértebras. Estes riscos se agravam com a idade do indivíduo e com más condições destes tecidos.
- vários tipos de hérnias abdominais por excessivo esforço para carregar objetos pesados.
- aproximadamente 25% dos acidentes são causados por atividades de carregamento.
- a queda de um objeto pesado sendo carregado é uma freqüente causa de dano aos pés de trabalhadores.
- grande freqüência de levantamento causa desordens nos aparelhos respiratório e circulatório de indivíduos doentes.
- o efeito Vasalva é característico deste tipo de atividade.

Retomando o parágrafo acima, serão agora mencionadas algumas recomendações para carregamento:

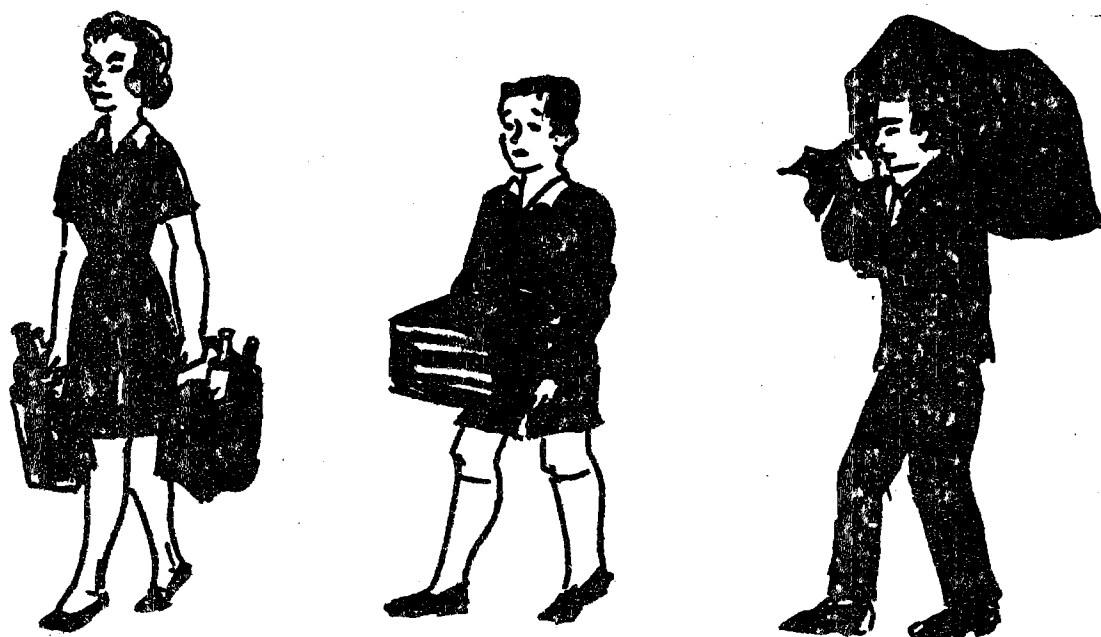
- para levantar, o trabalhador deve dobrar os joelhos em ângulo reto sem curvar as costas e manter o objeto o mais próximo possível do seu corpo.
- o trabalhador deve dispor de espaço suficiente para livre movimentação e apoio adequado e estável sobre os pés.
- se o objeto é uma caixa, o trabalhador deve agarrá-la diagonalmente e colocar um dos cantos junto ao corpo entre as pernas.



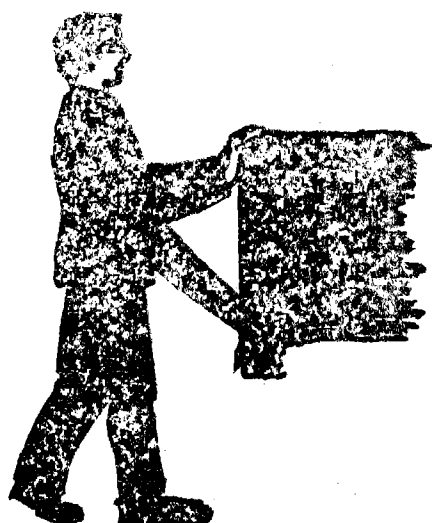
- em operações de levantamento e descarga, o objeto não deve estar ao lado do trabalhador para evitar esforços na coluna.



- o objeto deve estar bem seguro pelas mãos.
- não se deve curvar o corpo durante o carregamento.
- o centro de gravidade da carga deve estar o mais próximo possível da linha vertical do carregador.



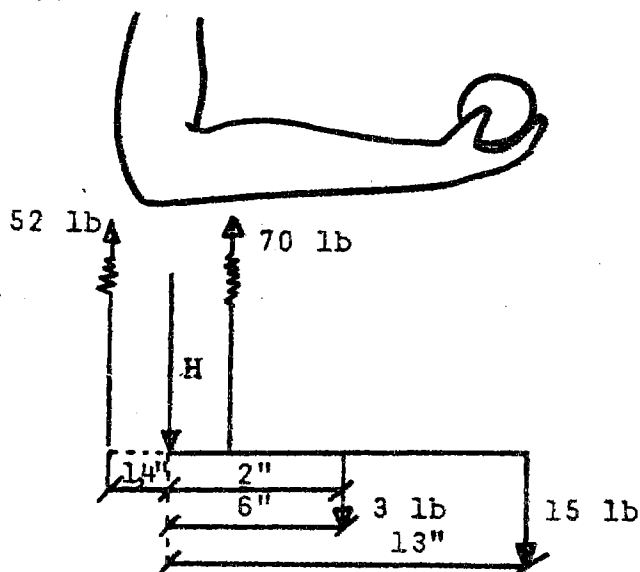
- deve-se usar dispositivos sempre que disponíveis e necessários.



EXERCÍCIOS

1) Considere o braço com o cotovelo flexionado em ângulo reto. Com um peso de 15 lb na mão, sendo que a mão e braço juntos pesam 3 lb. O bíceps está contraído com um força de 70 lb. A posição das forças está indicada no esquema abaixo.

Pergunta-se se o braço está parado, estendendo-se ou flexionando-se



H - força do úmero sobre o braço.

Solução

$$\text{Resultante} = \sum F_i$$

$$R = 3 + 15 - 70 = -52 \text{ lb (para cima)}$$

Tomando momentos

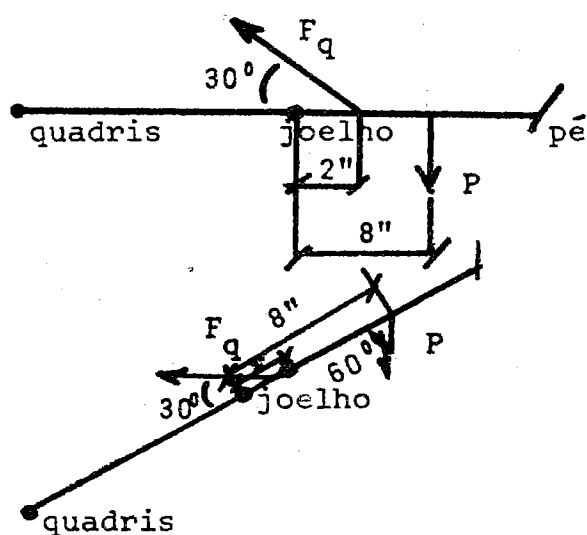
$$R_x = (3 \times 6) + (15 \times 13) - (70 \times 2) = 73$$

$$52x = 73$$

$$x = 1,4 \text{ polegadas}$$

x deu um valor de 1,4" marcado para a esquerda de H, ou seja, para R girar no sentido horário e equilibrar os momentos. Podemos pois concluir que em verdade o bíceps está executando trabalho negativo, ou seja, o braço está abaixando com o peso de 15 lb.

2) Calcular a força nos quadriceps (F_q) nos dois casos abaixo esquematizados.



P - peso da perna: 5 lb

1º caso

$$(8 \times 5) - (2F_q \text{ sen } 30) = 0$$

$$40 - F_q \times 0,5 \times 2 = 0$$

$$F_q = 40 \text{ lb}$$

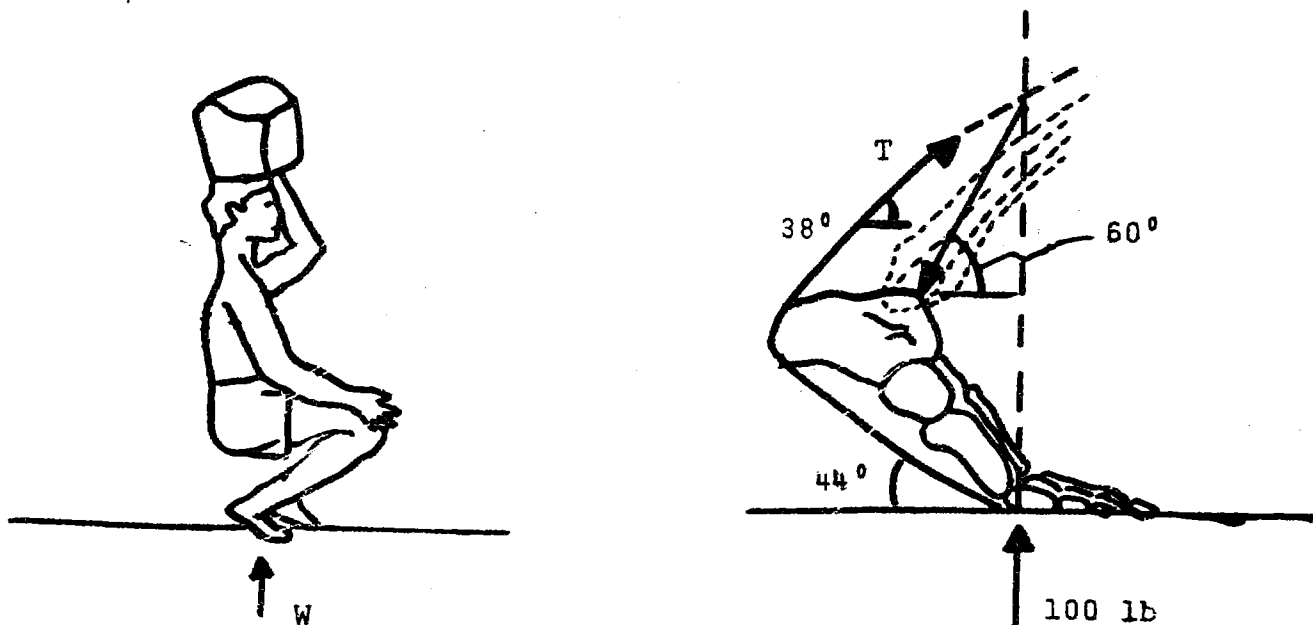
2º Caso

$$(8 \times 5 \text{ sen } 60) - (2 \times F_q \text{ sen } 30) = 0$$

$$8 \times 5 \times 0,866 - 2 \times F_q \times 0,5 = 0$$

$$F_q = 34,64 \text{ lb}$$

3) Calcular a força no tendão de Aquiles (T) e a força na junta J.



4.5 - Controles - Projeto e Acionamento

4.5.1 - Introdução

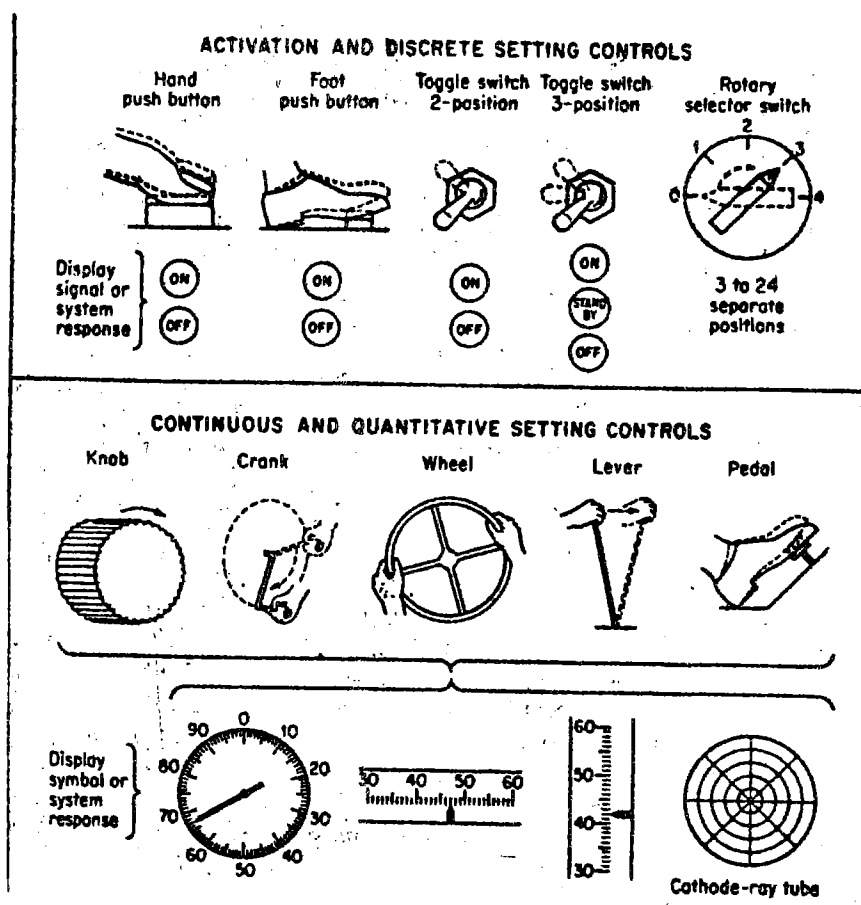
Controles são dispositivos utilizados para controlar um mecanismo que executa uma função desejada. Os controles por sua vez podem executar funções de ativação, ajustamento discreto, controle contínuo e ajustamento qualitativo, transmitindo para máquina uma informação qualitativa, quantitativa ou dicotômica.

4.5.2 - Tipos de Controle e sua Utilização

Os principais tipos de controle e as funções para a qual eles são geralmente empregados podem ser sumarizados no seguinte quadro:

Tipo de Controle	Ativação	Ajustamento Discreto	Controle Contínuo	Ajustamento Qualitativo
Push-Button(mão)	X			
Push-Button(pé)	X			
Interruptor	X	X		
Seletor Rotativo		X		
Botão			X	X
Manivela			X	X
Volante			X	X
Alavanca			X	X
Pedal			X	X

Estes tipos de controle são ilustrados na figura abaixo,



4.5.3 - Princípios Gerais para Seleção de Controles

De forma global pode-se dizer que não existem bons ou maus controles e sim controles utilizados adequada ou inadequadamente, ou seja, um controle que é adequado para uma dada função pode não sê-lo para outra.

Os primeiros requisitos a serem observados na escolha de um controle são:

- A função do controle incluindo o propósito e a importância do sistema, o tipo de mudança que o controle executará, etc.
- Requisitos de velocidade, precisão, faixa e força requerida pelo trabalho a ser executado.
- Requisitos do operador quanto à posição, identificação e localização do controle.
- Requisitos de limitação de espaço no painel e de localização do controle numa dada posição do painel.

De posse destas informações o controle deverá ser escolhido de modo a:

- Permitir que cada mão e cada pé seja usado efetivamente sem sobrecarga. Se são necessários rapidez e precisão, o controle deve ser acionado com as mãos; e se é necessária a aplicação de uma força elevada e contínua, o controle deve ser acionado com os pés. Deve ser considerado não conferir mais de 2 controles para os pés do operador, enquanto que as mãos podem acionar vários controles.

- Compatibilizar o controle com o respectivo display, como está ilustrado na figura abaixo,

ACCEPTABLE CONTROLS FOR VARIOUS TYPES OF SYSTEM RESPONSES

SYSTEM RESPONSE TYPE	EXAMPLES	ACCEPTABLE CONTROLS TYPE	EXAMPLES
STATIONARY		LINEAR OR ROTARY	
ROTARY THROUGH AN ARC LESS THAN 180 deg		LINEAR OR ROTARY	
ROTARY THROUGH AN ARC MORE THAN 180 deg		ROTARY	
LINEAR IN ONE DIMENSION		LINEAR OR ROTARY	
LINEAR IN TWO DIMENSIONS		LINEAR OR TWO ROTARY	

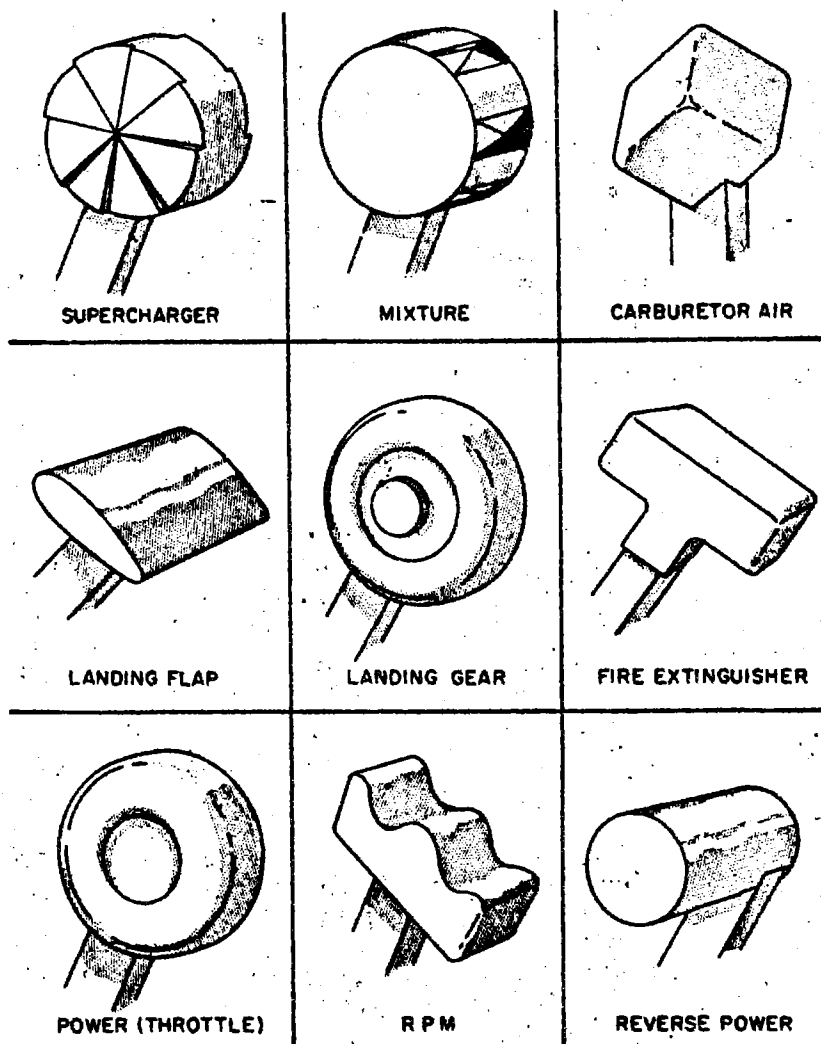
6-1

- Usar controles multi-rotacionais quando se necessita precisão numa faixa ampla de ajustes, apesar de controles lineares e rotativos serem igualmente precisos, os lineares são limitados, não sendo adequados para faixas muito amplas.
- Usar controles de movimento discreto quando um de movimento contínuo não seja necessário.
- Usar controle de movimento contínuo quando houver necessidade de variação contínua ou ajustamento fino seja necessário.
- Evitar mudança accidental na posição do controle.
- Garantir fácil identificação do controle.

4.5.4 - Codificação de Controles - Identificação

Os principais métodos de codificação de controles incluem forma, textura, tamanho, localização, cor, rotulação e modo de operar.

A forma permite ao operador a identificação do controle pelo tato e pela visão. Uma grande variedade de formas têm sido utilizadas codificando cada um dos tipos a uma dada função do controle, como por exemplo,



As formas devem ser tais que evitem confusão de identificação entre si. Jenkins propôs 22 formas diferentes e as estudou quanto à identificação pelo tato, sendo os resultados apresentados no quadro a seguir, na forma de número de vezes em que houve confusão entre os dois tipos de controle.

Outra maneira de permitir a identificação de controles através da vista e do tato é textura do mesmo, sendo os principais tipos, o liso, o estriado e o filigranado, que estão ilustrados na figura abaixo.

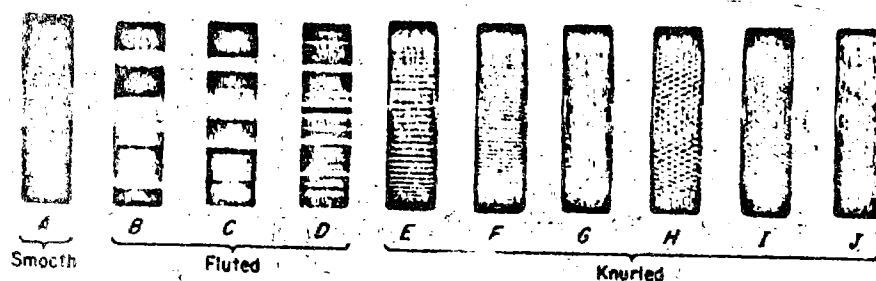


Figure 10-5. Illustration of some of the knob designs used in study of tactual discrimination of surface textures.

Smooth: A.

Fluted: B (6 troughs), C (9), D (18).

Knurled: E (full rectangular); F (half rectangular); G (quarter rectangular); H (full diamond); I (half diamond); J (quarter diamond).

[From Bradley, 6.]

Apesar do uso limitado, controles podem ser identificados pelo tamanho como no caso da figura abaixo.

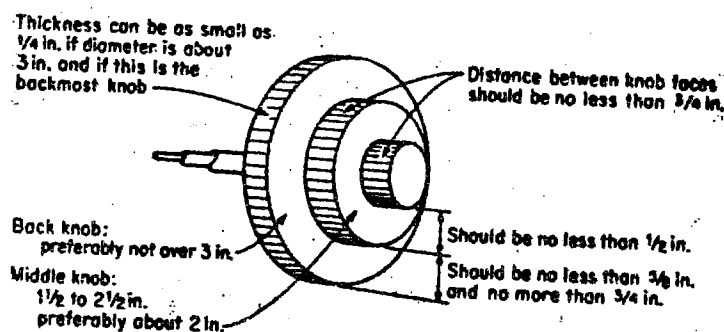


Figure 10-7. Dimensions of concentrically mounted knobs that are desirable in order to allow human beings to differentiate knobs by touch. [Adapted from Bradley and Stuart, 7.]

A identificação por tamanho de botões não concêntricos apresenta uma maior possibilidade de erros uma vez que o ser humano não apresenta uma grande capacidade de reconhecer tamanhos diferentes pelo tato.

A codificação de controles por cores e rótulos é limitada à identificação visual requerendo primariamente iluminação adequada.

Na eventualidade do número de controles não ser muito grande e o espaço disponível ser razoável, pode-se optar pela identificação de controles pela sua localização. Um exemplo típico deste caso são os controles de um automóvel.

Finalmente, controles podem ser identificados pelo modo de operação, onde um dado controle só pode ser operado de um modo único e característico.

Um resumo das vantagens e desvantagens de cada tipo de codificação é apresentado a seguir(*):

1. Forma e Textura

A. Características desejáveis

- útil em ambientes mal iluminados
- complementa identificação visual
- útil para padronização de identificação

B. Características indesejáveis

- limita o número de controles identificáveis
- o uso de luvas limita sua utilização

2. Localização

A. Características desejáveis

- idem às anteriores

B. Características indesejáveis

- limitação do número de controles que podem ser identificados
- aumenta requisitos de espaço
- a identificação é incerta

3. Cor

A. Desejável

- útil para identificação visual
- útil para padronização de identificação
- codificação ampla

B. Indesejável

- deve estar no campo visível
- não pode ser usado com má iluminação
- requer operadores capazes de claramente distinguir cores

4. Rótulos

A. Desejável

- amplo número de categorias possíveis
- não requer muito aprendizado

B. Indesejável

- deve estar no campo visível

(*) McCormick, E.J. - Human factors engineering. New York, MacGraw-Hill.

- não pode ser usado com má iluminação
- pode tomar espaço adicional

4.5.5 - Compatibilidade de Controles

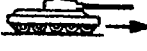
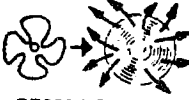
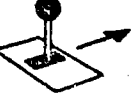
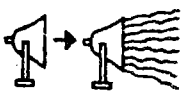
A direção e sentido de movimentação do controle deve ser compatível com a direção e sentido da movimentação da parte móvel do display, ou do componente móvel do equipamento ou sistema. Esta compatibilidade melhorará o desempenho do sistema, devido a uma melhora do seguinte:

- tempo de reação e tempo de decisão
- redução de movimentos na direção errada
- velocidade e precisão de ajustes executados com o controle
- tempo de aprendizagem

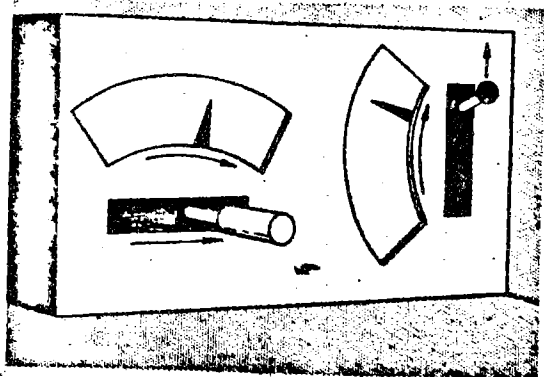
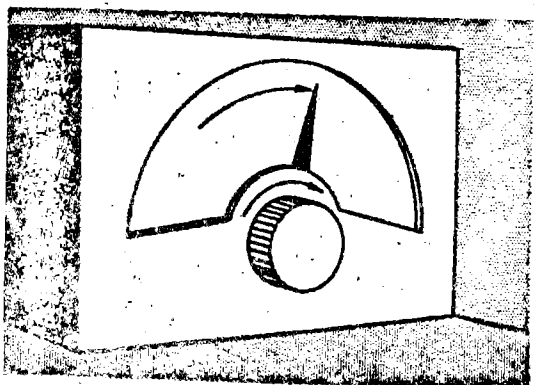
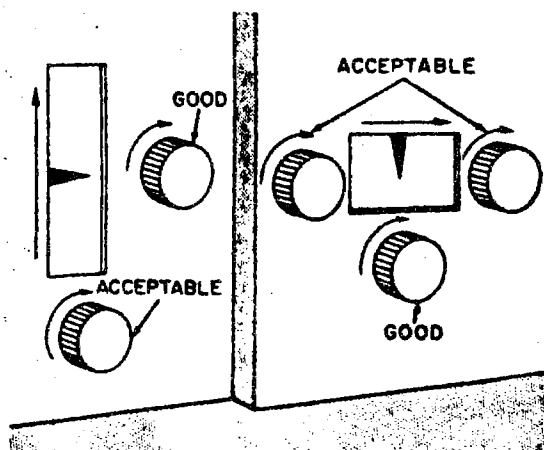
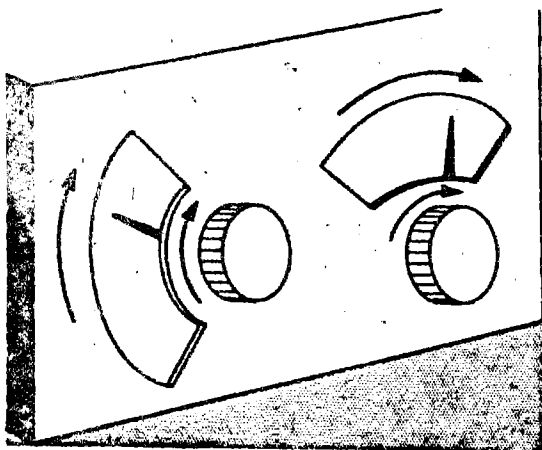
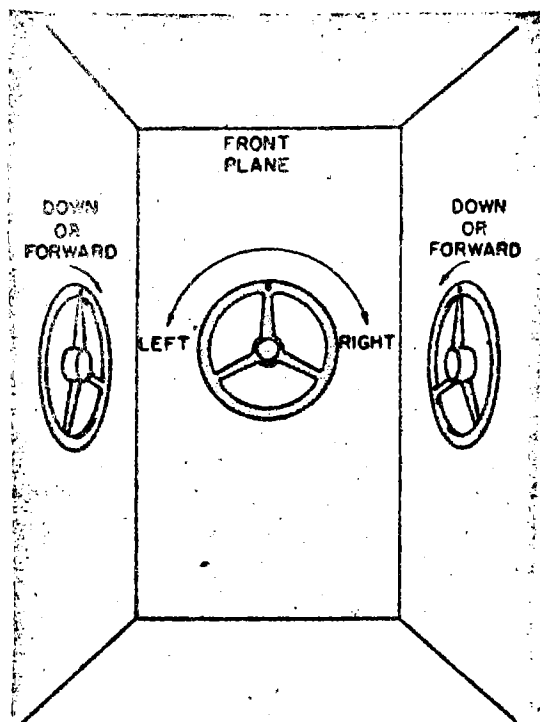
As recomendações de compatibilidade sugeridas são baseadas em relações naturais prévias, práticas de projeto e padronizações. As relações naturais são consequências de hábitos adquiridos independentemente de treinamento prévio, por exemplo, ao se girar um volante no sentido horário, espera-se que o veículo mude de direção para a direita. Este é o chamado 'estereótipo popular'.

Algumas ilustrações de compatibilidade que são recomendadas estão nas figuras seguintes:

RECOMMENDED RELATIONSHIPS BETWEEN CONTROL MOVEMENT AND SYSTEM OR COMPONENT RESPONSE

CONTROL MOVEMENT	SYSTEM (OR EQUIPMENT COMPONENT) RESPONSE				
	DIRECTIONAL				NONDIRECTIONAL
	UP	RIGHT	FORWARD	CLOCKWISE	INCREASE *
 UP	 RECOMMENDED	NOT RECOMMENDED	 CONDITIONALLY RECOMMENDED	NOT RECOMMENDED	 RECOMMENDED
 RIGHT	NOT RECOMMENDED	 RECOMMENDED	NOT RECOMMENDED	 CONDITIONALLY RECOMMENDED	 RECOMMENDED
 FORWARD	SEE TEXT	NOT RECOMMENDED	 RECOMMENDED	NOT RECOMMENDED	 RECOMMENDED
 CLOCKWISE	SEE TEXT	SEE TEXT	SEE TEXT	 RECOMMENDED	 RECOMMENDED

* INCREASE REFERS TO INCREASE IN POWER OUTPUT, BRIGHTNESS, rpm, ETC., AND TO "ON" OR "START" AS OPPOSED TO "OFF" OR "STOP"



Interruptores tipo liga-desliga devem obedecer às seguintes recomendações:

Painel Vertical

liga para cima

desliga para baixo

Painel Horizontal

liga para frente

desliga para trás

4.5.6 - Relação Controle - Display ($\frac{C}{D}$)

É a relação entre a extensão do movimento do controle e a extensão do movimento da parte móvel do display. Em alavancas esta relação é expressa pela razão entre a distância de movimentação do controle e a distância de movimentação do display, e em controles multi-rotacionais pela razão entre o número de revoluções do controle e a distância de movimentação do display.

A figura abaixo ilustra estas considerações, indicando características de sensibilidade do sistema.

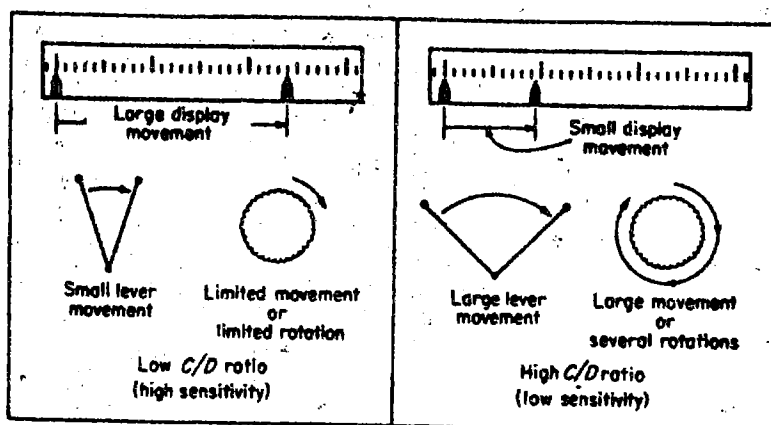
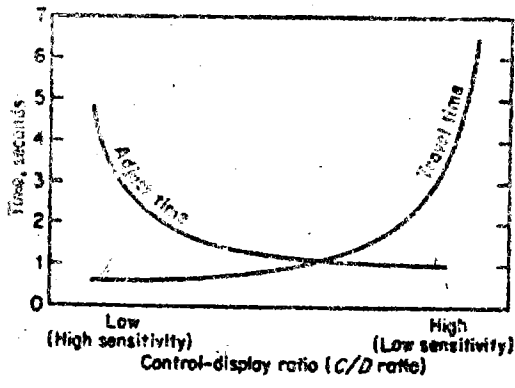


Figure 10-9. Generalized illustrations of low and of high control-display ratios (C/D ratios) in the case of lever-type and rotary controls. The C/D ratio is a function of the distance between the control and display.

O desempenho do operador é comprovadamente afetado pela relação C/D quando ele deve ajustar através de um controle C a indicação do display usando um ajuste grosseiro seguido de um ajuste fino. Isto indica a existência de uma relação C/D ótima, ou seja, de uma sensibilidade ótima do sistema como pode ser observado na figura a seguir obtida em experimentos.

Figure 10-10. Relationship between control-display ratio and movement time (travel time and adjust time). While the data are based on a study by Jenkins and Connor [33], the specific C/D ratios are not meaningful out of that context, so are omitted here. These data, however, depict very typically the nature of the relationships.



4.5.7 - Projeto de Controles Específicos

4.5.7.1 Push-Buttons:

São principalmente de três tipos:

- aperta - liga e solta - desliga
- aperta - liga e aperta - desliga
- aperta - liga e puxa - desliga

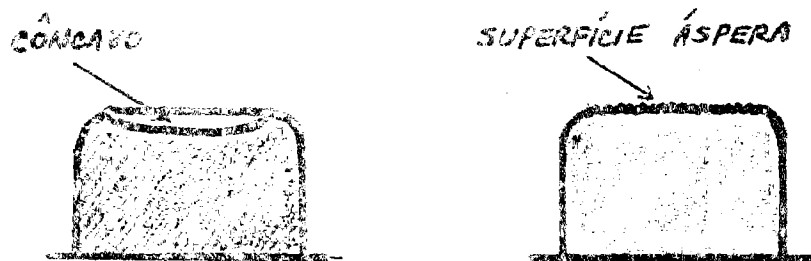
Ocupam pouco espaço, são operados rapidamente e podem ser facilmente codificados por cor, tamanho e posição.

Algumas características de projeto são:

	Operado com	
	Dedos	Sola do pé
Diâmetro		
Mínimo	1/2 pol.	1/2 pol.
Máximo	-	-
Deslocamento		
Mínimo	1/8 pol.	1/2 pol.
Máximo	1 1/2 pol.	2 1/2 - 4 pol.
Resistência		
Mínimo	10 onças	4 - 10 lb
Máximo	40 onças	20 lb

Usar resistência elástica e uma pequena parcela de atrito se necessário. O tempo de operação aumentará com resistência excessiva. Sugere-se eliminar resistência inercial e viscosa.

- o topo do push-button deve ser côncavo ou ter superfície áspera para evitar escorregamento do dedo.(v.fig. a seguir).



- deve ser provido com click audível para indicar ativação.

- no caso de acionamento com os pés deve ser dada preferência à parte fronteira da planta do pé ou ao dedão em vez do calcanhar, para diminuir o tempo de operação.

4.5.7.2 Interruptores ou Comutadores

Requerem pouco espaço para sua localização e operação, são rapidamente operados (principalmente os de dupla posição) e são facilmente identificáveis pela sua localização e visualmente. Algumas de suas principais características de projeto são:

- dimensões:

diâmetro da planta

mínimo	1/8 pol.
máximo	1 pol.

Comprimento

mínimo	1/2 pol.
máximo	2 pol.

Deslocamento

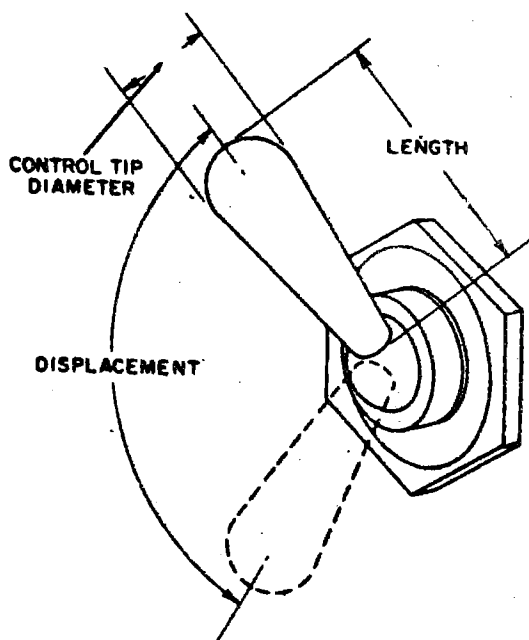
mínimo	40°
máximo	120°

Resistência

mínimo	10 onças
máximo	40 onças

Número de posições

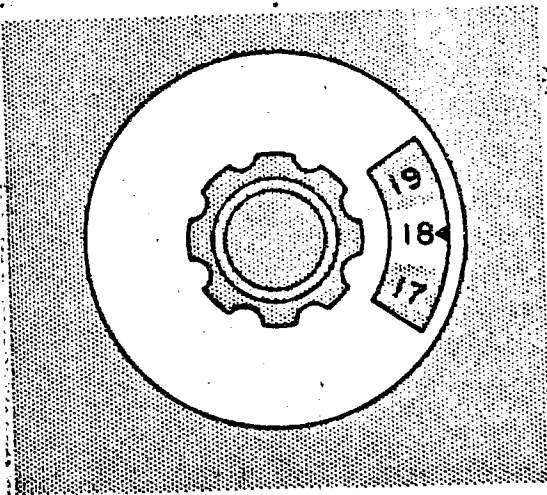
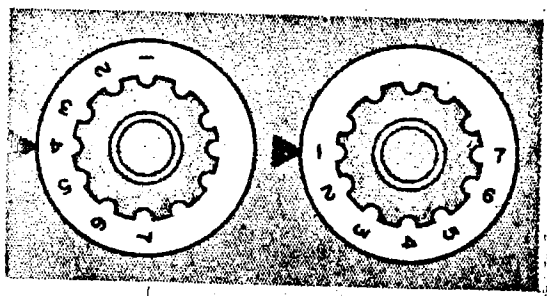
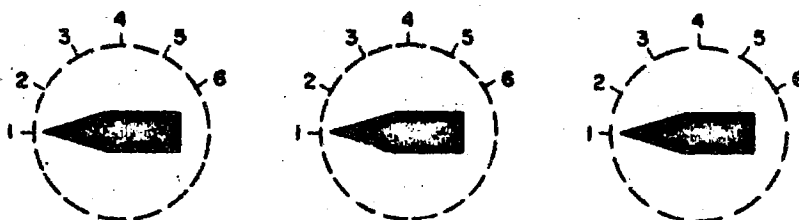
mínimo	2
máximo	3

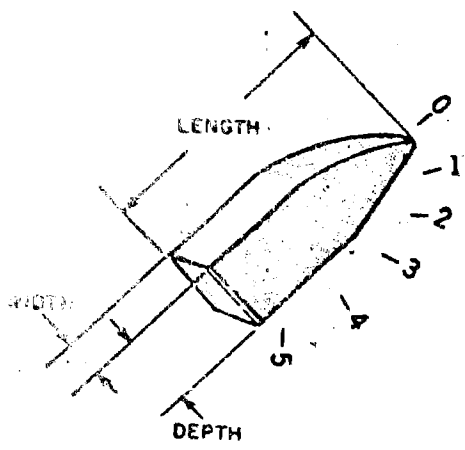


- usar resistência elástica crescente
- minimizar resistência por fricção e inercial-

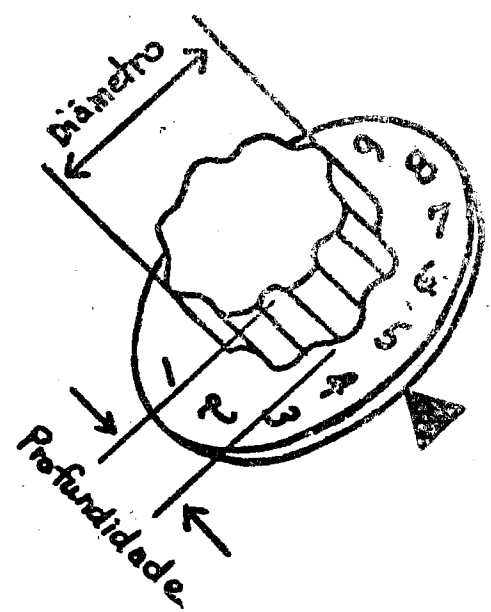
4.5.7.3 Seletores Rotativos

São usualmente encontrados para 3 a 24 posições discretas, sendo que mais posições sacrifica a acuidade. São rapidamente ativados e identificados por cor ou forma e sua posição visualmente. Podem ser de ponteiro móvel e escala fixa ou escala móvel e ponteiro fixo.

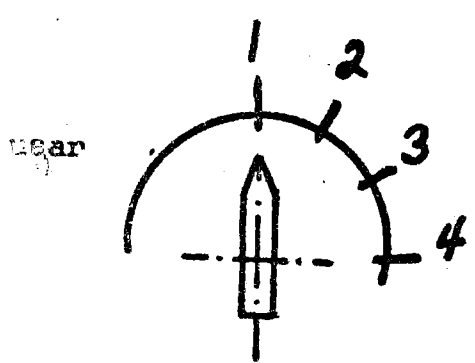




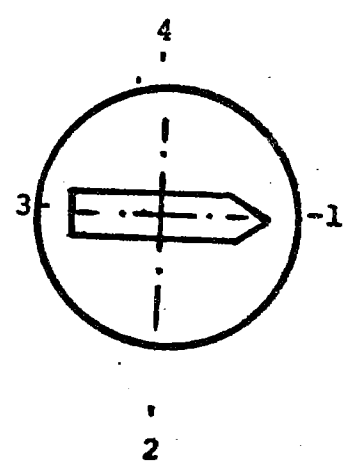
6-25



- Algunas das principais características de projeto são:
- construção de travas para cada posição.
 - uso de resistência elástica crescente minimizando resistência inercial e fricção.
 - não usar botões redondos quando se necessita maiores tanques.
 - evitar uso de mais de 24 posições discretas.
 - evitar posições separadas por 90° ou 180° ou seja



em vez de



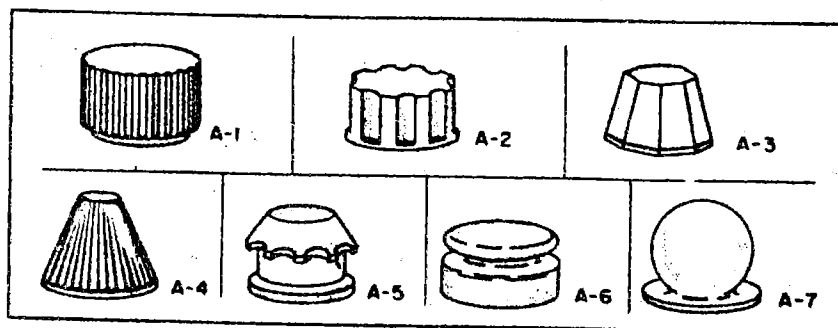
- dimensões de seletores rotativos

	ponteiro	botão
largura ou diâmetro		
mínimo	-	1 pol.
máximo	1 pol.	4 pol.
profundidade		
mínimo	1/2 pol.	1/2 pol.
máximo	3 pol.	3 pol.

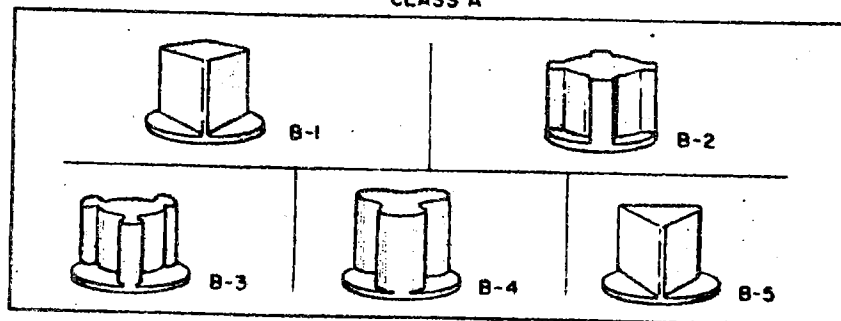
	ponteiro	botão
comprimento		
mínimo	1 pol.	-
máximo	-	2
deslocamento		
mínimo	15° - 30°	15° - 30°
máximo	40°	40°
resistência		
mínimo	12 onças	12 onças
máximo	48 onças	48 onças
número de posições		
mínimo	3	3
máximo	24	24

4.5.7.4 Botões

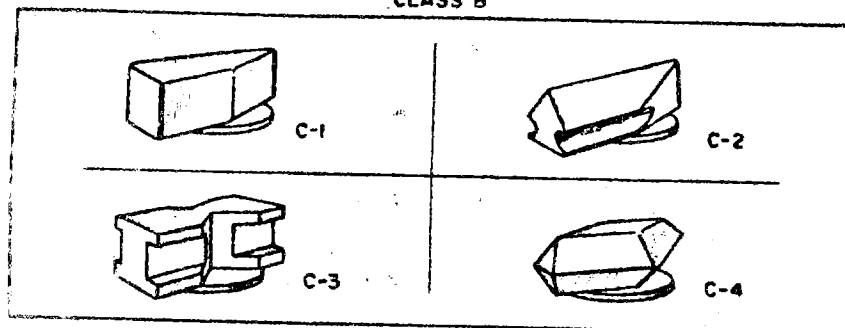
Apresentam bom desempenho para pequenas forças e médio espaço, sendo codificados por forma, cor ou tamanho. Têm ampla faixa de movimento e podem ser usados tanto para ajuste fino como para ajuste grosso. Quando identificados pela forma, podem ser classificados em 3 grupos:



CLASS A



CLASS B



CLASS C

Grupo A - para girar várias voltas onde a posição não é importante.

Grupo B - para menos de uma volta completa onde a posição não é importante.

Grupo C - para menos de uma volta completa onde a posição é importante.

Não de seve usar no mesmo painel:

A-3 com B-4

B-1 com B-5

B-2 com B-3 ou B-4

As principais recomendações de projeto são:

	ponta dos dedos	palma da mão
diâmetro		
mínimo	1/4 pol.	1 1/2 pol.
máximo	4 pol.	3 pol.
profundidade		
mínimo	1/2 pol.	
máximo	1 pol.	
deslocamento	depende da relação C/D	
mínimo	-	-
máximo	4 1/2 a 6 onças	-

- o tipo de resistência recomendada, depende do desempenho desejado, sendo as mais comuns a de fricção e inercial.

- para botões operados com os dedos recomenda-se um deslocamento 1 a 2 polegadas para cada revolução completa do ponteiro.

4.5.7.5 Alavancas e manivelas

Manivelas são eficientes para ajustes a serem cobertos com grandes deslocamentos e altas taxas de giro. Manivelas exigem de médio a grande espaço podendo serem usadas para ajustes finos e grossos.

Alavancas são geralmente projetadas para moverem-se quando uma força é aplicada, podendo também serem usadas para manterem-se fixas numa posição. Requerem amplo espaço para sua localização e operação, sendo codificadas por cor, forma e tamanho. São pouco usadas para ajuste, pois sua movimentação é limitada.

As principais características de manivelas e alavancas são:

	manivela	alavanca
raio ou comprimento		
mínimo	1/2 pol.	variável
máximo	4 1/2 - 20 pol.	variável

	manivela	alavanca
diâmetro da maçaneta		
mínimo	1 pol.	1 pol.
máximo	3 pol.	3 pol.
comprimento da maçaneta		
mínimo	3 pol.	3 pol.
máximo	-	-
deslocamento		
mínimo	-	-
máximo	-	14 - 38 pol.

- manivelas devem ser usadas em casos onde haja necessidade de pelo menos duas revoluções completas da mesma. Em outros casos deve ser dada preferência a botões ou volantes.

- manivelas devem ser usadas em conjunto com botões para ajuste fino.

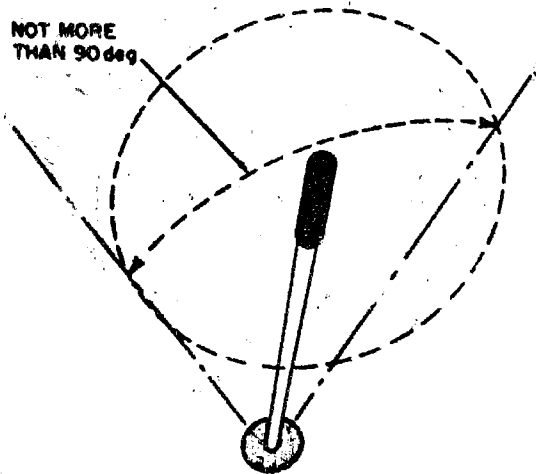
- para pequenas manivelas (raio menor que 3 1/2 polegadas) a resistência deve estar entre 2 a 5 libras e para manivelas maiores entre 5 a 10 libras.

- a maçaneta da manivela deve ser rotativa.

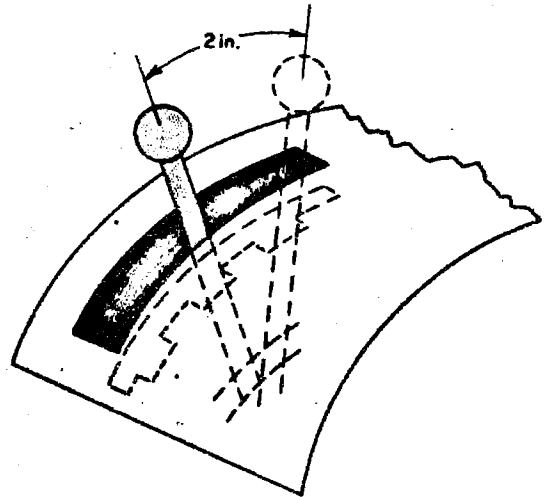
- as resistências máximas para alavancas prá/frente/prá trás e direita/esquerda devem ser respectivamente 30 - 50 e 20 lb. Em alavancas acionadas com as duas mãos frente/trás, sugere-se 60 - 100 lb., e direita/esquerda 30 lb. O tipo de resistência escolhida depende do desempenho desejado e para câmbios sugere-se resistência elástica cuja não linearidade favorece a percepção posicional do operador.

- o arco deve ser inferior a 90° e nunca além do alcance do braço do operador.

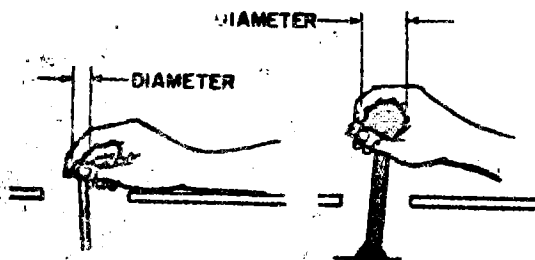
- a bola da alavanca deve ter diâmetro entre 1/2 e 1 1/2 polegadas e no máximo 3 polegadas.



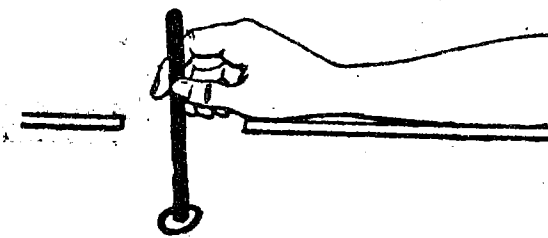
6-36



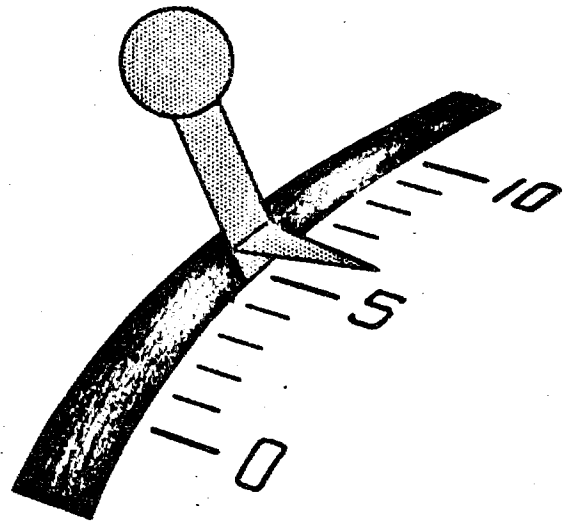
6-39



6-37



6-38



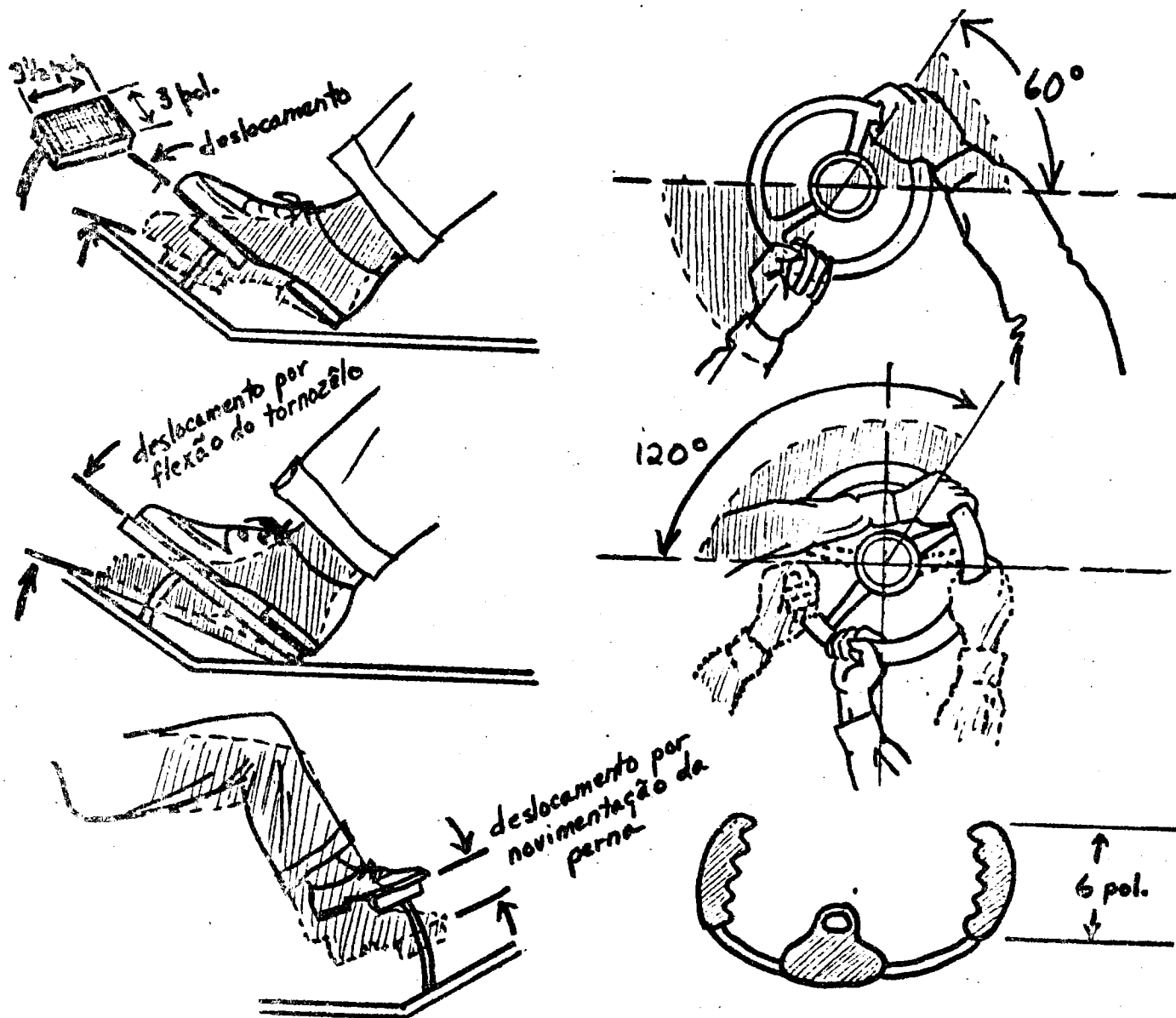
6-40

4.5.7.6 Volantes e Pedais

Volantes são usados quando grandes esforços são necessários. Ocupam amplo espaço para localização e operação, são identificáveis por cor, mas a identificação da posição é deficiente. Os 3 principais tipos de pedais (rotativo, de translação e bi-direcional) também ocupam amplo espaço para sua localização e operação, identificados por posição, e sua principal vantagem é permitir a aplicação de grandes forças.

Algumas das principais características de pedais e volantes estão relacionadas a seguir:

- volantes devem ser usados até um ângulo máximo de 60° para evitar troca de posição das mãos do operador, devendo o diâmetro do corpo do volante exceder $3/4$ a 2 polegadas para que o operador segure com conforto e segurança.
- deve-se minimizar resistência inercial.
- protuberâncias devem ser previstas para impedir escorregamento da mão do operador.



- dimensões

	volante	pedal
tamanho		
mínimo	φ7 pol.	3 1/2 x 3 pol.
máximo	φ21 pol.	
deslocamento		
mínimo	-	1/2 pol.
máximo	120°	2 - 7 pol.
resistência		
mínimo	5 lb.	4 - 10 lb.
máximo	30 - 50 lb.	10 - 200 lb.

- pedais geralmente são projetados para retornar à posição inicial quando liberados.

- pedais operados por ação de tornozelo devem obedecer a um deslocamento máximo de 2 polegadas correspondente a um ângulo de 10 - 12°, sendo jamais superior a 30° (metade do ângulo de movimentação do tornozelo).

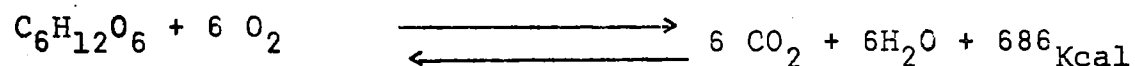
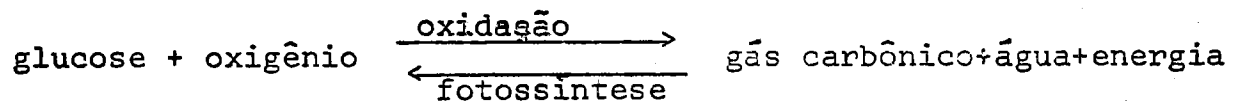
- os pedais devem ser tão largos quanto à sola do pé (~3 1/2 polegadas). Para uso curto e intermitente o comprimento de 3 polegadas é adequado e para uso longo e contínuo pelo menos de 11 - 12 polegadas.

ASPECTOS ENERGÉTICOS - DISPÊNDIO DE ENERGIA -
CAPACIDADE FÍSICA DE TRABALHO

1. INTRODUÇÃO

O corpo humano, sob o ponto de vista energético comporta-se como uma máquina térmica onde se aproveitam os alimentos ingeridos através de transformações bioquímicas para a produção da energia disponível para a execução de suas atividades.

Classicamente, usa-se a equação abaixo para ilustrar a produção de energia pelo processo oxidativo metabólico.



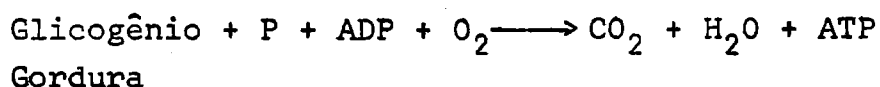
As principais fontes energéticas armazenadas e disponíveis no corpo para contração muscular são os carbo-hidratos e a gordura, provenientes do consumo de alimentos. Esta energia potencial acumula da sob a forma de gorduras e carbo-hidratos são carregadas dentro das células aos pontos onde as reações se processam por substâncias especiais: Adenosina tri-fosfato (ATP) e creatina fosfato.

A liberação de energia se dá de duas formas diferentes:

Processo anaeróbico

- 1) $ATP \rightleftharpoons ADP + P + \text{energia livre}$
- 2) $\text{Creatina} + ADP \rightleftharpoons \text{creatina} + ATP$
- 3) $\text{Glicogênio} + P + ADP \longrightarrow \text{lactato} + ATP$
e
glucose

Processo aeróbico



P - fosfatos

ADP- Adenosina di-fosfato

A disponibilidade energética do processo anaeróbico é pequena quando comparada com aquela que pode ser liberada pelo processo aeróbico, sendo esta cerca de 20 vezes maior por grama-mol.

É portanto, a disponibilidade de oxigênio nos músculos que determina a possibilidade de manutenção de trabalhos prolongados. A tabela abaixo fornece uma aproximação da energia estocada por um indivíduo normal.

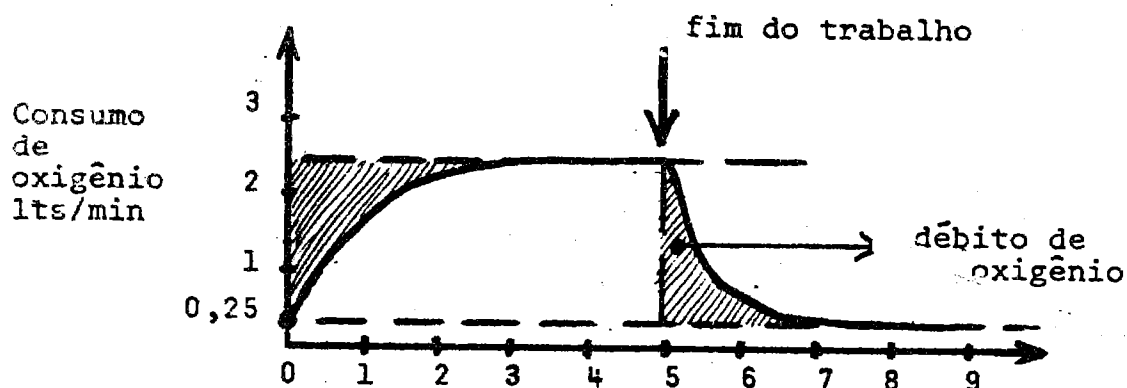
	Energia/mol em Kcal.	Kcal total Homem de 75 kg a 20 kg de músculo
ATP	10	1,2
Creatina	10,5	3,6
Glicogênio	700	1.200
Gordura	-	50.000

Pode-se observar que a energia disponível no ATP e na creatina é bastante limitada. Se considerarmos um gasto diário de 2.000 a 5.000 Kcal, em alguns casos 50 Kcal/min, pode-se observar que a energia armazenada nesta forma seria suficiente para cobrir apenas alguns segundos de atividade.

Torna-se pois evidente que uma produção rápida e constante de energia deve ser garantida pela oxidação de glicogênio e ácidos graxos.

1. CAPACIDADE FÍSICA DE TRABALHO

Cada litro de oxigênio consumido equivale à liberação de cerca de 5 Kcal e portanto quanto maior a quantidade de oxigênio respirado, maior será a disponibilidade de energia liberada aerobicamente.



No diagrama acima podemos observar que nos primeiros minutos, o consumo de oxigênio aumenta até atingir uma condição de equilíbrio, decrescendo após o término do trabalho até atingir cerca de 0,25 l/min nas condições de descanso, quando o débito de oxigênio é pago. A condição de equilíbrio corresponde a uma situação de trabalho na qual o consumo de oxigênio é igual à demanda dos tecidos.

Para trabalhos leves a energia pode ser liberada aerobicamente já que se conta com o oxigênio armazenado na mioglobina e no sangue muscular. Em trabalhos severos o processo anaeróbico é solicitado a fornecer a energia necessária nos primeiros instantes da atividade; com consequente produção de ácido lático, tornando o trabalho mais cansativo e alterando o tecido muscular, a respiração e outras funções.

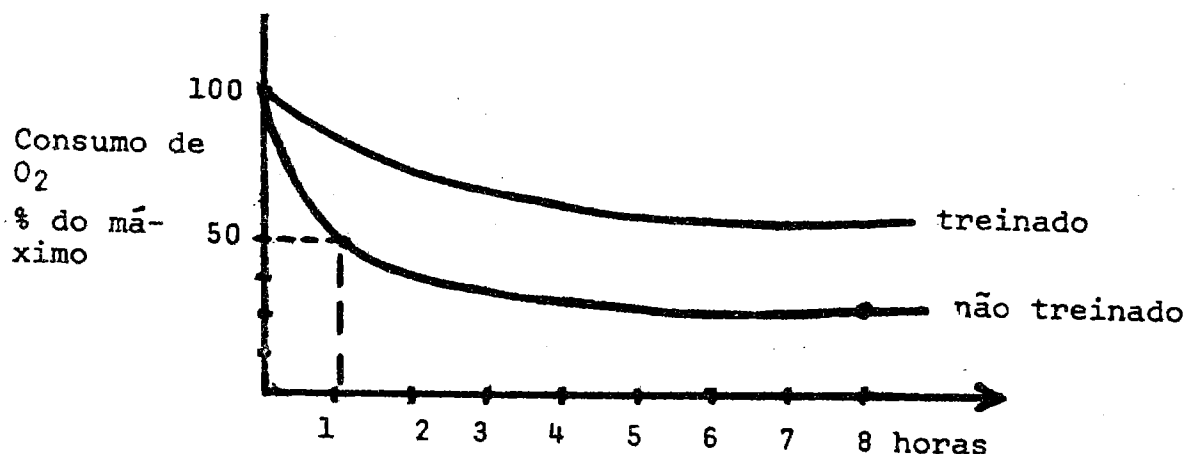
Em muitos tipos de exercícios musculares o consumo de oxigênio aumenta linearmente com o aumento da carga de trabalho e se define o consumo máximo de oxigênio ou máxima potência aeróbica como o mais alto consumo de oxigênio que o indivíduo pode alcançar durante a atividade, respirando ar ao nível do mar. Em atividades extremamente severas o máximo consumo de oxigênio e batidas cardíacas são atingidas em menos de 1 minuto após o início da atividade.

Em atividades usuais, raramente é atingida a condição de equilíbrio, pois não são frequentemente exercidas atividades contínuas e sim intermitentes.

Experimentos feitos com cargas de trabalho altíssimas (cerca de 400 watts) mostraram que em trabalho contínuo com esta carga o indivíduo ficava esgotado em cerca de 3 minutos. Trabalhando intermitentemente, (1 min. trabalho por 2 min. de descanso) o indivíduo era capaz de trabalhar 24 horas antes de ficar esgotado. Uma grande quantidade de trabalho pode ser executada sem efeitos marcantes sobre a circulação e respiração se forem introduzidas pausas curtas adequadamente distribuídas entre períodos curtos de trabalho. Quanto maior a carga de trabalho, mais curtos devem ser os períodos de trabalho. Este fato é importante, pois: 1) explica porque indivíduos idiosos ou não habilitados (com limitação na potência aeróbica máxima) podem executar trabalhos pesados. 2) define método de se conseguir musculatura potente; 3) explica porque a diferença em custo calórico entre andar e correr uma dada distância não é muito grande.

Em trabalho prolongado constante, atinge-se equilíbrio em cerca de 5 minutos, permanecendo constantes o consumo de oxigênio e o batimento cardíaco e vazão cardíaca, desde que o consumo de oxigênio não ultrapasse 50% do máximo. A baixa concentração de ácido lático no sangue indica que foram atingidas as condições de equilíbrio; se o trabalho continuar (após 1 hr) aumentará o consumo de oxigênio e o batimento cardíaco, e o indivíduo começará a sentir-se fatigado.

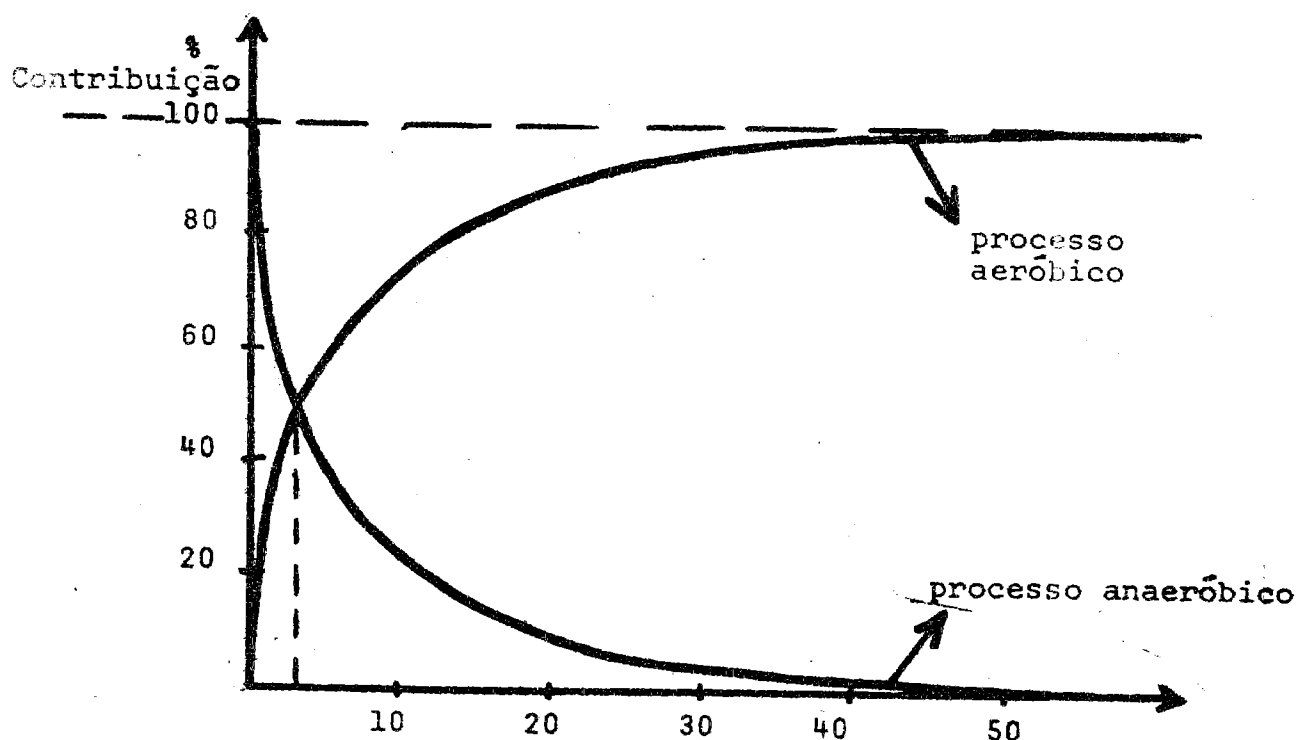
A figura abaixo ilustra a capacidade de execução de trabalhos prolongados por indivíduos treinados e não treinados.



No início do trabalho ou durante trabalho pesado, há uma discrepância entre a demanda energética e a energia disponível através do processo aeróbico. Desta forma há necessidade desta energia ser provida pelo processo anaeróbico através da quebra de glicogênio. Quanto mais pesado é o trabalho, maior é o déficit de oxigênio e portanto maior será a importância do trabalho anaeróbico. A tabela que segue, demonstra a contribuição energética de cada um dos processos, à máximo esforço, envolvendo grandes músculos.

Processo	Tempo de trabalho a máximo esforço							
	10 seg	1 min	2 min	4 min	10min	30min	60min	120min
Anaeróbico	25	40	45	45	35	30	20	15
Kcal %	85	65-70	50	30	10-15	5	2	1
Aeróbico	4	20	45	100	250	700	1300	2400
Kcal %	15	30-35	50	70	85-90	95	98	99
TOTAL	29	60	90	145	285	730	1300	2400

Fixou-se a máxima potência aeróbica em 5 lts/min ou 25 Kcal/min e a máxima capacidade anaeróbica em 45 Kcal. equivalente a 9 litros de consumo de oxigênio em trabalho aeróbico. Pode-se observar que até 2 minutos de trabalho o processo anaeróbico é mais importante. Aos 2 minutos cada um contribui com 50% e daí em diante o processo aeróbico passa a ser predominante.



Mulheres, pessoas idosas ou inativas têm seu consumo máximo de oxigênio diminuído, devido ao decréscimo do batimento cardíaco máximo, diminuindo portanto sua capacidade de trabalho.

3. CUSTO ENERGÉTICO DE VÁRIAS ATIVIDADES

O custo energético das várias atividades pode ser estimado com ' razoável' acuidade, (cerca de 15%), utilizando-se tabelas de valor calórico de alimentos.

A determinação deste custo, no entanto, é feita, para inúmeras ' atividades humanas, através da medição do consumo de oxigênio pe lo indivíduo. Equipamentos portáteis ou não para amostrar e ana lisar o ar inspirado e expirado foram desenvolvidos para possibi litar a determinação do custo energético das várias atividades. No entanto, é importante relembrar que o oxigênio consumido medi do não representa o custo energético total se o processo anaerôbi co estiver contribuindo.

Conhecendo-se o custo energético de cada uma das atividades e o tempo de execução pode-se calcular o dispêndio diário de energia.

$$D D E = (T_a \times CM_a)$$

onde

DDE = dispêndio diário de energia

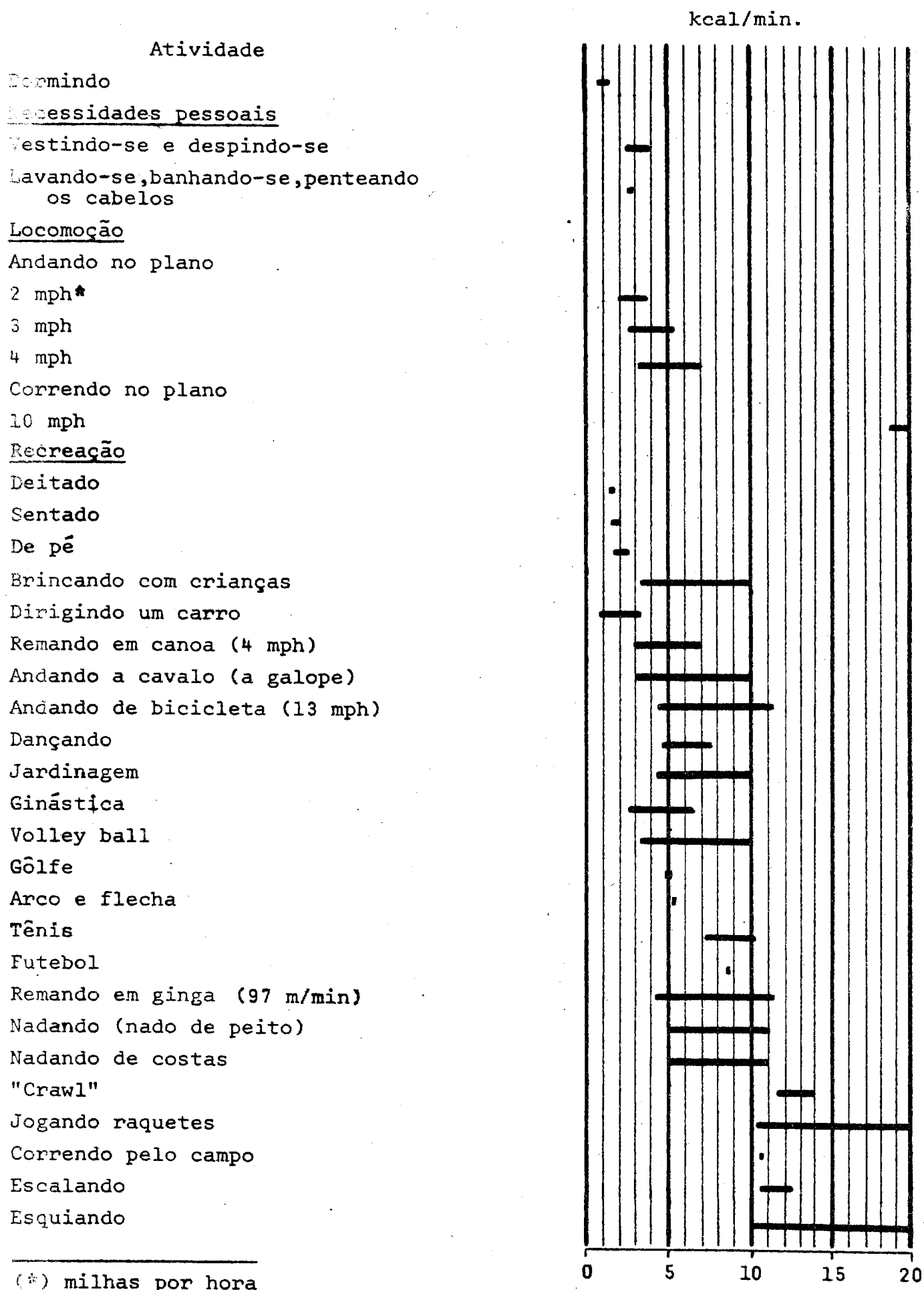
T_a = tempo de execução de cada atividade (minutos)

CM_a = custo metabólico de cada atividade (kcal/min)

De forma geral pode-se dizer que há influência da idade, sexo e condições ambientais no custo energético da atividade desenvolvi da.

A tabela a seguir fornece o custo calórico de várias atividades.

Dispendio de energia em diferentes atividades (kcal/min). As barras denotam o alcance dos dados apresentados na literatura (...). Um pré-requisito para uma alta produção de energia é certamente um poder máximo aeróbico elevado.



Dispêndio de energia em diferentes atividades (kcal/min).
(continuação)

Trabalho doméstico

Costurando, tricotando
Varrendo o chão
Limpendo sapatos
Lustrando
Passando escovão
Limpendo janelas
Lavando roupas
Arrumando camas
Esfregando pano no chão
Passando a ferro
Batendo tapetes e capachos
Passando roupas entre cilindros
aquecidos, para secá-las
Carteiro subindo escadas

Indústria Leve

Trabalho de engenharia leve (dese-
nhista, sondagem, conserto de
relógio, etc.)
Trabalho de engenharia médio (sa-
la de ferramentas, chapa de me-
tal, moldagem de plásticos, ma-
quinista, etc.)
Trabalho de engenharia pesado (a-
juste de máquinas, colocação
de produtos químicos no mistura-
dor, etc.)

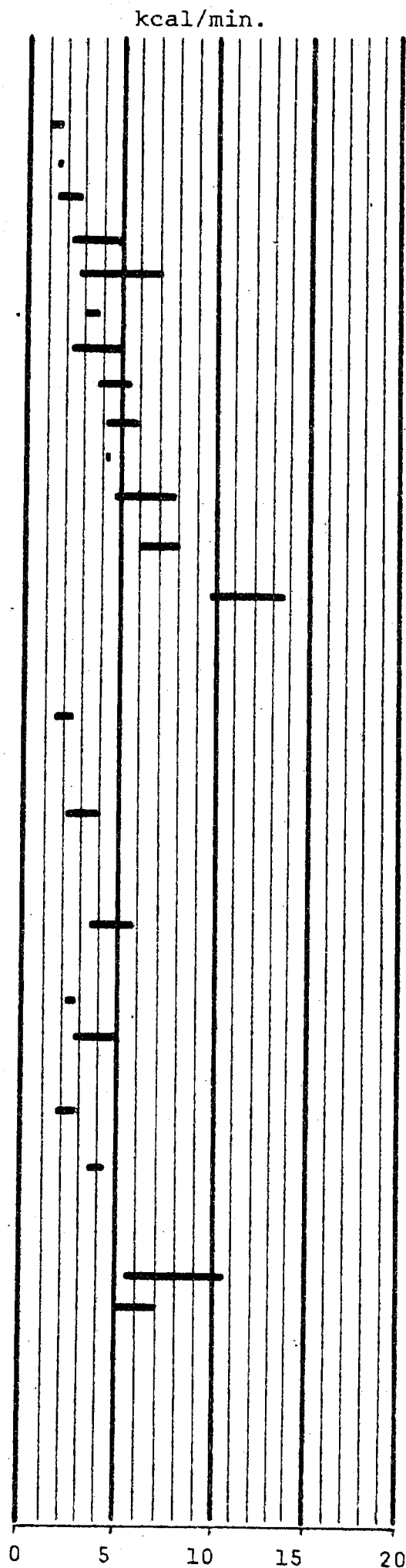
Indústria de impressão

Conserto e fabricação de sapatos
Alfaiataria
Costurando

Trabalho com prensa de passar rou-
pa

Trabalho Manual

Com pá
Empurrando carrinho-de-mão



Dispendio de energia em diferentes atividades (kcal/min).
(continuação)

Mineração de Carvão

Talhando

Carregamento

Amadeirando

Perfurando

Trabalho com Ferro e Aço

Fornalha aberta:

Remoção de escórias

Trabalhando em dolomita com pá

Desenformando peças

Usina pesada

Cuidando da fornalha de aquecimento

Laminação manual

Agricultura

Segadura

Armazenando as provisões

Amarrando

Arando

Debulhando cereais

Capinando

Cortando grama

Roçando

Derrubada de toras

Carregamento de toras

Ordenha manual

Ordenha mecânica

Aragem a cavalo

Aragem a trator

Madeira e lenha

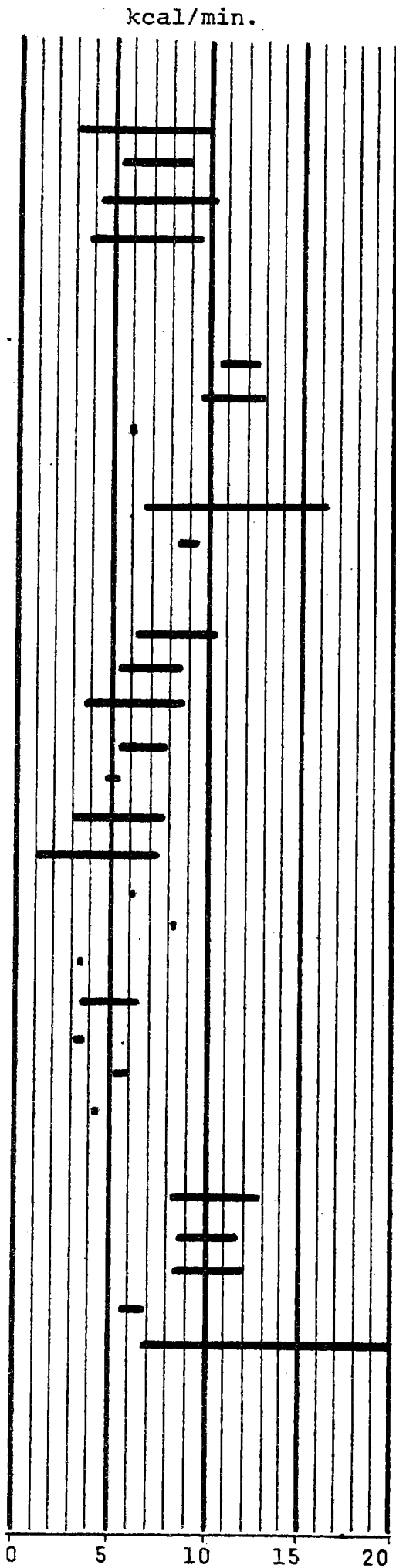
Derrubada de árvores com serra

Poda

Descortigar

Empilhar lenha

Trabalhando com machado



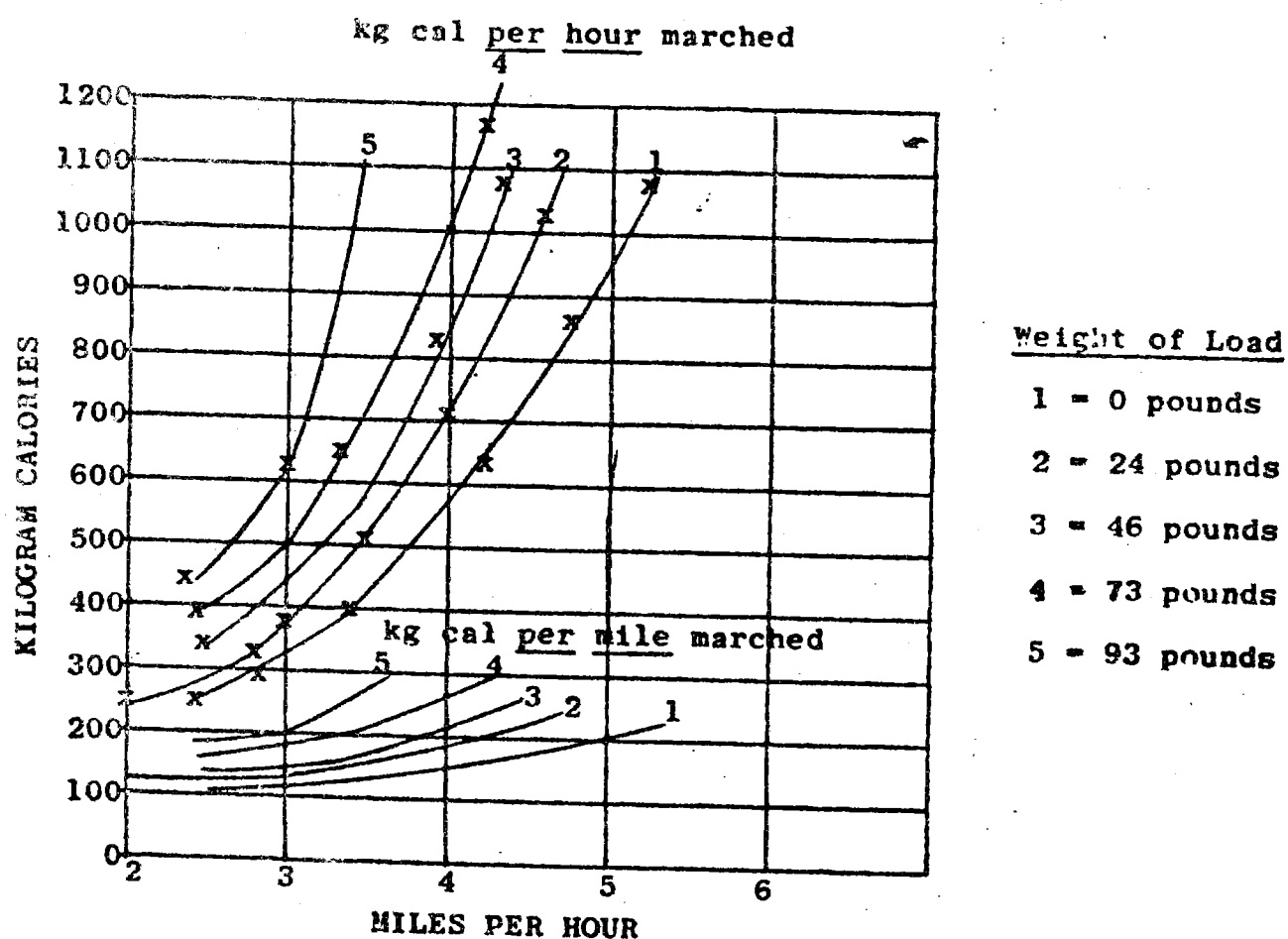
Várias atividades têm sido classificadas em leves, moderadas, pesadas, muito pesadas e extremamente pesadas, de acordo com o dispêndio de energia, batimento cardíaco, temperatura do corpo e taxa de sudorese. No entanto, deve-se considerar no grau de intensidade do trabalho, a capacidade de trabalho do indivíduo e a potência aeróbica. Um gasto de 10 kcal/min. pode ser elevada para um indivíduo cuja potência aeróbica máxima (PAM), é 15 kcal/min. e leve para um indivíduo com PAM = 25 kcal/min. Além disto, o grau de intermitência do trabalho precisa ser considerado como já foi visto.

A tabela abaixo indica o dispêndio diário de energia por indivíduos exercendo várias ocupações:

O C U P A Ç Ã O	Dispêndio de energia, kcal/dia		
	Médio	Mínimo	Máximo
<u>Homens</u>			
Aposentados idosos	2330	1750	2810
Funcionários de escritório	2520	1820	3270
Funcionários de minas de carvão	2800	2330	3290
Técnicos de laboratório	2840	2240	3820
Industriários idosos	2840	2180	3710
Estudantes universitários	2930	2270	4410
Operários de construção	3000	2440	3730
Trabalhadores que lidam com aço	3280	2600	3960
Cadetes da Armada	3490	2990	4100
Camponeses idosos (Suíça)	3530	2210	5000
Fazendeiros	3550	2450	4670
Mineiros de carvão	3660	2970	4560
Trabalhadores florestais	3670	2860	4600
<u>Mulheres</u>			
Donas de casa idosas	1990	1490	2410
Donas de casa de meia-idade	2090	1760	2320
Técnicas de laboratório	2130	1340	2540
Ajudante de lojas de departamentos	2250	1820	2850
Estudantes universitárias	2290	2090	2500
Operárias de fábricas	2320	1970	2980
Empregadas de panificadoras	2510	1980	3390
Camponesas idosas (Suíça)	2890	2200	3860

Nota-se que há uma ampla variação em cada grupo, principalmente devido à diferentes atividades recreacionais de cada. Outro fato que se deve notar são as variações destes valores fornecidos por diferentes autores refletindo diferenças nos testes realizados. Outros valores são apresentados a seguir.

ENERGY EXPENDITURE BY A 155-POUND MAN CARRYING A PACK*



*Plotted from figures determined by Brezina and Kolmer, 1912
as quoted by Benedict and Murchhauser, 1915.

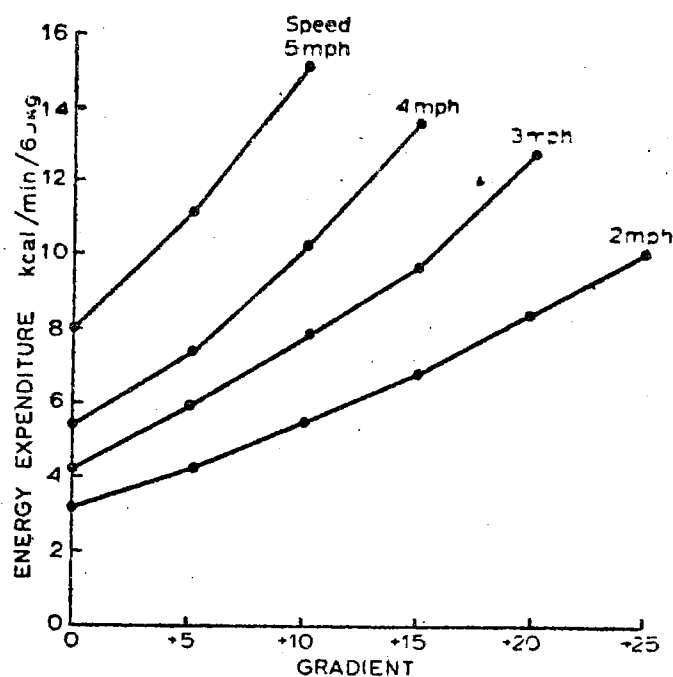


Figure 3.3. Energy expenditure walking at different speeds on various gradients

Table 3.9. Energy expenditure in carrying loads uphill at constant speed (3.22 km/hr, 2 mph)

Gradient	Load (kg)				
	0	10	16	21	27
(kcal/min/65 kg man)					
level	3.1	3.3	3.7	4.0	4.5
+10%	5.6	6.4	6.8	7.4	8.1
+20%	7.9	9.5	10.0	10.5	11.1

Mean values for 7 subjects corrected to 65 kg body weight. The loads were carried on a treadmill. The subjects were natives of Darjeeling in the Himalayas and accustomed to carrying loads uphill. Their ages ranged from 18 to 40 years and body weights from 51 to 69 kg. Full details given by S. K. Das (1963) Ph.D. thesis, Calcutta University.

Table 3.10. Energy expenditure of carrying loads on the level at varying speeds

	Speed		0	Load (kg)		20.
	km/hr	mph		10	15	
				(kcal/min)		
Women	3	1.9	2.4	2.6	2.8	2.9
Women	4	2.5	2.6	3.0	3.1	3.3
Men			3.4	3.5	3.8	4.0
Women	5	3.1	3.1	3.4	3.8	4.0
Men			3.7	4.0	4.3	4.5
Women	6	3.7	4.4	5.0	5.3	6.1
Men			5.1	5.7	6.0	6.6
Men	7	4.4	6.6	7.8	8.2	8.9

Mean values for 10 women and 10 men walking on a treadmill. The subjects lived in Glasgow. Their ages ranged from 20 to 26 years. The women weighed from 48 to 64 kg (mean 55 kg), and the men from 51 to 77 kg (mean 63 kg).

EXERCÍCIOS

1. Você acredita? (tirado de F.W.Taylor, Scientific Management pp.60-61, Harper, 1947).

Um trabalhador de primeira classe pode carregar 47,5 toneladas de ferro fundido do solo sobre o vagão, em um (1) dia de trabalho.

Aqueles mais céticos são dados os seguintes dados com relação a este trabalho:

- 1) Os experimentos realizados mostraram que o trabalhador acima só poderia realizar o trabalho mencionado ficando 42% do dia sob carga e 58% do dia sem carga.
- 2) O trabalhador carregou ferro fundido empilhado sobre o solo, colocando-o sobre um vagão estacionado próximo ao empilhamento na quantidade de 47,5 ton. durante o dia (1 tonelada= 2240 libras). O preço pago ao trabalhador era 3,9 centavos de dólar por tonelada carregada, correspondendo a 1,85 dólares por dia, sendo que o salário alguns meses antes era de 1,15 dólares/dia.

São ainda dados:

- 1) 47,5 ton/dia = 106.400 lb/dia
- 2) A 92 lbs por lingote temos 1.156 lingotes por dia.
- 3) 42% do dia sob-carga é igual a (dia de 600 minutos) $0,42 \times 600 = 252$ minutos.
- 4) 252 minutos divididos pelos 1156 lingotes carregados equivale a 0,22 minutos por lingote.
- 5) O trabalhador caminha no plano à taxa de 1 pé cada 0,006 minutos. A distância mínima entre a pilha e o vagão é de 36 pés.
- 6) Para passar do nível do solo ao nível do piso do vagão há uma prancha inclinada que o trabalhador atravessa correndo na ida carregado e na volta descarregado fazendo com que haja uma economia de tempo real com relação aos valores dados acima.
- 7) Na prática, o trabalhador descansa sentado logo após carregar de 10 a 20 lingotes sendo este descanso adicional ao tempo que eles caminham descarregados do vagão à pilha, e que serve para recuperar os músculos.
- 8) Deverá ser observado nos cálculos que após a tarefa o trabalhador caminhou 8 milhas carregado e 8 milhas descarregado.

- ASTRAND, Per-Olaf & RODAHL, K. - Textbook of work physiology. New York, MacGraw-Hill, 1970. 669p.
- CHAPMAN, A. et al - Applied experimental psychology. London, John Wiley.
- DURNIN, I.V. & PASSMORE, R. - Energy, work and leisure. London, Heinemann Education Book.
- EDHOLM, O.G. - The biology of work. New York, MacGraw-Hill.
- KARPOVICH, P.V. - Physiology of muscular activity. Philadelphia, W.B. Saunders.
- McCormick, E.J. - Human factors engineering. New York, MacGraw-Hill.
- MORGAN, T.C., COOK, J.S., et al - Engineering guide to equipment design. New York, MacGraw-Hill.
- MURRELL, K.F.H. - Ergonomics. London, Chapman and Hall, 1965. 516p.
- OIT - Peso máximo de las cargas que pueden ser transportadas por un trabajador. Ginebra, OIT, 1964.
- WILLIAMS, M. & LISSNER, H. - Biomechanics of human motion. London, W.B. Saunders.

São Paulo, abril de 1973.

/smg.

CETESB

FICHA DE DEVOLUÇÃO
BIBLIOTECA

DEVOLVER EM	DEVOLVER EM

AX-00135

14/10/93

14/10/93

Date Tomba: 14/10/93

