

O PLANEJAMENTO DO PROCEDIMENTO DA MONTAGEM

DAYR AMÉRICO DOS REIS

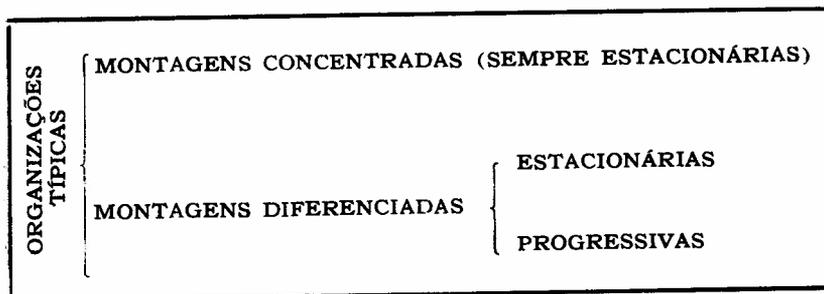
"Devo recusar-me a jantar por não compreender o processo de digestão?" — O. HEAVISIDE

O panorama industrial moderno encerra problemas de grande complexidade que os técnicos de produção são chamados a resolver em tempo exíguo e de maneira adequada. Métodos matemáticos complementam os processos, puramente empíricos, de observação e tentativas, para permitir solucionar com rapidez os problemas de planejamento da produção.

O presente trabalho apresenta um método racional, pouco divulgado entre nós apesar de sua simplicidade, para determinar as dimensões de uma linha de montagem, de modo que na fabricação não haja estrangulamento nem desperdício de mão-de-obra.

TIPOS DE ORGANIZAÇÃO DE MONTAGENS

As organizações de montagem podem ser classificadas conforme o Quadro 1, embora, na prática, ocorram com freqüência combinações dos tipos que a seguir serão mencionados:

QUADRO 1 — *Tipos de Organizações de Montagem*

A. *Montagens Concentradas*

Há casos de produção especial em que se fabrica uma unidade diferente de cada vez e em que o produto final é quase completamente montado por um só grupo de operários altamente especializados. Esse grupo realiza tôdas as operações de montagem e as ajustagens necessárias, começando por reunir, em subconjuntos, as partes mais elementares e êsses em conjuntos maiores, até chegar ao produto final acabado que será entregue à inspeção. Nesse tipo de estrutura orgânica todos os trabalhos são efetuados num único local.

O procedimento de montagem não se ramifica em linhas auxiliares encarregadas da montagem de subconjuntos e conjuntos (*submontagem*) e a linha de *montagem final*, da qual sairá o produto completo. É relevante notar que nas montagens do tipo *concentrado* tôdas as operações são executadas consecutivamente. Não há ações paralelas. A operação seguinte não poderá começar enquanto a anterior não tiver sido concluída. Daí as seguintes deficiências do sistema apontado:

- a) o processo de montagem demanda tempos muito longos;
- b) a área destinada à montagem precisa ser enorme, já que o local de trabalho necessita estocar praticamente tudo que vai ser montado.

Esse tipo de montagem é usado no fabrico de maquinarias pesadas, quais sejam, por exemplo, tornos de grandes dimensões, navios etc.; muito pouco dos conceitos emitidos neste artigo se aplica a êle.

B. *Montagens Diferenciadas*

Na produção em lotes ou em massa, onde começam a aparecer os processos de repetição, tira-se proveito do fato de que a repetição constante de uma operação torna mais eficiente sua execução. Daí treinarem-se grupos de operários em especialização, de acôrdo com os vários estágios da linha de montagem.

As montagens diferenciadas são *estacionárias* ou *progressivas*.

- *Montagens diferenciadas estacionárias* — Neste tipo de procedimento as unidades (conjuntos e subconjuntos) são montadas em locais distintos daqueles onde se realiza a montagem final. Tôdas as unidades recebem tratamento paralelo, isto é, cada unidade é montada ao mesmo tempo que suas semelhantes. A montagem final da máquina (reunião dos conjuntos e subconjuntos) será então realizada pela atuação de uma turma de operários especializados, utilizando-se um só local de trabalho. O intervalo de tempo durante o qual u'a máquina deva ser montada é substancialmente reduzido.

Grande número de mecânicos de montagem, trabalhando paralelamente em diferentes locais, poderá ser introduzido para aumentar a produção da linha. A área necessária também será reduzida, já que apenas unidades montadas (conjuntos e subconjuntos) — e não numerosas peças isoladas — deverão estar estocadas no local da montagem.

A eficiência dos montadores aumentará consideravelmente, dado à sua especialização própria e à dos locais de trabalho. Se as mesmas operações são repetidas com frequência nas diversas estações de trabalho, será eficiente equipar cada local com ferramentas automáticas, gabaritos de montagem e outros equipamentos de alta produtivi-

vidade. Esse tipo de montagem é largamente usado nos processos de produção em lotes.

A indústria de material elétrico e eletrônico, quando suas séries não atingem os limites em que possam ser consideradas produção em massa, serve de exemplo neste caso, como em geral, qualquer indústria que trabalhe com lotes pequenos, médios ou grandes. Realmente, o mais difícil é saber quando passar da forma *estacionária* para a forma *progressiva* de trabalho. O tamanho da série e o grau de complexidade do procedimento de montagem são os fatores que devem orientar a decisão.

• *Montagens diferenciadas progressivas*

Neste caso o que deva ser montado se desloca, durante o processo, de uma estação a outra. Em cada uma delas será levada a efeito uma operação simples e repetida. As partes e unidades necessárias àquela operação são fornecidas nas próprias estações, de acordo com o procedimento de montagem especificado em documento próprio.

O montador executa, em cada estação, somente a operação para a qual foi treinado. Os locais de trabalho são equipados com todas as ferramentas e gabaritos necessários à operação processada.

As montagens progressivas fazem uso, amiúde, de transportadores (*conveyors*) que podem ser de movimento periódico ou de movimento contínuo. A produção de automóveis em grandes séries, por exemplo, utiliza transportadores de movimento contínuo.

O PLANEJAMENTO DO PROCEDIMENTO DE MONTAGEM

Ao planejarmos qualquer procedimento de montagem deveremos ter à mão os seguintes elementos:

- a) desenhos de montagem;
- b) especificações para a aceitação das unidades e das máquinas (*contrôle-de-qualidade*);

- c) listas de material;
- d) programa da produção que queiramos planejar, isto é, o número de unidades a serem produzidas em dado intervalo de tempo (em geral, de um ano).

Os *desenhos de montagem* ajudam a “ver” e a melhor conceber a seqüência da montagem até ao produto completamente montado.

As *especificações do controle-de-qualidade* permitem ao delineador de montagem pensar nos calibres e em outros dispositivos de medida e verificação que intervêm na inspeção de montagem. Nessa fase alguns desenhos e esboços (*croquis*) simples de calibres podem ser sugeridos pelo próprio delineador. Os projetos mais complexos serão pedidos à seção de projetos de ferramentas da indústria (via interna) ou ao departamento de compras para que proceda à aquisição externa.

As *listas de material* são, por via de regra, um desdobramento do produto (ou de parte do produto) nos seus elementos mais simples. A lista de material contém, entre outros informes, os seguintes:

- a) número do produto (ou do componente do produto) que se vai desdobrar na lista de material;
- b) número de cada parte componente;
- c) quantidade necessária de cada componente inferior para montar um componente superior¹.

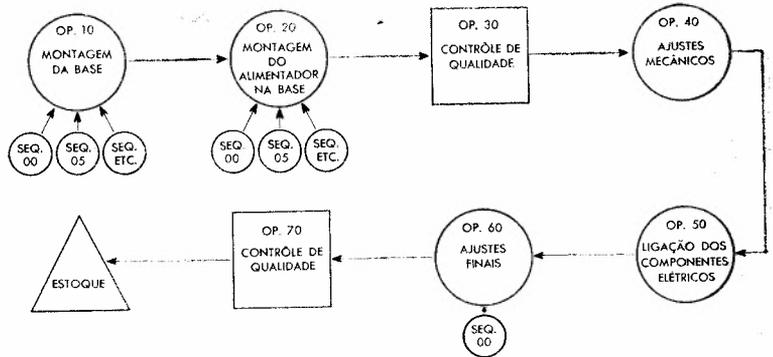
O planejamento de u'a montagem pode desenrolar-se através dos seguintes estágios:

- a) determinação do período de montagem (montagem final e submontagem);
- b) estabelecimento dos lotes econômicos de produção, a cargo do setor de planejamento da empresa;

1) ASTME, *Tool Engineers Handbook*, Nova Iorque: McGraw-Hill Co., Inc., 2.^a edição, 1959, pág. 356.

- c) esboço das cartas de fluxo (fluxogramas) para montagem final e submontagens (Figura 1);
- d) estabelecimento do delineamento de montagem;
- e) preparação dos documentos de seqüência de montagem (Quadro 2).

FIGURA 1: Carta de Fluxo do Procedimento da Montagem



Esses dois últimos estágios compreendem a divisão do processo em operações, a escolha da seqüência apropriada e a seleção dos gabaritos, ferramentas, calibradores, enfim, de todo o equipamento necessário à montagem racional e eficiente do produto final.

Todos esses informes deverão integrar as respectivas colunas do formulário de seqüência de montagem.

A par disso, algumas *incógnitas* importantes deverão ser calculadas ou determinadas, a saber:

- a) o tempo-padrão por operação (e, obviamente, a mão-de-obra necessária por operação, bem como a mão-de-obra total);
- b) o número de operários e suas tarefas;
- c) o tipo de estrutura de montagem (estacionária, progressiva etc.);

QUADRO 2: Modelo de seqüência de Montagem

Seqüência de Montagem							Máquina n.º		
Nome da peça MÁQUINA DE CONTABILIDADE				Fólia n.º	1 de 1				
Oper. n.º	Seq. n.º	Depto. n.º	T	Descrição da operação	Cód. Cart.	Código de material (ferram. n.º ou refer.)	U M DES	Tempos operacionais (minutos)	Ajuste
10	00	120		Montagem da base Montagem do suporte das engrenagens		52 379		110	
	05 etc.			Montagem do suporte do eixo transversal etc.		63 497			
20		120		Montagem do alimentador na base					
	00			Montagem do eixo de alinhamento		100 239		95	
	05 etc.			Montagem dos braços					
30		130		Contrôle-de-qualidade				100	
40		120		Ajustes mecânicos				210	
50		120		Ligação dos componentes elétricos				114	
60		120		Ajustes finais, conforme especificação de engenharia					
70	00	130		Contrôle-de-qualidade		380 320		120	

Alterações

1	1	3
4	5	6
7	8	9

- d) o número de postos de trabalho;
- e) o equipamento de linha, as ferramentas e os gabaritos.

PERÍODO DA LINHA DE MONTAGEM

Período da linha de montagem é o intervalo de tempo ao fim do qual *u'a* máquina completamente montada deixa a linha de montagem. É expresso em minutos por máquina ou em horas por máquina. De tantos em tantos minutos (ou de tantas em tantas horas) um observador vê sair no fim da linha de montagem *u'a* máquina pronta.

Convencionemos:

τ — período de montagem (minutos por máquina);

ϕ — número máximo de horas de funcionamento da oficina por ano, admitindo-se um turno de trabalho (horas por ano).

N — programa anual de produção (máquinas por ano).

O período de montagem τ (expresso em minutos por máquina) será dado por:

$$\tau = \frac{\phi \times 60}{N} \quad (\text{Fórmula A})$$

Nos cálculos relativos ao planejamento da linha de montagem é normal e aconselhável considerar o valor de τ menor que o calculado, para prever certa compensação dos tempos perdidos e outras ocorrências difíceis de determinar *a priori*.

O valor de τ a ser usado pode chegar até 85% do valor calculado, dependendo do grau de incerteza que se atribui ao conhecimento inicial dos dados do problema. Ademais, se o produto fôr novo e estiver para ser montado pelo

primeira vez, o valor inicial de τ deverá ser mais baixo ainda (50 a 60% do calculado), passando a aumentar de acôrdo com a "teoria da curva de aprendizagem"².

DETERMINAÇÃO DO TEMPO-PADRÃO DE MONTAGEM

O tempo-padrão das operações de montagem não pode ser determinado por cálculo, como ocorre com as operações de usinagem. O tempo-padrão nos trabalhos de montagem é estabelecido através de métodos estatísticos e experimentais, ou mediante montagens-pilotos (montagens dedicadas a experiências iniciais).

No primeiro caso os tempos-padrões necessários à execução das várias operações de montagem são estabelecidos pela comparação do processo de montagem adotado com o comumente praticado em outras fábricas do ramo. Os tempos citados nos relatórios dessas fábricas poderá servir de base inicial, desde que as operações às quais se refiram sejam comparativas no seu todo.

Os tempos sôbre os quais não se tenham dados suficientes serão estimados por pessoal competente das linhas de montagem e devidamente conferidos pela engenharia encarregada do planejamento da montagem (*process engineers*).

Os tempos-padrões iniciais serão, em etapa mais avançada, corrigidos e ajustados mediante a cronometragem de u'a montagem-pilôto nas operações mais elementares. As deficiências tecnológicas e de organização costumam aparecer nesse estudo de tempo e devem ser eliminadas.

Essa fase do planejamento é denominada *ajuste final do processo de montagem*.

A equação geral que define o *tempo-padrão*, por unidade, em uma operação de montagem é esta:

2) ASTME, *op. cit.*.

C. W. S. PARSONS, *Estimating Machining Costs*, Nova Iorque: McGraw-Hill Book Co., Inc., 1957 (cita vasta bibliografia sôbre a "teoria da curva de aprendizagem").

$t_m = t_b + t_s + t_p + t_f$ (minutos), onde:

t_b — é o *tempo básico* associado diretamente ao procedimento de montagem das peças; é o tempo em si da operação *de montar*.

t_s — é o *tempo secundário* necessário para que o trabalho básico (montar) se realize.

Exemplos: no caso de uma chave de bôca o tempo de apertar determinada porca é um tempo básico; o tempo de erguer determinado conjunto, o tempo de pegar uma chave de bôca e depositá-la outra vez na bancada etc. são tempos secundários.

No planejamento do processo de montagem os tempos básicos (t_b) e secundários (t_s) não são tomados separadamente, mas em conjunto, sob a denominação de *tempo de ciclo* (t_c):

$$t_c = t_b + t_s$$

t_p — é o *tempo de preparação* do local de montagem antes de começar cada turno de trabalho.

Por exemplo, o tempo gasto para localizar e juntar as ferramentas, os gabaritos e os calibres necessários deverá estar incluído no tempo de preparação (t_p).

Cumpra-se notar que o tempo de preparação é normalmente entendido como sendo igual a 2% do tempo do ciclo (t_c).

t_f — é o *tempo de fadiga*, isto é, o tempo necessário ao descanso e à satisfação de necessidades pessoais do operário durante o turno de trabalho.

Na prática iguala-se o tempo de fadiga a 2% do tempo do ciclo (t_c) para os trabalhos que não exijam esforço pesado. Caso contrário, poderá atingir até mais do que 7% daquele tempo. Na fase preliminar do planejamento preferimos atribuir tolerâncias baixas para os tempos de preparação e fadiga, porque nessa fase os tempos operacionais dificilmente representam o resultado preciso de estudo de tempo. Sucede que muitos desses tempos são determinados com base em informações sobre análises do

serviço em outras fábricas, ou, então, com base no que já vinha sendo feito na própria organização. Ademais, a esta altura já foi atribuído ao período de montagem valor igual a 85% do calculado.

Convém lembrar, por outro lado, que, mais tarde, deverá ser feito, periodicamente, um estudo de tempos mais rigoroso sobre as concessões (tolerâncias), estudo esse que deve ser realizado por meio de *cronometragem*. Na fase subsequente (ajustamento) serão, então, aferidos, com maior precisão, os tempos necessários ao descanso e à satisfação de necessidades pessoais do operário, bem como a duração das seguintes operações:

- a) preparo do local de trabalho;
- b) manutenção das ferramentas e do equipamento;
- c) aviamento da matéria-prima;
- d) instruções por parte do supervisor;
- e) preenchimento de formulários;
- f) inspeção;
- g) leitura de desenhos e/ou instruções³.

A mão-de-obra necessária para uma operação é obtida pela fórmula:

$$h_i = t_m/60 \text{ (homens/hora)} \quad (\text{Fórmula B})$$

onde t_m é o tempo (em minutos) gasto por *um* homem para perfazer a operação (*i*). A mão-de-obra necessária para a montagem da máquina ou da unidade inteira será dada por:

$H = \sum h_i$, isto é, pelo somatório dos valores de mão-de-obra de cada operação, expressos em homens/hora.

3) GORDON B. CARSON (editor), *Production Handbook*, Nova Iorque: Ronald Press Co., 2.^a edição, 1959.

O número de operários necessário para executar as operações de u'a montagem do tipo diferenciado depende da mão-de-obra necessária por operação e do período de montagem. O número de operários necessário a determinada operação (i) será dado por:

$$n_{oi} = \frac{t_m}{\bar{c}} \quad (\text{Fórmula C})$$

Observações:

1.^a) Se n_{oi} fôr um número fracionário, geralmente convirá arredondá-lo para o número inteiro imediatamente seguinte. Entretanto, só a prática da operação, mais tarde, poderá certificar-nos dessa conveniência.

2.^a) Se o número de operários dessa forma calculado mostrar-se excessivo (isto é, acarretar acúmulo de bancadas em local de área reduzida), o processo de divisão em operações deverá ser repetido e tentada nova divisão, aplicando-se vários recursos para evitar o estrangulamento.

O número total de montadores na linha de montagem será dado pela soma geral dos valôres individuais de cada operação, o que pode ser assim representado:

$$N_o = \sum n_{oi}$$

CONCENTRAÇÃO DE MONTADORES E CONCENTRAÇÃO MÉDIA

Vamos supor que em determinada linha de montagem sejam precisos:

na 1.^a operação 2 operários;
na 2.^a operação 1 operário; e
na 3.^a e última operação 3 operários.

A concentração de operários na 1.^a operação será:

$$c_1 = 2.$$

Anàlogamente:

$c_2 = 1$ na 2.^a operação e

$c_3 = 3$ na 3.^a operação.

A concentração média de montadores em tôdas as operações dessa linha será dada por:

$$\bar{c} = \frac{2 + 1 + 3}{3} = 2$$

Se a duração das operações diferir de pôsto para pôsto de trabalho, acumular-se-ão diante dos postos de trabalho de menor capacidade de produção as unidades procedentes de estação anterior que possua maior razão de produção, dando origem ao conhecido fenômeno das filas. A área em que isso ocorrer tornar-se-á, em pouco tempo, um obstáculo ao fluxo contínuo da produção. Os postos de trabalho de menor capacidade de produção são conhecidos pelo nome de *bottlenecks* (gargalos).

Ao mesmo tempo ocorrerá outro fenômeno: as estações ou postos de trabalho de maior capacidade de produção trabalharão com interrupções; seus operários descansarão de intervalo a intervalo, já que nada terão que fazer, a não ser esperar que as máquinas provenientes de estações menos “rápidas” lhes sejam entregues. Em contraposição, as estações menos “rápidas” (com menor capacidade de produção) terão de trabalhar continuamente para dar conta do serviço, mas jamais o farão. Não haverá o necessário sincronismo de trabalho entre as estações componentes da linha; algumas trabalharão sem descanso, outras poderão folgar esporadicamente.

Claro está que a razão de produção da linha ficará restringida pela capacidade de produção do “gargalo”, ou seja, de sua estação de menor capacidade de produção. Se o tempo de execução da operação afeta ao “gargalo” for maior que o período de montagem, a linha obviamente não poderá atingir a produção requerida pelo programa.

A condição pode ser assim expressa:

$t_{m1} = t_{m2} = \dots = t_{mi} = \dots = t_{mr} = \bar{t}$, onde t_{m1} , t_{m2} , \dots , t_{mi} e t_{mr} são os tempos de execução de cada operação, r é o número total de operações e \bar{t} , conforme já dissemos, é o período de montagem calculado de acordo com o programa.

Daí o primeiro cuidado ao começar o delineamento das montagens diferenciadas: procurar logo dividir o trabalho em operações que tenham, aproximadamente, os mesmos tempos de execução, aproximadamente iguais ao período de montagem (\bar{t}).

Tal condição muitas vezes não pode ser cumprida por múltiplas razões: natureza das operações, espaço disponível restrito etc.. Nesse caso devem ser encetadas providências para eliminar o "gargalo" ou os "gargalos" que ainda persistam após a primeira tentativa de divisão em operações equivalentes em tempo. Algumas dessas medidas podem ser aqui citadas:

- Aumentar o número de operários no posto de baixa produção (se bem que isso nem sempre seja possível por contingências de espaço).
- Modificar a operação atribuída à "estação-gargalo", dividindo-a em duas ou mais operações consecutivas, cada qual se duração menor que a operação original. Isso, evidentemente, acarretará um aumento do número de estações ou postos de trabalho e do número de operários na linha de montagem.
- Redistribuir algumas seqüências (partes) da operação destinada à estação-gargalo pelas estações adjacentes. Assim, parte da operação será atribuída a operários das estações adjacentes que tenham tempo disponível para esse mister. Convém averiguar se as estações adjacentes podem absorver o excesso de trabalho da estação-gargalo sem se tornarem elas próprias outras duas estações-gargalos.

• Introduzir estações paralelas que executem o mesmo trabalho. Essa medida deverá ser aplicada quando as três precedentes tenham sido tentadas sem êxito.

Sejam:

p_i — o número de estações ou postos de trabalho paralelos necessários para corrigir o estrangulamento da linha na operação (i);

t_{mi} — o tempo de execução da operação na estação-gargalo (minutos por operação);

\bar{z} — o período da linha de montagem (minutos por máquina).

Então:

$$P_i = \frac{t_{mi}}{\bar{z}} \quad (\text{máquinas por operação}), \text{ isto é, máquinas}$$

que devam ser montadas na operação (i), ao mesmo tempo, para que não ocorra estrangulamento. É óbvio que o tempo de execução da operação na estação-gargalo (t_{mi}) é, nesse caso, maior que o período de montagem (\bar{z}); se não o fôsse, não haveria “gargalo”.

O cálculo do tempo de montagem de u’a máquina completa pode ser exercitado da forma abaixo exposta.

Considerando:

T — o tempo de montagem de u’a máquina completa (horas);

\bar{c} — a concentração média de montadores em tôdas as operações da linha; e

H — o número total de homens por hora para efetuar tôdas as operações da linha (ou, em outras palavras, a mão-de-obra necessária à montagem completa da máquina),

temos que:

$$T = \frac{H}{c} \quad (\text{horas}).$$

Digamos, por exemplo, que determinada empresa, fabricante de máquinas de processamento de dados, deva orga-

nizar sua linha de montagem para produzir anualmente 940 unidades.

Então:

$$N = 940 \text{ (máquinas por ano).}$$

O cálculo do número de horas de funcionamento da oficina por ano, admitindo-se um turno de trabalho por dia, depende da política adotada pela empresa, respeitadas, outrossim, as normas de legislação social.

Numa organização em que a jornada de trabalho seja de oito horas e a semana de cinco dias úteis, o cálculo de ϕ deve ser efetuado assim:

Total de dias por ano	365
Total de sábados e domingos por ano	104
Total de dias dedicados às férias anuais	18
Total de feriados por ano	8
Total de dias de trabalho por ano	235

$$\phi = 235 \times 8 = 1\,880 \text{ (horas de funcionamento da oficina por ano, pressupondo-se um turno por dia).}$$

O período da linha de montagem é determinado pela

$$\begin{aligned} \text{Fórmula A. Assim: } \tau &= \frac{\phi \times 60}{N} = \frac{1\,880 \times 60}{940} = \\ &= 120 \text{ (minutos por máquina).} \end{aligned}$$

Isso quer dizer que de 120 em 120 minutos deverá sair, no fim da linha de montagem, *u*'a máquina completa. Se essa regularidade fôr observada, o programa será cumprido em *um* ano, ao fim das 1 880 horas de trabalho, supondo-se um turno por dia.

Para prever a diferença entre as horas disponíveis num ano de trabalho (1 800) e aquelas efetivamente aplicadas pelo montador, costuma-se atribuir a τ valor menor

que o calculado (85%). Portanto, como hipótese de trabalho,

$$\bar{\tau} = 0,85 \times 120 = 100 \text{ (minutos por máquina).}$$

TEMPOS-PADRÕES DAS OPERAÇÕES DE MONTAGEM

Delineado o procedimento de montagem, procura-se, tanto quanto possível, observar a divisão do processo em operações que possuam, mais ou menos, o mesmo tempo de execução, para chegar ao resultado contido no formulário de seqüência de montagem. (Vide Quadro 2.) Os tempos-padrões de montagem são determinados (pelos meios já descritos) e anotados na coluna própria do formulário. Observe-se a coluna para ajustes futuros dos tempos hoje estimados. O formulário permite, ainda, o registro e o uso das informações mediante emprêgo de cartões perfurados.

Para resolver o problema dado em nosso exemplo os tempos operacionais deverão ser anotados na coluna (1) da tabela do Quadro 3.

O cálculo da mão-de-obra necessária por operação (Quadro 3) é feito de acôrdo com a fórmula:

$$h_i = \frac{t_{mi}}{60} \text{ (homens/hora por operação)} \quad (\text{Fórmula D}).$$

Basta, pois, dividir cada elemento da coluna (1) por 60 para obter, correspondentemente, os elementos da coluna (2).

Somando-se todos os valôres da coluna (2), encontra-se: $H = 14,05$ (homens/hora), que é a mão-de-obra necessária à totalidade das operações.

Por seu turno, o cálculo do número de montadores necessários a cada operação (ainda Quadro 3) é feito de acôrdo com a fórmula:

$$n_{oi} = t_{mi} / z \quad (\text{Fórmula E})$$

que corresponde à divisão de cada elemento da coluna (1) por 100 (período de montagem), cujos resultados, arredondados convenientemente, determinarão os valores da coluna (3).

No caso das operações 30 e 70 o número citado é o de inspetores. É óbvio que, de acordo com a regra já sugerida, poderíamos ter na operação 10, por exemplo, dois em

$$\text{vez de um montador visto que: } n_{o10} = \frac{t_{m10}}{2} = \frac{110}{100} =$$

1,10 (maior que 1). Só a prática irá dizer se isso é aconselhável ou não.

Ao pé da coluna (3) aparece:

$N_o = 8$, que é o número total de montadores (e inspetores) na linha de montagem.

QUADRO 3: Mão-de-Obra Necessária por Operação

OPERAÇÃO N.º	DESCRIÇÃO	(1)	(2) = (1) ÷ 60	(3) = (1) ÷ z	(4)
		t_{mi} (min.)	h_i (Hcmens/ Hora)	n_{oi}	c
10	Montagem de base	110	1,83	1	1
20	Montagem do alimentador na base	95	1,58	1	1
30	Contrôle-de-qualidade Ajustes mecânicos	100	1,67	1	1
40	Ligação dos componentes elétricos	210	3,50	2	2
50	Ajustes finais	114	1,90	1	1
60	Contrôle-de-qualidade	94	1,57	1	1
70		120	2,00	1	1
			H = 14,05	$N_o = 8$	$\frac{8}{c} = \frac{8}{7}$

NOTA: 2 = 100 (min./máquina), conforme o calculado.

A coluna (4) é uma repetição da coluna (3) com o cálculo da concentração média da linha de montagem feita abaixo:

$$c = \frac{\text{n.º total de operários na linha}}{\text{n.º de operários da linha}} = \frac{8}{7} = 1,14$$

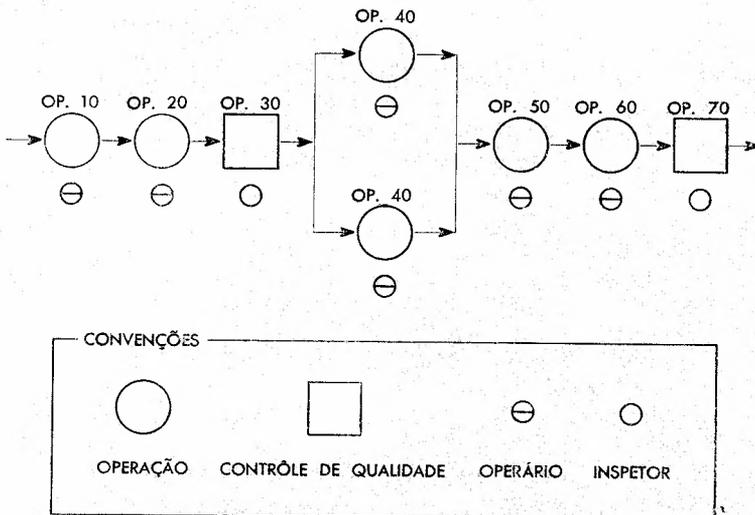
O tempo de montagem da máquina completa será de:

$$T = \frac{H}{c} = \frac{14,05}{1,14} = 12,3 \text{ (horas).}$$

Como $t_m > z$, na operação 40 ($210 > 100$) ocorrerá estrangulamento. Deverão, pois, ser colocados, paralelamente, dois montadores e duas bancadas de trabalho para executar a mesma operação. A linha de montagem assumirá, então, a disposição mostrada na Figura 2.

Note-se que os postos de inspeção podem integrar a linha de montagem ou deixar de fazê-lo. Quando não fizerem parte da linha os cálculos deverão ser dirigidos tão somente para as operações de montagem propriamente ditas.

FIGURA 2: Fluxo de Linha de Montagem



CONCLUSÃO

Nenhuma tentativa foi por nós levada a efeito no sentido de apresentar os cálculos relativos ao procedimento de montagem diferenciado quando nesse procedimento se inclui o uso de transportadores. Cuidar dessa hipótese só seria possível mediante cálculos mais rigorosos, e isso, a nosso ver, demandaria estudo à parte.

Por outro lado, as montagens do tipo concentrado (sempre estacionárias) não foram aludidas, a não ser muito ligeiramente, no início deste trabalho. Não conhecemos, hoje em dia, aplicações desse processo mais amplas que as aqui assinaladas, aliás, sobremodo limitadas.

Nosso objetivo foi mostrar que só é possível planejar uma linha de montagem quando se conhece perfeitamente a natureza do produto e se possuem desenhos completos de fabricação, listas de materiais e de operações, informes sobre o tempo necessário para execução de cada operação de montagem e submontagem, e o programa de produção que determine o número de unidades que devam ser montadas em dado período. De posse desses dados, efetuando os cálculos simples expostos neste artigo, o técnico conseguirá projetar a linha de montagem de modo que permita obter, logo na primeira tentativa, o máximo de rendimento com o mínimo de desperdício em tempo, mão-de-obra e espaço.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

RICHARD MUTHER, "*Production Line Technique*", Nova Iorque: *McGraw-Hill Book Co., Inc.*, 1944.

D. MASLOV, V. DANILEVSKY e V. SASOV, "*Engineering Manufacturing Process in Machine and Assembly Shops*", Moscou: *Foreign Languages Publishing House*, 1962.

GORDON B. CARSON (editor), "*Production Handbook*", Nova Iorque: *Ronald Press Co.*, 2.^a edição, 1959.

C. W. S. PARSON, "*Estimating Machining Costs*", Nova Iorque: *McGraw-Hill Book Co., Inc.*, 1957.

ASTME, "*Tool Engineers Handbook*", Nova Iorque: *McGraw-Hill Book Co., Inc.*, 2.^a edição, 1959.

W. SCHOEPS, "*Lote Econômico de Produção: Conceito e Prática*", *Revista de Administração de Empresas*, vol. 2, n.º 4, maio/agosto de 1962.