

8. Que são movimentos sacádicos?
9. Que são curvas isossônicas?
10. Explique o senso cinestésico.
11. O que se entende por interação entre os órgãos dos sentidos?

5. Biomecânica ocupacional

A biomecânica ocupacional estuda as interações entre o trabalho e o homem sob o ponto de vista dos movimentos músculo- esqueléticos envolvidos, e as suas conseqüências.

Analisa basicamente a questão das posturas corporais no trabalho e a aplicação de forças.

Muitos produtos e postos de trabalho inadequados provocam tensões musculares, dores e fadiga que, às vezes, podem ser resolvidas com providências simples, como o aumento ou a redução da altura da mesa ou da cadeira.

Em outros casos, como se verá no item 5.6 na análise de tratores agrícolas, essa solução não é tão simples, por envolver um conflito fundamental entre as necessidades humanas e aquelas do trabalho. Muitas vezes são possíveis soluções de compromisso, em que não se consegue uma situação ideal de trabalho, mas as exigências humanas podem ser sensivelmente reduzidas, ao nível do tolerável.

5.1 — TRABALHOS ESTÁTICO E DINÂMICO

No interior dos músculos existem inúmeros vasos sanguíneos muito finos, cujos diâmetros são da ordem de grandeza de um glóbulo vermelho (0,007mm), chamados de capilares. São através dos capilares que o sangue transporta oxigênio até os músculos e retira os subprodutos do metabolismo. A pressão sanguínea, que chega a 120mm de Hg próximo do coração, vai diminuindo, à medida que vai se distanciando do mesmo e chega no interior dos músculos a cerca de 30mm de Hg, sendo maior nas partes inferiores do corpo e menor nas mãos com os braços para cima.

Quando um músculo está contraído, há um aumento de pressão interna, o que provoca um estrangulamento dos capilares. Isso acontece com certa facilidade, porque as paredes dos capilares são muito finas e a pressão sanguínea nos músculos é baixa. Conseqüentemente, o sangue deixa de circular nos músculos contraídos quando estes atingem 60% da contração máxima. Se a contração atingir apenas 15 a 20% da força máxima do músculo, a circulação continua normalmente.

Um músculo sem irrigação sanguínea se fatiga rapidamente, não sendo possível mantê-lo contraído por mais de 1 ou 2 minutos. Se, ao invés de manter o músculo contraído, ele for contraído e relaxado alternadamente, o próprio músculo funciona como uma bomba sanguínea, ativando a circulação nos capilares; isso faz aumentar o volume do sangue circulado em até 20 vezes, em relação à situação de repouso (ver Figura 5.1). Isso significa dizer que o músculo passa a receber mais oxigênio, aumentando a sua resistência contra a fadiga.

O trabalho estático é aquele que exige contração contínua de alguns músculos, para manter uma determinada posição. Isso ocorre, por exemplo, com os músculos dorsais e das pernas para manter a posição de pé, músculos dos ombros e do pescoço para manter a cabeça inclinada para frente, músculos da mão esquerda segurando a peça para se martelar com a outra mão, e assim por diante.

Repouso	Trabalho estático	Trabalho dinâmico
 Demanda Suprimento	 Demanda Suprimento	 Demanda Suprimento
		

Figura 5.1 — O músculo opera em condições desfavoráveis de irrigação sanguínea durante o trabalho estático, com a demanda superando o suprimento, enquanto há equilíbrio entre a demanda e o suprimento durante o repouso e o trabalho dinâmico.

O trabalho dinâmico é aquele que permite contrações e relaxamentos alternados dos músculos, como na tarefa de martelar, serrar, girar um volante ou caminhar.

O trabalho estático é altamente fatigante e, sempre que possível, deve ser evitado. Quando isso não for possível, pode ser aliviado, permitindo mudanças de posturas, melhorando o posicionamento de peças e ferramentas ou providenciando apoios para partes do corpo com o objetivo de reduzir as contrações estáticas dos músculos. Também devem ser concedidas pausas de curta duração, mas com elevada frequência, para permitir relaxamento muscular e alívio da fadiga.

5.2 — POSTURAS DO CORPO

Trabalhando ou repousando, o corpo assume três posturas básicas: as posições deitada, sentada e de pé:

Em cada uma dessas posturas estão envolvidos esforços musculares para manter a posição relativa de partes do corpo, que se distribuem da seguinte forma:

parte do corpo	% do peso total
cabeça	6 a 8%
tronco	40 a 46%
membros superiores	11 a 14%
membros inferiores	33 a 40%

Essas faixas de variação são justificadas pelas diferenças do tipo físico e do sexo.

Posição deitada — Na posição deitada não há concentração de tensão em nenhuma parte do corpo. O sangue flui livremente para todas as partes do corpo, contribuindo para eliminar os resíduos do metabolismo e as toxinas dos músculos,

provocadores da fadiga. O consumo energético assume o valor mínimo, aproximando-se do metabolismo basal.

É, portanto, a postura mais recomendada para repouso e recuperação da fadiga. Em alguns casos, a posição horizontal é assumida para realizar algum trabalho, como o de manutenção de automóveis. Nesse caso, como a cabeça (4 a 5Kg) geralmente fica sem apoio, a posição pode se tornar extremamente fatigante, sobretudo para a musculatura do pescoço.

Posição sentada — A posição sentada exige atividade muscular do dorso e do ventre para manter esta posição. Praticamente todo o peso do corpo é suportado pela pele que cobre o osso ísquio, nas nádegas. O consumo de energia é de 3 a 10% maior em relação à posição horizontal. A postura ligeiramente inclinada para frente é mais natural e menos fatigante que aquela ereta. O assento deve permitir mudanças freqüentes de postura, para retardar o aparecimento da fadiga.

Posição de pé — A posição parada, em pé, é altamente fatigante porque exige muito trabalho estático da musculatura envolvida para manter essa posição. O coração encontra maiores resistências para bombear sangue para os extremos do corpo. As pessoas que executam trabalhos dinâmicos em pé, geralmente apresentam menos fadiga que aquelas que permanecem estáticas ou com pouca movimentação.

A posição sentada, em relação à posição de pé, apresenta ainda a vantagem de liberar os braços e pés para tarefas produtivas, permitindo grande mobilidade desses membros e, além disso, tem um ponto de referência relativamente fixo no assento. Na posição em pé, além da dificuldade de usar os próprios pés para o trabalho, freqüentemente necessita-se também do apoio das mãos e braços para manter a postura e fica mais difícil manter um ponto de referência.

Muitas vezes, projetos inadequados de máquinas, assentos ou bancadas de trabalho obrigam o trabalhador a usar posturas inadequadas. Se estas forem mantidas por um longo tempo, podem provocar fortes dores localizadas naquele conjunto de músculos solicitados na conservação dessas posturas (ver Tab. 5.1).

Tabela 5.1 — Localização das dores no corpo, provocadas por posturas inadequadas.

POSTURA	RISCO DE DORES
Em pé	Pés e pernas (varizes)
Sentado sem encosto	Músculos extensores do dorso
Assento muito alto	Parte inferior das pernas, joelhos e pés
Assento muito baixo	Dorso e pescoço
Braços esticados	Ombros e braços
Pegas inadequadas em ferramentas	Antebraços

Inclinação da cabeça para frente — Muitas vezes é necessário inclinar a cabeça para a frente para se ter uma melhor visão, como nos casos de pequenas montagens, inspeção de peças com pequenos defeitos ou leitura difícil. Essas necessidades geralmente ocorrem quando: (1) o assento é muito alto; (2) a mesa é muito baixa; (3) a cadeira está longe do trabalho que deve ser fixado visualmente ou (4) há uma necessidade específica, como no caso do microscópio. Essa postura provoca fadiga rápida nos músculos do pescoço e do ombro, devido, principalmente, ao momento (no sentido da Física) provocado pela cabeça, que tem um peso relativamente elevado (4 a 5kg).

As dores no pescoço começam a aparecer quando a inclinação da cabeça, em relação à vertical, for maior que 30° (ver Fig. 5.2). Nesse caso, deve-se tomar providências para restabelecer a postura vertical da cabeça, de preferência com até 20° de inclinação, fazendo-se ajustes na altura da cadeira, mesa ou localização da peça. Se isso não for possível, o trabalho deve ser programado de modo que a cabeça seja inclinada durante o menor tempo possível e seja intercalado com pausas para relaxamento, com a cabeça voltando à sua posição vertical.

5.3 — ANÁLISE DA POSTURA

Na prática, durante uma jornada de trabalho, um trabalhador pode assumir centenas de posturas diferentes. Em cada tipo de postura, um diferente conjunto da musculatura é acionado. Muitas vezes, no comando de uma máquina, por exemplo, pode haver mudanças rápidas de uma postura para outra. Uma simples observação visual não é suficiente para se analisar essas posturas detalhadamente. Foram desenvolvidas, então, diversas técnicas para registro e análise da postura.

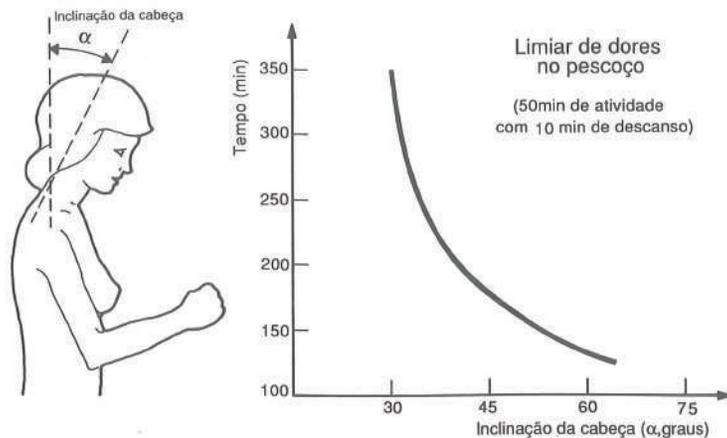


Figura 5.2 — Tempos médios para aparecimento de dores no pescoço, de acordo com a inclinação da cabeça para frente (Chaffin, 1973).

Registro da postura

Uma das maiores dificuldades em analisar e corrigir más posturas no trabalho está na identificação e registro das mesmas. A descrição verbal não é prática, porque torna-se muito prolixa e de difícil análise. Por outro lado, técnicas fotográficas também são falhas, porque fazem apenas registros instantâneos, sem dar informações sobre a duração da postura e das forças empregadas. Isso levou muitos autores a propor métodos práticos de registro e análise de postura.

Sistema OWAS — Um sistema prático de registro, chamado de OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) foi proposto por três pesquisadores finlandeses (Karku, Kansi e Kuorinka, 1977), que trabalhavam em uma indústria siderúrgica. Eles começaram com análises fotográficas das principais posturas encontradas, que são típicas de uma indústria pesada. Encontraram 72 posturas típicas (ver exemplo na Fig. 5.3), que resultaram de diferentes combinações das posições do dorso (4 posições típicas), braços (3 posições típicas) e pernas (7 posições típicas). A seguir, foram feitas mais 36.240 observações em 52 tarefas típicas da indústria, para se testar o método. Diferentes analistas treinados, observando o mesmo trabalho, fizeram registros com 93% de concordância, em média. O mesmo trabalhador, quando observado de manhã e à tarde, conservava 86% das posturas registradas e, diferentes trabalhadores, executando a mesma tarefa, usavam, em média, 69% de posturas semelhantes. Portanto, concluiu-se que o método de registro apresentava uma consistência razoável.

A seguir, foi feita uma avaliação das diversas posturas quanto ao desconforto. Para isso, foi usado um manequim que podia ser colocado nas diversas posturas estudadas. Um grupo de 32 trabalhadores experientes fazia avaliações quanto ao desconforto de cada postura, duas vezes em cada sessão, usando uma escala de quatro pontos, com os seguintes extremos: "postura normal sem desconforto e sem efeito danoso à saúde" e "postura extremamente ruim, provoca desconforto em pouco tempo e pode causar doenças". Com base nessas avaliações, as posturas foram classificadas em uma das seguintes categorias:

Classe 1 - postura normal, que dispensa cuidados, a não ser em casos excepcionais

Classe 2 - postura que deve ser verificada durante a próxima revisão rotineira dos métodos de trabalho

Classe 3 - postura que deve merecer atenção a curto prazo

Classe 4 - postura que deve merecer atenção imediata.

O procedimento descrito foi aplicado durante dois anos na indústria siderúrgica para identificar e solucionar os principais focos de problemas. Os resultados levaram à melhoria do conforto e contribuíram decisivamente para a remodelação de algumas linhas de produção, que apresentavam maior gravidade. Com esse método conseguiu-se identificar e solucionar problemas que estavam pendentes há vários anos e nos quais as tentativas anteriores haviam fracassado.

Registro eletromiográfico (EMG) — As observações subjetivas da postura podem ser substituídas por registros eletrônicos da atividade muscular, obtendo-se gráficos chamados de eletromiogramas ou, abreviadamente, EMG. Esses regis-

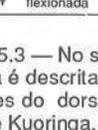
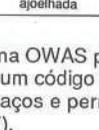
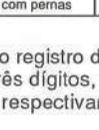
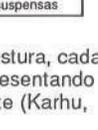
DORSO	1		2		3		4	
		1		2		3		EXEMPLO
		1		2		3		
								CÓDIGO: 215
BRAÇOS								DORSO Inclinado 2
								BRAÇOS Dois para baixo 1
								PERNAS Uma perna ajoelhada 5
PERNAS	1		2		3		4	
	4		5		6		7	

Figura 5.3 — No sistema OWAS para o registro da postura, cada postura é descrita por um código de três dígitos, representando posições do dorso, braços e pernas, respectivamente (Karhu, Kansí e Kuoringa, 1977).

tros podem ser obtidos introduzindo-se eletrodos nos músculos e registrando-se a atividade elétrica dos mesmos. Por exemplo, para a análise de posturas dorsais, os diversos músculos envolvidos na sustentação de cada postura podem ser submetidos à EMG. Naturalmente, aquelas posturas que exigem tensões constantes dos músculos apresentarão maiores atividades. Assim, pode-se pesquisar aquelas posições que exigem menos atividade muscular e que são, portanto, menos fatigantes.

Esse método tem a vantagem de fornecer informações objetivas pelo registro direto da atividade muscular, mas tem a desvantagem de exigir um equipamento eletrônico relativamente dispendioso. Exige também o acompanhamento de um médico, para que os eletrodos sejam colocados corretamente no músculo do qual se quer fazer a eletromiografia.

Localização de áreas dolorosas

Um diagrama proposto por Corlett e Manenica (1980), dividindo o corpo humano em diversos segmentos (ver Fig. 5.4) facilita a localização de áreas em que os trabalhadores sentem dores. Munido desse diagrama, o analista de trabalho



Figura 5.4 — Diagrama para indicar partes do corpo onde se localizam as dores provocadas por problemas de postura (Corlett e Manenica, 1980).

entrevista os trabalhadores ao final de um período de trabalho, pedindo para eles apontarem as regiões onde sentem dores. A seguir, pede-se para que eles avaliem subjetivamente o grau de desconforto que sentem em cada um dos segmentos indicados no diagrama. O índice de desconforto é classificado em 8 níveis, que varia do nível zero para "extremamente confortável" até o nível sete para "extremamente desconfortável", marcadas linearmente da esquerda para direita.

Assim, foram identificadas as máquinas, equipamentos e locais de trabalho que apresentavam maior gravidade (acima do 3.^o nível) e que mereciam atenção imediata. Com isso, o esforço dos analistas foi dirigido para aqueles pontos prioritários, conseguindo-se resultados mais significativos.

Estudo de caso: máquina de soldar por ponto

Corlett e Bishop (1976) apresentam um caso de aplicação da metodologia para localizar áreas dolorosas. Em uma fábrica, foi constatado um índice global de desconforto de grau 6 (o máximo é 7) em uma máquina de solda por ponto, operada com pedal. Observou-se que o operador trabalhava com o dorso curvado para frente, para colocar as peças entre os eletrodos, que ficavam em posição muito baixa, e o pedal para o acionamento dos eletrodos exigia muita força para ser operado. Essa máquina foi modificada, ajustando-se a altura dos eletrodos, tornando-a compatível com as medidas antropométricas dos trabalhadores.

Também se modificou o ângulo do eletrodo superior e se reduziu a resistência dos pedais. Essas modificações permitiram ao operador manter a postura ereta e acionar o pedal com uma força mínima, sem prejudicar a estabilidade do corpo. Os níveis de desconforto e os tempos produtivos e parados da máquina foram registrados durante duas semanas antes das modificações e duas semanas depois das modificações. Antes das modificações, o ciclo de trabalho era de 4,5 min e o tempo de espera era de 1,5 min. Estes tempos passaram, respectivamente, para 5,6 min e 0,7 min, após as modificações. Antes, a máquina era utilizada durante 75% do tempo e essa utilização cresceu para 90% do tempo, portanto, com um aproveitamento adicional de 15% do tempo da máquina. O nível global de desconforto caiu de 6 para 3,7, após três horas de trabalho (Fig. 5.5).

Por segmentos corporais (ver Fig. 5.6) as dores dos braços se reduziram de grau 3,2 para 1,9, as dores dorsais se reduziram de 6,8 para 1,5 e as das pernas direita e esquerda, respectivamente, de 5,0 para 2,1 e 5,9 para 2,6. O resultado mais significativo foi conseguido pela eliminação das dores nas costas e nas duas pernas, causados pela má postura e pelo esforço em manter a estabilidade do corpo durante o acionamento do pedal.

5.4 — APLICAÇÕES DE FORÇAS

As forças humanas são resultados de contrações musculares. Algumas forças dependem de apenas alguns músculos, enquanto outras exigem uma contração coordenada de diversos músculos, principalmente se envolver combinações complexas de movimentos, como tração e rotação simultâneas.

Características dos movimentos

Para fazer um determinado movimento, diversas combinações de contrações musculares podem ser utilizadas, cada uma delas tendo diferentes características de velocidade, precisão e movimento. Portanto, conforme a combinação de músculos que participem de um movimento, este pode ter características e custos

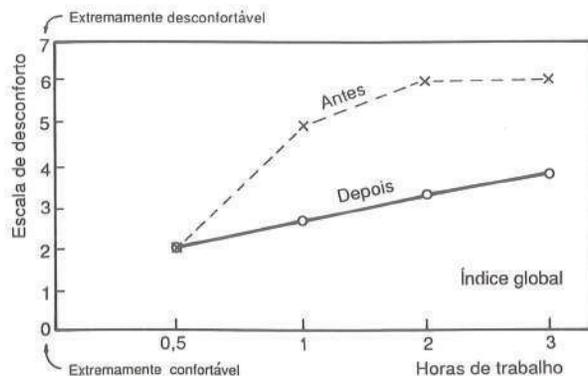


Figura 5.5 — Redução do índice global de desconforto físico, em consequência do redesenho de uma máquina de soldar por ponto (Corlett e Bishop, 1976).

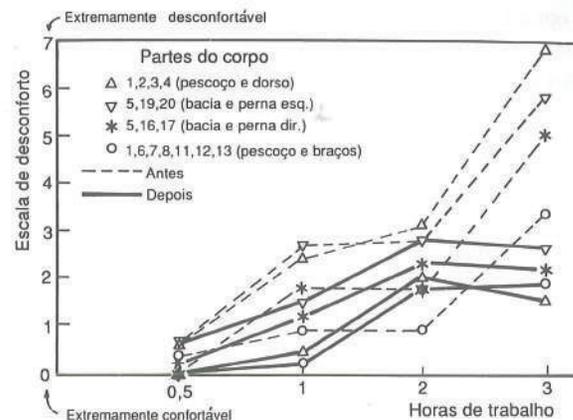


Figura 5.6 — Índices de desconforto em cada segmento corporal (ver a Figura 5.4), antes e depois das modificações introduzidas em uma máquina de soldar por ponto (Corlett e Bishop, 1976).

energéticos diferentes. Um operador experiente se fatiga menos porque aprende a usar aquela combinação mais eficiente em cada caso, economizando as suas energias.

Para grandes esforços deve-se usar preferencialmente a musculatura das pernas, que são as mais resistentes. Além disso, sempre se deve usar a gravidade e a quantidade de movimento (massa x velocidade) a seu favor. Por exemplo, para suspender um peso de uma altura para outra, é preferível usar uma roldana e exercer a força para baixo, pois assim se estará usando o peso do próprio corpo para ajudar a suspender.

Precisão — Os movimentos de maior precisão são realizados com as ponta dos dedos. Se envolvermos sucessivamente os movimentos do punho, cotovelo e ombro, aumentaremos a força, com prejuízo da precisão. Isso pode ser observado em operações manuais altamente repetitivas. Quando os dedos fatigam-se, há uma tendência de substituí-los pelos movimentos do punho, cotovelo e ombros, com progressiva perda da precisão.

Ritmo — Os movimentos devem ser suaves, curvos e rítmicos. Acelerações ou desacelerações bruscas, ou rápidas mudanças de direção são fatigantes, porque exigem maiores contrações musculares.

Movimentos retos — O corpo, sendo constituído de alavancas que se movem em torno de articulações, tem uma tendência natural para executar movimentos curvos. Portanto, os movimentos retos são mais difíceis e imprecisos, pois exigem uma complexa integração de movimentos de diversas juntas.

Terminações — Os movimentos que exigem posicionamentos precisos, com acompanhamento visual, são difíceis e demorados. Sempre que possível, esses movimentos devem ser terminados com um posicionamento mecânico, como no caso da

mão batendo contra um anteparo, ou botões e alavancas que têm posições discretas de paradas.

Transmissão de movimentos e forças

No posto de trabalho, as exigências de forças e torques devem ser adaptadas às capacidades do operador, nas condições operacionais. No caso de uma alavanca, por exemplo, isso significa que a força deve ser medida na posição exata em que essa alavanca estiver situada, na postura corporal exigida e no tipo de deslocamento que será efetuado. Além disso, a resistência dessa alavanca ao movimento, ou seja, a força necessária para movimentá-la, deve estar dentro de uma faixa tal que um operador mais fraco consiga movimentá-la (valor máximo) e também ter um certo atrito ou inércia (valor mínimo), para evitar acionamentos acidentais.

Força para empurrar e puxar — A capacidade para empurrar e puxar depende de diversos fatores como a postura, dimensões antropométricas, sexo, atrito entre o sapato e o chão e outros. Em geral, as forças máximas para empurrar e puxar, para homens, oscilam entre 200 e 300N (newton = kg.m.s⁻²) e as mulheres apresentam 40 a 60% dessa capacidade. Se for usado o peso do corpo e a força dos ombros para empurrar, conseguem-se valores até 500N (para transformar newtons em quilogramas-força divide por 9,81. Exemplo: 200N = 20,4 kgf).

Chaffrin, Andres e Carg (1983) construíram um dinamômetro para medir as forças máximas de empurrar e puxar na horizontal, em três alturas diferentes: 68, 109 e 152cm do solo. Os resultados conseguidos com estudantes de 21 a 23 anos encontram-se na Fig. 5-7. Outros estudos demonstraram que os melhores resultados se conseguem com a peça abaixo de 90cm de altura. Comparado com a força total dos dois braços, observou-se que o uso de apenas um braço (aquele preferencial de cada sujeito) dava 65% a 73% do valor dos dois braços. Isso significa dizer que o uso do segundo braço pode aumentar a força transmitida de 37 a 54% em relação à força de apenas um braço.

Alcance vertical — Quando o braço é mantido na posição elevada, acima dos ombros, os músculos dos ombros e do bíceps se fatigam rapidamente, e podem

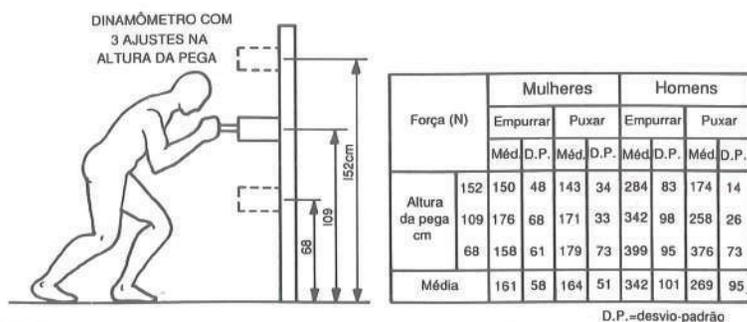


Figura 5.7 — Forças máximas (em newtons) para empurrar e puxar, na posição de pé (Chaffrin, Andres e Carg, 1983).

aparecer dores provocadas por uma tendinite dos bíceps, especialmente nos trabalhadores mais idosos, que tem menos mobilidade nas juntas. A Fig. 5.8 apresenta os tempos máximos em que uma carga pode ser sustentada em três alturas diferentes, na posição sentada (Chaffrin, 1973). Após esses tempos, começam a aparecer as dores nos ombros e braços. Para uma carga de 10N nas mãos, por exemplo, mantida a 30cm acima da superfície da bancada, o tempo máximo suportável é de 4 min. Se essa mesma carga for erguida até 50 cm, o tempo se reduz a 2,5min. Para movimentos repetitivos de curta duração, o mesmo efeito aparece quando a solicitação muscular situar-se acima de 40% daqueles valores e a pausa entre as contrações for inferior a 10 vezes o tempo das contrações.

Alcance horizontal — No alcance horizontal, com um peso nas mãos, devido à distância relativamente grande desse peso em relação ao ombro, há uma solicitação maior dos músculos do ombro para contrabalançar o momento criado pelo peso (ver Fig. 5.9). Com o braço estendido a 50cm para a frente, o tempo máximo que se pode suportar uma carga de apenas 5N é de 5min e, se a carga for de 10N, esse tempo cai para 2,5min. Acima desses limites surgem dores nos braços e ombros. Se for usado um apoio para o cotovelo, para reduzir a solicitação sobre os músculos do ombro, esses tempos podem ser triplicados (Chaffrin, 1973).

Tanto no caso do alcance vertical como no alcance horizontal indicam-se que os braços têm pouca resistência em manter cargas estáticas. Os tempos para isso não devem ser maiores que 1 ou 2min. No projeto dos locais de trabalho devem ser evitadas as situações em que um dos braços fica segurando a peça para a outra executar a operação requerida. Essa carga, na medida do possível, deve ser aliviada, providenciando-se suportes ou fixadores para manter a peça na posição desejada enquanto se executa a operação.

5.5 — LEVANTAMENTO E TRANSPORTE DE CARGAS

O manuseio de cargas pesadas tem sido uma das mais frequentes causas de trauma dos trabalhadores. Isso tem ocorrido principalmente devido à grande

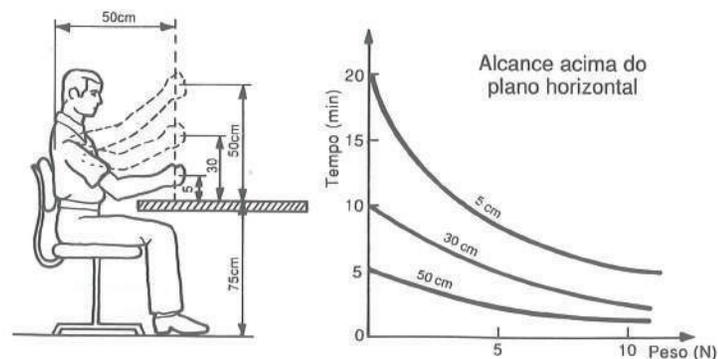


Figura 5.8 — Tempos médios para aparecimento de dores nos ombros, em função do alcance vertical dos braços e dos pesos sustentados (Chaffrin, 1973).

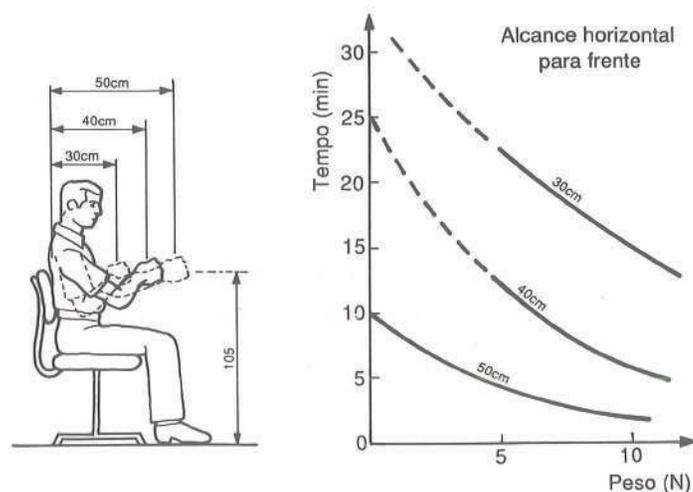


Figura 5.9 — Tempos médios para aparecimento de dores nos ombros, em função da distância horizontal dos braços para a frente e dos pesos sustentados (Chaffin, 1973).

variação individual das capacidades físicas e freqüentes substituições de trabalhadores homens por mulheres. Torna-se, então, necessário conhecer a capacidade humana máxima para levantar e transportar cargas, para que as tarefas e as máquinas sejam corretamente dimensionadas dentro desses limites.

Levantamento de carga

As situações de trabalho quanto ao levantamento de pesos podem ser classificadas em dois tipos. Uma delas se refere ao levantamento esporádico de cargas e, outra, ao trabalho repetitivo com levantamento de cargas. A primeira está relacionada com a capacidade muscular para levantar a carga e a segunda, onde entra o fator de duração do trabalho, está relacionada com a capacidade energética do trabalhador e a fadiga física.

Resistência da coluna — A musculatura das costas é a que mais sofre com o levantamento de pesos. Devido à estrutura da coluna vertebral, composta de discos superpostos, ela tem pouca resistência a forças que não tenham a direção de seu eixo. Portanto, na medida do possível, a carga sobre a coluna vertebral deve ser feita no sentido vertical, evitando-se as cargas com as costas curvadas.

Neste último caso, a carga (C) apresenta um componente na direção do eixo (C_1) e outro na direção perpendicular (C_2) ao qual a coluna tem pouca resistência (ver Fig. 5.10). A situação ideal, então, é que C coincida com C_1 ou se aproxime dela, para minimizar a carga C_2 .

Capacidade de carga máxima — Para determinar a capacidade de carga repetitiva, deve-se determinar, primeiro, a capacidade de carga isométrica das costas, que é a máxima carga que uma pessoa consegue levantar, flexionando as per-

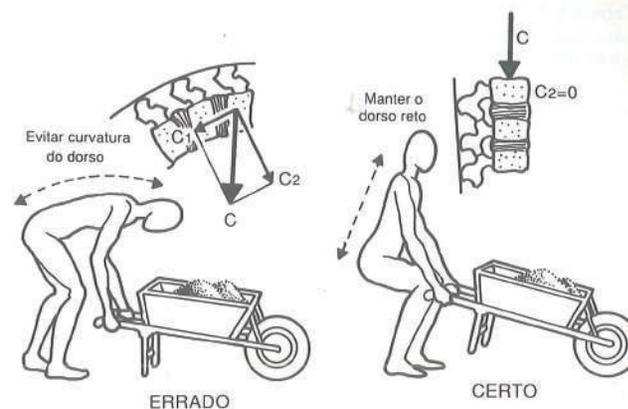


Figura 5.10 — Toda a carga sobre a coluna vertebral deve ser colocada na direção do seu eixo (vertical), para se evitar componentes de forças perpendiculares ao mesmo.

nas e mantendo o dorso reto, na vertical. A carga recomendada para movimentos repetitivos será, então, 50% dessa carga isométrica máxima.

A capacidade de carga máxima varia consideravelmente, conforme se usam as musculaturas das pernas, braços ou dorso. As mulheres possuem aproximadamente metade da força dos homens para o levantamento de pesos (Tab. 5.2).

A capacidade de carga é influenciada ainda pela sua localização em relação ao corpo e outras características como dimensões e facilidade de manuseio. Em relação à localização relativa, para movimentos repetitivos, a força máxima para o levantamento de peso é exercida quando a carga encontra-se a 30cm de distância do corpo e a 30cm de altura do solo (ver Tab. 5.3). Essa capacidade diminui quando a carga se afasta do corpo, chegando praticamente a zero a 90cm de distância do corpo.

Tabela 5.2 — Força máxima das pernas, braços e costas para diferentes percentis das populações feminina e masculina (Chaffin in Garg, 1980).

FORÇAS (kgf) PARA MOVIMENTOS NÃO REPETITIVOS	MULHERES			HOMENS		
	95%	50%	5%	95%	50%	5%
Força das pernas	15	39	78	39	95	150
Força dos braços	7	20	36	20	38	60
Força do dorso	10	24	58	21	50	105

Tabela 5.3 — Capacidade de levantamento repetitivo de pesos para mulheres e homens para três distâncias em relação ao corpo e três alturas diferentes (Martin e Chaffin in Garg, 1980).

DISTÂNCIA (m) A PARTIR DO		CAPACIDADE DE LEVANTAMENTO (kg)			
CORPO (Horizontal)	PISO (Vertical)	MULHERES		HOMENS	
		50%	95%	50%	95%
0,3	0,3	23	7	51	45
	0,9	19	11	44	39
	1,5	11	5	47	29
0,6	0,3	9	0	24	9
	0,9	6	1	28	15
	1,5	5	0	21	11
0,9	0,3	0	0	5	0
	0,9	1	0	10	1
	1,5	0	0	7	0

Recomendações para o levantamento de cargas — Resumindo as considerações acima, podem ser feitas as seguintes recomendações práticas para o levantamento de cargas:

- Mantenha a coluna reta e use a musculatura das pernas, como fazem os halterofilistas.
- Mantenha a carga o mais próximo possível do corpo, para reduzir o momento provocado pela carga.
- Procure manter cargas simétricas, usando as duas mãos para evitar a criação de momentos em torno do corpo.
- A carga deve estar a 40cm acima do piso. Se estiver abaixo, o carregamento deve ser feito em duas etapas. Coloque-a inicialmente sobre uma plataforma e depois pegue-a em definitivo.
- Antes de levantar um peso, remova todos os obstáculos que possam atrapalhar os movimentos.

Transporte manual de cargas

Da mesma forma que no caso de levantamento de cargas, durante o transporte manual de cargas, a coluna vertebral deve ser mantido, o máximo possível, na vertical. Deve-se também evitar pesos muito distantes do corpo ou cargas assimétricas, que tendem a provocar momento, exigindo um esforço adicional da musculatura dorsal para manter o equilíbrio. Esses pontos podem ser resumidos nas seguintes recomendações:

Manter a carga na vertical — Isso significa que o centro de gravidade da carga deve passar, o mais próximo possível, pelo eixo longitudinal (vertical) do corpo. Nesse aspecto, vê-se o acerto dos povos primitivos e gente do interior, que carregam pesos diretamente colocados sobre a cabeça (ver Fig. 5.11).

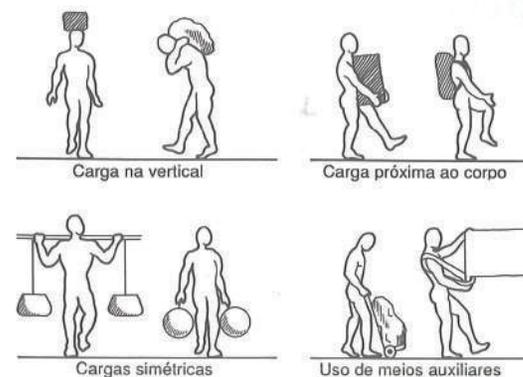


Figura 5.11 — Recomendações para o transporte de cargas, para se evitar o aparecimento de componentes de forças prejudiciais à coluna.

Manter a carga próxima do corpo — Para o transporte de carga com os dois braços, deve-se mantê-la o mais próximo possível perto do corpo, na altura da cintura, conservando-se os braços estendidos. O transporte de carga com os braços flexionados (fazendo ângulo no cotovelo) aumenta a carga estática dos músculos e cria momento em relação ao centro de gravidade do corpo, que se situa à altura do umbigo.

Caixas grandes devem ser transportadas com os braços esticados, bem próximos do corpo, ou com braço e antebraço formando ângulo reto, com o corpo ligeiramente inclinado para trás, de modo que o centro de gravidade da carga se aproxime da linha vertical do corpo, reduzindo-se assim o momento.

Usar cargas simétricas — Sempre que possível, deve ser mantida uma simetria de cargas, com os dois braços carregando aproximadamente o mesmo peso. No caso de cargas grandes, compridas ou desajeitadas, devem ser usados dois carregadores para facilitar essa simetria.

Usar meios auxiliares — Os meios auxiliares devem ser usados para cargas de formas ou texturas que dificultem o manuseio. Isso inclui o uso de luvas, ganchos, cordas, correias e assim por diante. Para o transporte de geladeiras, cofres, móveis e outros objetos que não permitem uma pega adequada, devem ser colocadas cordas ou correias que passam pelo dorso, para serem carregadas. Sempre que possível, esses dispositivos devem permitir que os braços fiquem estendidos, evitando-se a perda de energia com a flexão dos mesmos.

Trabalhar em equipe — O trabalho em equipe deve ser usado quando a carga for excessiva para uma só pessoa. Assim se evitam lesões no trabalhador ou danos à carga. Para casos mais complexos, envolvendo o trabalho de diversas pessoas, deverá haver um deles apenas para orientar e coordenar os esforços dos demais, principalmente quando há obstáculos na trajetória da carga.

5.6 — ESTUDO DE CASO: TRATORES AGRÍCOLAS

O trabalho com tratores agrícolas é bastante árduo, porque o tratorista está sujeito a ruídos, vibrações, poeiras, calor, intempéries e monotonia. O tratorista deve manter uma postura estável apesar de vibrar e sacolejar o tempo todo. Porém, a condição mais adversa de trabalho é provocada pela necessidade de controlar simultaneamente a direção, para a frente, e o trabalho que está sendo executado, na parte traseira. No primitivo arado, puxado a cavalo ou boi, a situação provavelmente era mais cômoda, pois toda a sua atenção concentrava-se para frente, no sentido do movimento (Fig. 5.12).

Os tratores exigem mais controles do que um carro. O posicionamento desses controles deve ser feito de acordo com os dados antropométricos e as características biomecânicas do tronco e dos membros.

Conforme o tipo de tarefa em execução (arar a terra, gradear, aspergir agrotóxicos), o tratorista gasta 40 a 60% do seu tempo olhando para trás, envolvendo um grande número de movimentos rotacionais da cabeça, para a frente e para trás, que chegam a até 15 ou 20 rotações por minuto (que corresponde a 3 ou 4 segundos por rotação). Devido à necessidade de fazer essas constantes rotações com a cabeça, o tratorista, muitas vezes, mantém o tronco torcido, em situação de contínua tensão dos músculos lombares. Isso, naturalmente, provoca fadiga e dores musculares.

A coluna vertebral do tratorista sofre o impacto das vibrações e das torções que ele faz freqüentemente para olhar para trás, verificando o funcionamento dos implementos tracionados pelo trator. Em consequência disso, os tratoristas incluem-se no grupo que apresenta grande incidência de doenças degenerativas da coluna. Essas exigências levaram Pheasant e Harris (1982) a propor uma figura caricatural do tratorista ideal (ver Fig. 5.13), tendo uma coluna de ferro, três pés e olhos adicionais na parte posterior da cabeça para a retrovisão.

Diversos estudos tem sido realizados para melhorar o trabalho do tratorista. Eles recaem geralmente em uma das quatro categorias:

- Aumento de estabilidade do trator, abaixando-se o seu centro de gravidade e introduzindo suspensões que absorvam as vibrações.
- Aumento do conforto pelo melhor arranjo dos controles, posicionando-os dentro da área normal de alcance das mãos e dos pés.

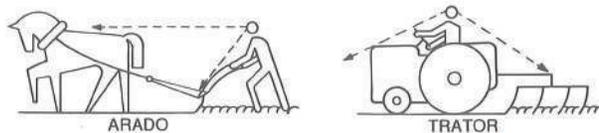


Figura 5.12 — Ao substituir o arado pelo trator e colocar os implementos na parte de trás, criou-se um grande problema ergonômico para o tratorista, até hoje sem uma solução satisfatória.

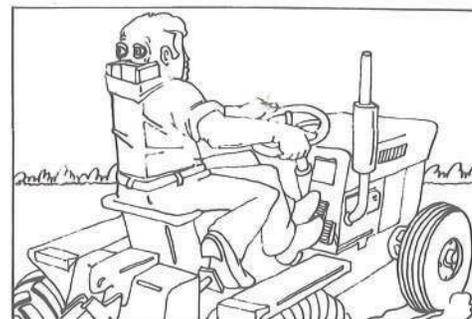


Figura 5.13 — Um tratorista ideal deveria ter três pernas, dois olhos atrás da cabeça e um dorso super-reforçado (Pheasant e Harris, 1982).

- Redesenho dos assentos, de modo a absorver as vibrações e facilitar as rotações do tronco (20 a 30 graus para direita) e da cabeça, na ocasião de olhar para trás.
- Instalação de uma cabina para proteger o tratorista contra esmagamento, no caso de um capotamento e, ao mesmo tempo, resguardá-lo do sol, chuva, poeira e vento.

Uma solução paliativa foi proposta por Sjöflot (1980), que recomenda a colocação de espelhos retrovisores de pelo menos 20 x 30 cm, para que o tratorista não precise olhar tantas vezes para trás. Esse espelho deve situar-se entre 35 a 90 cm à frente do tratorista e deve ter mecanismos de ajuste para que possa ser "focalizado" nos implementos. Experimentos realizados com a instalação desses espelhos mostraram que as torções do corpo se reduziram de 40% para 3,5% em tarefas de aração, e os tratoristas não tiveram maiores dificuldades de adaptarem-se ao uso dos mesmos.

Entretanto, parece que todas essas propostas são paliativas, uma vez que há um problema básico ainda não solucionado, que é o trabalho realizado na parte de trás, contra o sentido de movimento do trator. Isso já não ocorre, por exemplo, nas modernas ceifadeiras e colhedadeiras, que localizam os implementos na parte da frente e possibilitam operações mais cômodas.

Já se construíram tratores em que os implementos se situam na frente e são empurrados, em vez de serem tracionados. Nessa situação, há grande vantagem na postura do tratorista, mas criam-se diversos problemas operacionais, inclusive com a compactação da terra pelas rodas, que passam sobre a terra já arada.

Esse problema, portanto, merece ser melhor pesquisado, para que soluções mais adequadas, aliviando a carga e o sofrimento do tratorista, sejam encontradas.

CONCEITOS INTRODUZIDOS NO CAPÍTULO 5

- trabalho estático
- trabalho dinâmico