



Engenharia de Métodos

Volume Único

Paula Michelle Purcidonio

Secretaria de
Ciência, Tecnologia
e Inovação



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

**UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL**

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

APOIO:



FAPERJ

Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

www.cederj.edu.br

Presidente

Maria Isabel de Castro de Souza

Vice-Presidente de Educação Superior a Distância

Gláucio José Marafon

Vice-Presidente Científico

Robson Coutinho Silva

Coordenação do Curso de Engenharia de Produção

CEFET - Pedro Senna Vieira

UFF - Cecília Toledo Hernández

Material Didático

Elaboração de Conteúdo

Paula Michelle Purcidonio

Diretoria de Material Didático

Ulisses Schnaider

Diretoria de Design

Instrucional

Diana Castellani

Design Instrucional

Felipe M. Castello-Branco

Renata Vettoretti

Biblioteca

Simone da Cruz Correa de Souza

Vera Vani Alves de Pinho

Diretoria de Material Impresso

Bianca Giacomelli

Revisão Linguística e Tipográfica

Equipe Cederj

Ilustração

Renan Alves

Capa

Renan Alves

Programação Visual

Filipe Dutra

Mario Lima

Núbia Roma

Produção Gráfica

Fábio Rapello Alencar

P985e

Purcidonio, Paula Michelle.

Engenharia de Métodos. Volume Único / Paula Michelle

Purcidonio. - Rio de Janeiro : Fundação Cecierj, 2021.

224p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 978-85-458-0244-0

1. Engenharia de Produção. 2. Engenharia de Métodos. 3. Produtividade nas organizações. 4. Solução de problemas. 5. Processo produtivo. 6. Economia dos movimentos. I. Título.

CDD: 600



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição - Não Comercial - Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Reservados todos os direitos mencionados ao longo da obra.

Uso exclusivo em sala de aula. Proibida a venda.

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador

Wilson Witzel

Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação

Leonardo Rodrigues

Instituições Consorciadas

CEFET/RJ - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Diretor-geral: Maurício Aires Vieira

FAETEC - Fundação de Apoio à Escola Técnica

Presidente: Maicon Luiz Lisboa

IFF - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Reitor: Jefferson Manhães de Azevedo

UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Reitor: Raul Ernesto Lopez Palacio

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Reitor: Ricardo Lodi Ribeiro

UFF - Universidade Federal Fluminense

Reitor: Antonio Claudio Lucas da Nóbrega

UFRRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Reitora: Denise Pires de Carvalho

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Reitor: Ricardo Luiz Louro Berbara

UNIRIO - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Reitor: Ricardo Silva Cardoso

Créditos da imagem de capa

Carro - http://pt.wikipedia.org/wiki/Ford_Model_T#mediaviewer/File:TModel_launch_Geelong.jpg.
Autor: Desconhecido

Vista da cidade - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wrau-bethlehem-steel.jpg?uselang=pt>.
Autor: William H. Rau

Homem montando relógio - <https://www.flickr.com/photos/lesroches/34817129015/>.
Autor: Les Roches Global Hospitality Education

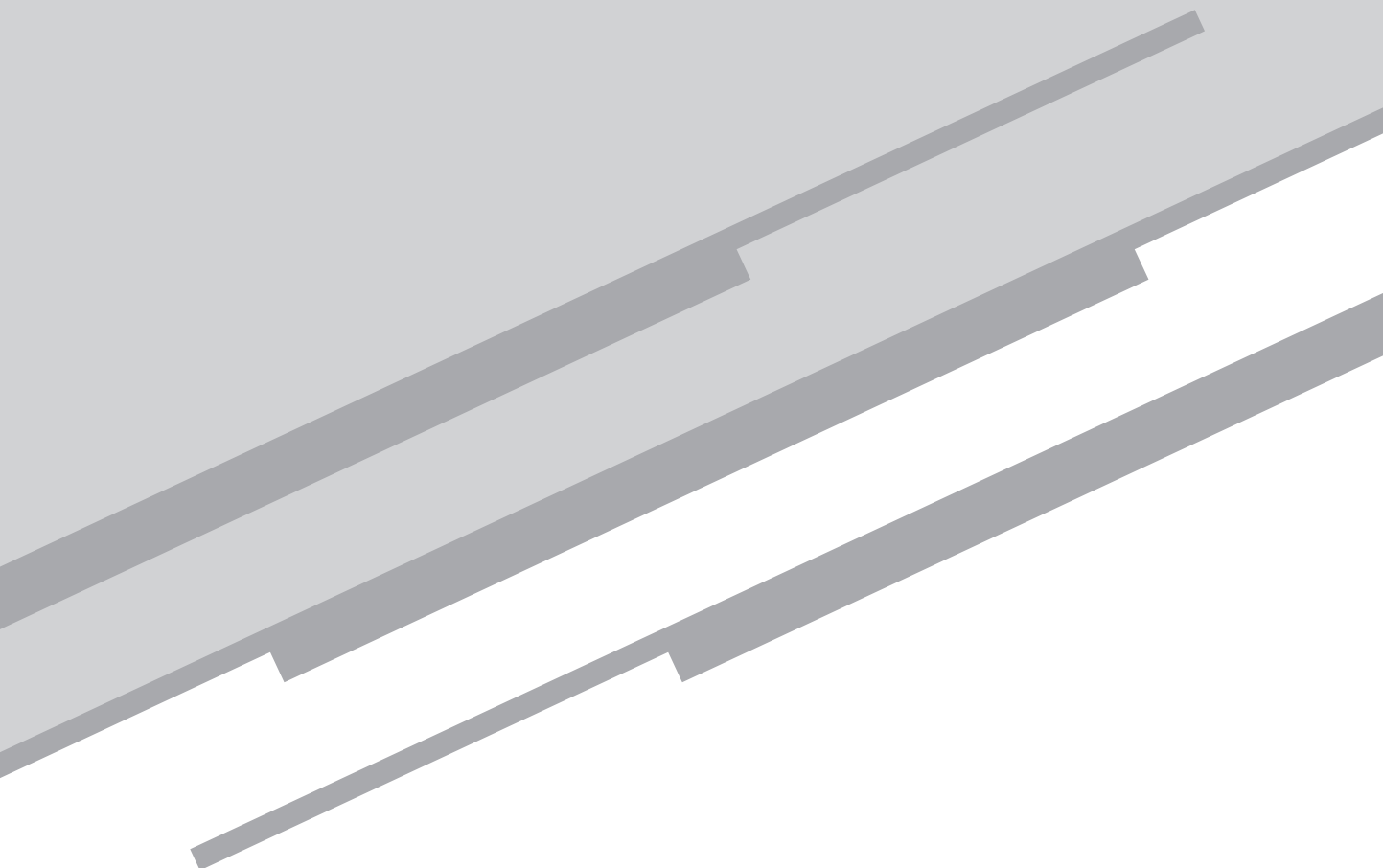
Arranjo físico do local de trabalho para limpeza de fundidos a jato de areia - Adaptado de:
BARNES, R. M. *Estudo de movimentos e de tempos*: Projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard.

Sumário

Aula 1 • Produtividade nas organizações	7
<i>Paula Michelle Purcidonio</i>	
Aula 2 • Definição e histórico da engenharia de métodos	31
<i>Paula Michelle Purcidonio</i>	
Aula 3 • Processo geral de solução de problemas.....	53
<i>Paula Michelle Purcidonio</i>	
Aula 4 • Projeto do método de trabalho e o desenvolvimento do método melhorado	75
<i>Paula Michelle Purcidonio</i>	
Aula 5 • Análise do processo produtivo	99
<i>Paula Michelle Purcidonio</i>	
Aula 6 • Análise de operações e os movimentos fundamentais das mãos.....	125
<i>Paula Michelle Purcidonio</i>	
Aula 7 • Princípios de economia dos movimentos.....	149
<i>Paula Michelle Purcidonio</i>	
Aula 8 • Estudo de tempos.....	181
<i>Paula Michelle Purcidonio</i>	
Aula 9 • Sistemas Pré-determinados de Tempos Sintéticos.....	209
<i>Paula Michelle Purcidonio</i>	

Aula 1

Produtividade nas organizações



Paula Michelle Purcidonio

Meta

Apresentar as definições de produtividade parcial e produtividade total utilizadas para medir o desempenho das organizações em relação aos produtos ou serviços fabricados e os recursos necessários na sua produção.

Objetivos

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta aula, você seja capaz de:

1. Identificar o surgimento do conceito produtividade e a sistematização nas organizações;
2. Distinguir recursos de entrada, processo de transformação e saídas de produtos/serviços no modelo de transformação;
3. Relacionar as definições de produtividade parcial e produtividade total.

Introdução

Os indicadores de produtividade vêm sendo utilizados para mensuração e avaliação do desempenho de pessoas, organizações e países. Em relação às organizações, esta medição permite o monitoramento em relação aos seus concorrentes e também mostra a necessidade de implementação de melhorias nos métodos de produção com o objetivo de aumentar a produtividade.

Embora a produtividade tenha sido incluída no contexto organizacional no final do século XIX, atualmente ela desempenha um papel ainda mais central para a obtenção da vantagem competitiva de uma organização.

Assistimos a uma busca constante de pesquisadores e gestores por técnicas de produção que proporcionem aumento na qualidade e na quantidade e, por outro lado, permitam reduzir os custos e os tempos de produção.

Vivemos em uma sociedade caracterizada pela dinâmica com diferentes condições ambientais, pela robótica e pelas tecnologias da informação e da comunicação. Com a Administração da Produção não seria diferente.

Entretanto, apesar dos modismos administrativos que permeiam muitas organizações, todas as técnicas produtivas modernas ou antigas visam, em sua essência, ao aumento da produtividade organizacional.

A produtividade é tema importante para qualquer nível de uma organização. Podemos mesmo dizer que o objetivo final de todo gerente é aumentar a produtividade da unidade organizacional sob sua responsabilidade, sem, entretanto, descuidar do custo, da velocidade, da confiabilidade, da flexibilidade e da qualidade dos produtos e serviços criados.

O aprimoramento da produtividade fornece mecanismos para o aumento da satisfação do cliente; redução dos desperdícios; redução dos estoques de matéria-prima, de produtos em processos e de produtos acabados; redução nos preços de vendas; redução dos prazos de entrega; melhoria na utilização dos recursos humanos; aumentos dos lucros e da segurança no trabalho. No entanto, aumentar a produtividade requer mudanças na tecnologia, na qualidade ou na forma de organização do trabalho, ou em todas em conjunto.

Agora vamos pensar como é o ambiente em que as organizações estão inseridas, em relação aos clientes, concorrentes e aspectos legais.

Rapidamente, dentre vários fatores, você perceberá um ambiente de negócios com alta concorrência, clientes cada vez mais exigentes e uma legislação ambiental mais restritiva. Neste contexto complexo, qual é a importância da produtividade em um sistema de gestão e organização da produção?

Nesta aula, você verá o surgimento do conceito produtividade e a sistematização nas organizações. Também é essencial a apresentação de um modelo de transformação que envolva a entrada de recursos, o processo de transformação e a saída de produtos/serviços em diferentes organizações. Esta aula permite que você aplique as definições de produtividade parcial e produtividade total.

O conteúdo contemplado nesta aula será de fundamental importância para a sua carreira. Como gerente de uma organização, independente do porte e/ou setor de atuação da mesma, medir a produtividade e compará-la com a de outras empresas será uma atividade regular na sua atuação profissional. A produtividade é um importante indicador para mensurar o desempenho da organização e também seu próprio desempenho.

Histórico do conceito de produtividade

Atualmente, vemos o termo produtividade sendo amplamente utilizado em publicações especializadas, relatórios empresariais e também no dia a dia da imprensa. No entanto, o interesse pela temática produtividade não é recente. Ao longo dos dois últimos séculos, vários autores de diferentes áreas do conhecimento buscaram entender e definir o conceito de produtividade.

Segundo um estudioso em produtividade com doutorado em Engenharia de Produção pelo Royal Institute of Technology, em Estocolmo, na Suécia, Stefan Tangen (2002), o termo produtividade foi mencionado pela primeira vez, de maneira formal, em 1766 pelo economista francês François Quesnay num artigo intitulado “*Intérêt de l'argent*” e, a partir deste momento, a palavra produtividade foi incluída no vocabulário dos negócios. Após mais de um século, em 1883, outro economista francês, Émile Littre, usou o termo com o sentido de “capacidade para produzir”.

No fim do século XIX, com os estudos desenvolvidos por Frederick Taylor, conhecido como o pai da Administração Científica, surge a sistematização do conceito de produtividade, através da busca constante por melhorias nos métodos de trabalho e processos de produção, com o objetivo de se obter aumento da produtividade com o menor custo possível.

Henry Ford foi contemporâneo de Taylor e um dos principais executivos que aplicaram os princípios do taylorismo na indústria automobilística. Ele não só executou como também ampliou os estudos existentes sobre racionalização do trabalho. Segundo Martins e Laugeni (2005), na década de 1910, Henry Ford cria a linha de montagem seriada, revolucionando os métodos e processos produtivos até então existentes. Tal criação permitiu que o conceito de produção em massa - que teve sua origem na América do Norte nas empresas de rifles - fosse aplicado por Ford.

A produção em massa é caracterizada por grandes volumes de produtos extremamente padronizados, isto é, baixíssima variação nos tipos de produtos finais. Este sistema de produção aumentou de maneira significativa a produtividade e a qualidade, e foram obtidos produtos bem mais uniformes, em razão da padronização e da aplicação de técnicas de controle estatístico da qualidade.

A busca pela maior produtividade com o menor custo levou a fábrica de Henry Ford a construir um carro que, com a aplicação da racionalização do trabalho, teve seu custo reduzido consideravelmente: foi o Ford modelo T. Este modelo foi totalmente produzido dentro da fábrica Ford, respeitando-se todos os postulados desenvolvidos por Ford e Taylor na sua fabricação.



Ford modelo T



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ford_Model_T#mediaviewer/File:TModel_launch_Geelong.jpg

O Ford modelo T foi o produto da fábrica de Henry Ford que popularizou o automóvel e revolucionou a indústria automobilística. Na primeira década do século XX, a indústria Ford projeta o seu modelo T com o objetivo de oferecer aos americanos um veículo resistente, seguro, simples de dirigir, de fácil manutenção e, principalmente, com um preço acessível à classe média. Henry Ford, após analisar os processos de produção das fábricas dos revólveres Colt e das máquinas de costura Singer, implementa a linha de montagem e a produção em série na fabricação do Ford T, inovando a produção de automóveis. A consequência de tal inovação é a queda contínua do custo de cada unidade, comparando-se aos concorrentes existentes no mercado. No lançamento, em 1908, o Ford T custava US\$ 850; já em 1927, no último ano de sua fabricação, o preço era de US\$ 290.

Engenharia Industrial

Campo da engenharia que concentra o estudo de tempos e movimentos, a racionalização do trabalho humano e o desenvolvimento de métodos de trabalho com o objetivo principal de aumentar a eficiência da produção.

(CHIAVENATO, 2011).

Os estudos desenvolvidos por Frederick Taylor, Frank Gilbreth, Lillian Gilbreth e outros, na busca da melhoria da produtividade por meio de novas técnicas, definiram o que se denominou **engenharia industrial**. Esses teóricos foram os pioneiros nos estudos de tempos e de movimentos, com o objetivo de descobrir métodos melhores e mais simples de se executar uma tarefa. Na Aula 2, trataremos do histórico da engenharia de métodos, na qual abordaremos o estudo de tempos, introduzido por Taylor, e o estudo de movimentos, desenvolvido pelo casal Gilbreth.

Novos conceitos foram introduzidos, tais como:

- linha de montagem,
- postos de trabalho,
- estoques intermediários,
- medida do trabalho,
- estudo de métodos,
- arranjo físico,
- balanceamento de linha,
- produtos em processo,
- motivação,

- manutenção preventiva,
- fluxogramas de processos.

O conceito de produção em massa e as técnicas produtivas dele decorrentes predominaram nas fábricas até meados de 1960, quando surgiram novas técnicas. No entanto, ao longo desse processo de modernização da produção até os dias de hoje, a procura da melhoria da produtividade ainda é o cerne de todas as técnicas produtivas utilizadas nas organizações.

Um bom exemplo para entendermos essa busca constante por melhoria da produtividade são as companhias aéreas que passaram a oferecer um pacote de serviços focado em baixo custo e serviço básico. Dentre as ações utilizadas, destacam-se: aumentar a frequência dos voos para reduzir o tempo de permanência em solo, substituir as refeições por lanches rápidos e a ênfase na venda de passagens pela internet.

=====**Atividade 1**=====

Atende ao Objetivo 1

Com base no que você viu até agora, responda como ocorreu e em que consiste a sistematização do conceito produtividade nas organizações.

Resposta comentada

A sistematização do conceito de produtividade nas organizações ocorreu com os estudos desenvolvidos por Frederick Taylor, Frank Gilbreth, Lillian Gilbreth e outros, com a busca constante por melhorias nos métodos de trabalho e processos de produção, com o objetivo de se obter aumento da produtividade com o menor custo possível. A busca

de um incremento da produtividade através de métodos de trabalhos mais adequados que reduzem os tempos, a fadiga e os custos, enquanto aumentam a quantidade e a qualidade, tornou-se o objeto de estudo da engenharia industrial, também chamada de engenharia de métodos.

O modelo de transformação

Imagine que você foi contratado como gerente de produção de uma indústria alimentícia. Você é cobrado por resultados e tem como meta principal melhorar a produtividade daquele departamento. Indo ao ambiente fabril, a primeira coisa que você se pergunta é como funciona o modelo de transformação dos recursos de entrada e de saída. Sendo uma indústria alimentícia que produz biscoitos, você percebe facilmente quais insumos entram e quais insumos saem do processo produtivo.

Recordando os dias de aulas do curso de Engenharia da Produção, você busca na sua memória a **função produção** nas organizações.

Para Peinado e Graeml (2007), o processo de produção, sob o ponto de vista operacional, envolve recursos a serem transformados e recursos de transformação que, submetidos ao processo produtivo, dão origem ao produto final, ou seja, aos bens e serviços criados pela organização.

A função produção está focada na transformação de alguns insumos em um resultado desejado. A **Figura 1.1** mostra um modelo de transformação usado para descrever a natureza da produção.

Função produção

Segmento de uma organização responsável pelo gerenciamento dos recursos necessários à produção e entrega de produtos e serviços. Considera-se essencial para a organização porque possibilita alcançar seus objetivos através da criação de bens e serviços. Esta função, juntamente com *marketing* e desenvolvimento de produto/serviço, integra as funções centrais de uma organização

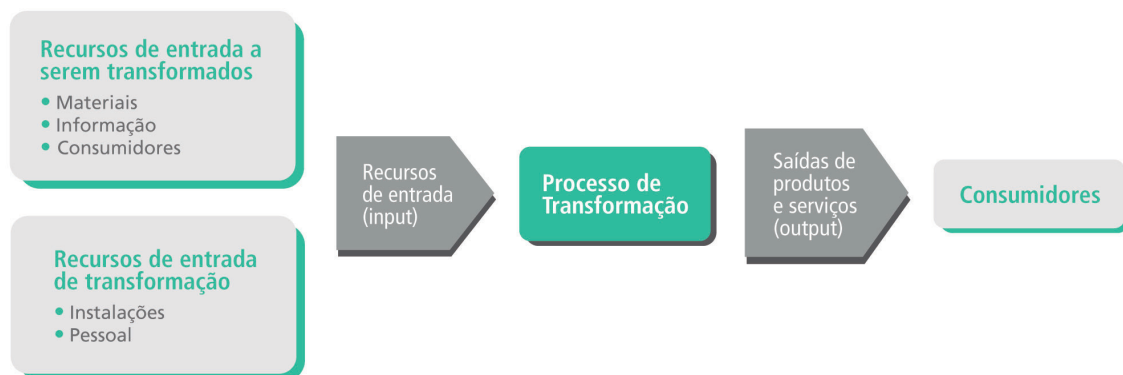


Figura 1.1: Modelo de transformação: Este modelo considera os recursos necessários na entrada, que sofrerão o processamento, gerando uma saída, que poderá ser um bem ou um serviço.

Fonte: Adaptação de Slack, Chambers e Johnston (2009).

Entradas para o processo de transformação

As entradas para a produção, segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), podem ser classificadas em:

- a) Recursos transformados: são os que serão transformados, convertidos ou tratados por meio de um processo produtivo. Estes recursos são materiais, informações e consumidores. Podemos considerar um consumidor como um recurso transformado, por exemplo, quando ele realiza um corte de cabelo num salão de beleza;
- b) Recursos de transformação: são os que agem sobre os recursos transformados. Existem dois tipos de recursos de transformação que formam a estrutura de todas as operações: instalações (prédios, equipamentos, terreno e tecnologia do processo de produção) e funcionários (os que operam, mantêm, planejam e administram a produção).

Processo de transformação

Para Slack, Chambers e Johnston (2009), o propósito do processo de transformação das operações está diretamente relacionado com a natureza de seus recursos de entrada transformados. A seguir, vamos abordar os três tipos de processos de transformação referentes aos recursos transformados que você precisa conhecer.

As operações de processamento de materiais utilizados em organizações, tais como indústrias, mineradoras, transportadoras, armazenagens ou mesmo nas operações de varejo, se caracterizam pelo fato de poderem transformar sua natureza física, alterar sua posição geográfica, sua acomodação e o sentido de posse das mesmas, de forma intencional e planejada, objetivando alcançar um produto/serviço final previamente projetado.

As operações utilizadas em escritórios de contabilidade e advocacia, empresas de pesquisa de *marketing* e telecomunicações, e ainda em bibliotecas, cada uma no seu segmento, processam as informações para atender um dos seguintes fins específicos: alterar suas propriedades informativas, sua posse, sua localização ou permitir sua estocagem.

No processamento de consumidores, as operações, por exemplo, de uma clínica estética, um hotel, uma empresa de transporte aéreo de passageiros, um hospital e um teatro caracterizam-se pela transformação de suas propriedades físicas, acomodação, alteração de sua localização ou, ainda, seu estado fisiológico e psicológico.

Saídas do processo de transformação

As saídas do processo produtivo, conforme mostradas na Figura 1.1, que apresenta o modelo de transformação produtiva, são o produto final desejado e, eventualmente, outros **subprodutos**, desejados ou não. O produto final desejado é aquele que satisfaz os requisitos do mercado. Ele deve ser produzido conforme o planejado e deve atender aos objetivos de desempenho da produção - qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), embora os produtos e serviços sejam diferentes, a distinção entre eles pode ser sutil. Talvez a diferença mais óbvia seja em relação aos seguintes aspectos:

- a) **Tangibilidade:** os produtos, geralmente, são tangíveis. Por exemplo, podemos tocar fisicamente um telefone celular ou um automóvel. Normalmente, os serviços são intangíveis. Você não pode tocar uma transferência bancária ou um curso de inglês, embora normalmente permita ver ou sentir os resultados desses serviços;
- b) **Estocabilidade:** Em geral, são as características dos produtos que podem ser estocados por um período de tempo após sua produção. Ao contrário, um serviço normalmente não pode ser estocado. Por exemplo, um médico, que presta vários serviços, não pode estocar qualquer um deles, como, por exemplo, a realização de uma cirurgia.

Antes de continuarmos a aula, para complementar seu entendimento, veremos, no Quadro 1.1, alguns exemplos de processo de transformação com suas entradas e saídas em diferentes organizações produtivas.

Subproduto

Resultado de um processo produtivo que pode gerar um subproduto desejável ou não. O desejável é aquele que possui uma demanda no mercado e pode ser comercializado, gerando alguma receita para a organização. Já o indesejado é aquele que não é comercializável e requer a destinação adequada pela organização, envolvendo custos para a mesma (Peinado; Graeml, 2007).

Operação	Entradas	Transformação	Saídas
Linha de Ônibus Interestadual	Ônibus, motoristas, equipes nas rodoviárias, passageiros e cargas.	Movimentação de passageiros e cargas (transformação de localização).	Passageiros e cargas transportados.
Livraria	Livros à venda, vendedores, caixas registradoras, consumidores.	Exposição de livros, atendimento de vendedores, venda de livros (transformação de mudança de propriedade).	Livros atendendo as necessidades dos consumidores.
Fábrica de Móveis de Madeira	Marceneiros, equipamentos para a oficina, madeira, clientes.	Fabricação de móveis, montagem de móveis, pintura de móveis (transformação das propriedades físicas).	Móveis atendendo as necessidades dos clientes.
Parque de Diversões	Funcionários, brinquedos, equipamentos, consumidores.	Manutenção/vistoria de brinquedos, venda de ingressos (transformação dos consumidores).	Consumidores entretidos.

Quadro 1.1: Exemplos de processos de transformação nas organizações

Fonte: Adaptação de Slack, Chambers e Johnston (2009).

Atividade 2

Atende ao Objetivo 2

Para as organizações relacionadas a seguir, caracterize os recursos (entradas), a transformação e os produtos/serviços finais (saídas).

Empresa	Entradas	Transformação	Saídas
Fabricante de comida congelada			
Polícia (segurança pública)			
Porto de cargas			
Consultório Odontológico			

Resposta comentada

Toda organização deve ter um produto/serviço final para entregar aos seus clientes e faz isso através de um processo de transformação. Por transformação nos referimos ao uso de recursos (insumos de entrada) para mudar o estado ou condição de algo para produzir saídas (*outputs*).

Empresa	Entradas	Transformação	Saídas
Fabricante de comida congelada	<ul style="list-style-type: none"> - Comida fresca - Operadores - Tecnologia de processamento de alimentos - Ambientes congelados para estoque de alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Compra de insumos - Preparação da comida - Congelamento da comida - Empacotamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Comida Congelada
Polícia (segurança pública)	<ul style="list-style-type: none"> - Oficiais de polícia - Sistemas de computador - Sistemas de informação - Público (defensores da justiça e criminosos) 	<ul style="list-style-type: none"> - Prevenção de crimes - Solução de crimes - Coleta de informações - Prisão de criminosos 	<ul style="list-style-type: none"> - Sociedade justa - Público com sentimento de segurança
Porto de cargas	<ul style="list-style-type: none"> - Navios e cargas - Funcionários - Equipamentos de Movimentação 	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentação de cargas do navio para o porto e vice-versa (transformação da localização dos materiais) 	<ul style="list-style-type: none"> - Navios carregados ou descarregados
Consultório Odontológico	<ul style="list-style-type: none"> - Dentistas - Equipamento - Enfermeiras - Pacientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Exame e tratamento dentário - Orientação preventiva (transformação fisiológica do paciente) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pacientes com dentes e gengivas saudáveis

Avaliação da produtividade

Apesar de a produtividade não ser uma temática recente no ambiente dos negócios, a atenção vem crescendo entre os gestores como um importante instrumento para a sobrevivência a médio e longo prazos das organizações.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), unidade de Cerrados, desenvolveu uma pesquisa sobre o cultivo de café sem uso de irrigação, e o resultado foi um aumento aproximado de 60% de produtividade do alimento.



Pesquisa sobre o cultivo de café

A pesquisa foi realizada pela Embrapa Cerrados em parceria com universidades, produtores e empresas privadas. Uma equipe multidisciplinar, formada por especialistas em engenharia agrícola, fisiologia da planta, nutrição, agronomia, controle de pragas e doenças trabalhou em conjunto, analisando todos os aspectos do cultivo do café. Depois de 12 anos de projeto, o método desenvolvido pela equipe consiste em deixar o grão de café sem água durante um período de 72 dias - e o período ideal do ano é entre 24 de junho e 4 de setembro. Nesta condição, a floração ocorre de maneira uniforme, e os grãos aparecem ao mesmo tempo. Com o método convencional de irrigação, 25 a 30% da floração acontecem simultaneamente. No método melhorado, este número passa para 85 a 95%. O método desenvolvido resulta em queda no custo da produção. As principais quedas apontadas são aproximadamente 35% de água e da energia necessária para irrigação. Além disso, o custo de operação da colheita cai 40 a 45%. A pesquisa contemplou a participação dos cafeicultores dos estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais, e estes já estão sendo beneficiados com os resultados do método desenvolvido.

Fonte: <http://www.brasil.gov.br/governo/2011/08/tecnologia-da-embrapa-aumenta-a-produtividade-do-cafe>

Segundo Martins e Laugeni (2005), vários são os fatores que determinam a produtividade de uma empresa, merecendo destaque:

- Relação capital/trabalho: é a relação entre os investimentos em máquinas, equipamentos e instalações e a mão de obra empregada num processo produtivo. Ao longo dos anos, as instalações industriais vão diminuindo sua produtividade, quer pela perda da eficiência pelo tempo de uso, quer pelo surgimento de novas tecnologias. A manutenção deste cenário certamente impactará na produtividade da organização, perdendo sua competitividade em relação aos concorrentes. Neste sentido, torna-se

fundamental a renovação dos equipamentos e das máquinas com o objetivo de manter ou até mesmo melhorar sua produtividade. Por exemplo, a britadeira é um equipamento utilizado em empresas mineradoras para extração de minérios. Tal equipamento é composto por compressor e mangueira para realização da operação. Com o passar do tempo, o desgaste do compressor e das mangueiras impactam na eficiência da britadeira. No compressor, as folgas das peças acabam por exigir maior consumo de energia e tempo; nas mangueiras, o aparecimento de furos faz a mesma perder pressão, gerando diminuição do rendimento do equipamento, que tenderá a passar mais tempo em manutenção, reduzindo o tempo que a britadeira estaria disponível para extrair minérios;

- A escassez de alguns recursos: podem gerar problemas de produtividade. Por exemplo, a escassez de energia elétrica, que leva a aumento de custos. Tais aumentos geram grande impacto nos processos industriais que utilizam a eletrólise. Além dos elevados custos, a crise energética pela qual passou o Brasil nos anos 2001 e 2002 afetou diretamente a produção das fábricas que não geravam sua própria energia;
- A alteração de processos produtivos tem ocorrido com bastante frequência nas organizações, motivada por diversos fatores, tais como lançamento de novos produtos, implantação de tecnologias limpas, adequação à legislação. No entanto, muitas dessas alterações requerem mudanças na mão de obra da organização, para a qual um quadro de pessoal com maior grau de especialização se torna necessário. Com a descoberta da camada do pré-sal, foi necessário o desenvolvimento de novas tecnologias para a extração eficiente de petróleo em águas ultraprofundas. Todavia, tanto o desenvolvimento das tecnologias quanto a operação requerem um quadro de pessoal especializado que, geralmente, tem custos de salários mais caros;
- No início do século XXI, a inovação de produtos/serviços e de processos, juntamente com a adoção de novas tecnologias, tornou-se importante aliada no aumento da produtividade. Neste contexto, as organizações, preocupadas com sua sobrevivência, estão investindo em pesquisa e desenvolvimento (P&D) com o objetivo de aumentar a produtividade a médio e longo prazos. Uma famosa empresa brasileira de cosméticos vendidos por meio de consultoras de vendas é reconhecida internacionalmente como empresa inovadora. A inovação engloba todos os elementos do negócio dessa companhia. Dentre as várias inovações do modelo comercial, destaca-se

uma rede on-line, que é um canal para as consultoras criarem páginas na internet ou usarem redes sociais na venda do portfólio de produtos da empresa, com o objetivo de aumentar sua produtividade;

- O desenvolvimento de uma legislação ambiental complexa e restritiva tem afetado as operações de algumas organizações. A necessidade de adequação dos processos produtivos com novas tecnologias impacta a produtividade;
- A implementação de programas de qualidade de vida no trabalho gera vários benefícios para a organização, como a queda de custos com a saúde dos trabalhadores, redução dos níveis de estresse, diminuição dos registros de doenças ocupacionais - e também promovem aumento nos índices de produtividade.

Definições de produtividade

O conceito de produtividade tem ampla abrangência. Assim, de acordo com o profissional que a esteja definindo, se um economista, contador, administrador, gestor público, engenheiro de produção, etc., podemos ter diferentes definições para a palavra produtividade.

Em 1950, a Comunidade Econômica Europeia apresentou uma definição formal de produtividade como sendo “o quociente obtido pela divisão do produzido por um dos fatores de produção”. Dessa forma, pode-se falar da produtividade do capital, das matérias-primas, da mão de obra e outros.

Segundo Martins e Laugeni (2005), a definição mais tradicional de produtividade é a que a considera como relação entre a saída (*output*) – ou, em outros termos, uma medida quantitativa do que foi produzido, como quantidade ou valor das receitas provenientes da venda dos produtos e/ou serviços finais – e a entrada (*input*) – ou seja, uma medida quantitativa dos insumos, como quantidade ou valor das matérias-primas, mão de obra, energia elétrica, capital, instalações prediais e outras. Tal relação nos permite quantificar a produtividade, que sempre foi o grande indicador do sucesso ou fracasso das empresas.

Assim, a produtividade depende essencialmente da saída, ou seja, o numerador da fração, e da entrada, isto é, o denominador.

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Saída (output) da operação}}{\text{Entrada (input) na operação}}$$

Entretanto, neste momento, devemos fazer uma análise cuidadosa para você entender duas definições básicas de produtividade.

Produtividade Parcial

A produtividade parcial é a relação entre o que é produzido, medido de alguma forma, e o que é consumido de um dos insumos (recursos) utilizados. Assim, a produtividade da mão de obra é uma medida de produtividade parcial.

$$\text{Produtividade Parcial} = \frac{\text{Saída (output) da operação}}{\text{Uma entrada (input) na operação}}$$

Exemplo:

Determinar a produtividade parcial da mão de obra de uma empresa especializada na produção de produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos que faturou 40 milhões em um certo ano fiscal no qual os 130 colaboradores trabalham em média 170 horas/mês.

Solução:

Mão de obra (*input*) = 130 trabalhadores × 170 horas/mês × 12 mês/ano

Input = 265.200 homens hora/ano

Output = \$ 40.000.000,00/ano

$$\text{Produtividade} = \frac{40.000.000}{265.200} = \$ 150,83/\text{homem.hora}$$

Geralmente, medidas parciais de entradas e saídas são usadas de modo que comparações possam ser feitas. Assim, por exemplo, na indústria automobilística, a produtividade é, algumas vezes, medida em termos do número de carros produzidos ao ano por funcionário. Isso é chamado de produtividade parcial.

Produtividade Total

A produtividade total é a relação entre a saída (*output*) total e a soma de todos os fatores de entrada (*input*). Assim, reflete o impacto conjunto de todos os fatores de entrada (*input*) na produção da saída (*output*).

$$\text{Produtividade Total} = \frac{\text{Saída (output) da operação}}{\text{Todas as entradas (input) na operação}}$$

Exemplo:

Determinar a produtividade total da empresa Companhia do Cacau, fabricante de bombons finos, no período de um mês, quando produziu 7.000 caixas de bombons que foram vendidas a \$ 20,00/caixa. Foram gastos \$112.000,00.

Solução:

$Output = 7.000 \text{ caixas} \times \$ 20,00/\text{unidade} = \$ 140.000,00$

$Input = 112.000,00$

$$\text{Produtividade} = \frac{140.000}{112.000} = 1,25 \text{ ou } 125\%$$

Diferença entre produção e produtividade

Na utilização dos conceitos, é importante não confundir produção com produtividade. Por exemplo, em certos casos, associa-se uma grande produção a uma grande produtividade, sendo que isso não é necessariamente verdadeiro. A produção refere-se à quantidade produzida de bens e/ou serviços, enquanto a produtividade aborda a eficiente transformação das entradas de recursos em saídas de produtos e/ou serviços.

Analisando de forma quantitativa, produção é a quantidade de saída produzida, enquanto produtividade é a razão entre a saída produzida pela entrada utilizada.

Para esclarecer a diferença entre produção e produtividade, veremos como exemplo um trabalho que resulta em 30 peças por hora. Se produzirmos 36 peças em 72 minutos, teremos um aumento de 20% na produção, mas a produtividade continua a mesma, a relação permanece 60. Após algumas mudanças, conseguem-se 36 peças por hora; neste caso, além de aumentar a produção em 20%, a produtividade também terá um incremento de 20%.

Aprimorando a produtividade

Para um efetivo aprimoramento da produtividade, segundo Fullmann (2009), é preciso melhorar o método de trabalho e os recursos ou meios de produção, otimizar as condições de trabalho e de ambiente, tanto materiais como psicológicas. Como consequência, essas melhorias provocam uma redução no tempo de operação ou de mão de obra, além de eliminar desperdícios.

Para Slack, Chambers e Johnston (2009), a produtividade de uma operação pode ser aprimorada reduzindo o custo de seus recursos de entrada, mantendo-se o nível de suas saídas. Por exemplo, um banco pode escolher situar suas centrais telefônicas e atendimento em um lugar em que os custos relacionados à instalação (aluguel, por exemplo) são mais baratos. A produtividade pode, também, ser aprimorada por meio de um melhor uso de *inputs* na operação. Por exemplo, os fabricantes de roupas tentam cortar as várias partes do molde necessárias para a fabricação da roupa posicionando cada parte em uma faixa de tecido, de modo a minimizar desperdício.

Outra forma de aumentar a produtividade de uma organização é através do desempenho dos objetivos operacionais da produção. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), os cinco objetivos de desempenho de uma operação são

- custo,
- qualidade,
- velocidade,
- confiabilidade,
- flexibilidade.

Na Figura 1.2, podemos observar que cada um dos objetivos possui efeitos internos, mas todos eles afetam o custo. Assim, os efeitos internos dos objetivos operacionais promovem uma alta produtividade total.

EFEITOS EXTERNOS DOS CINCO OBJETIVOS DE DESEMPENHO

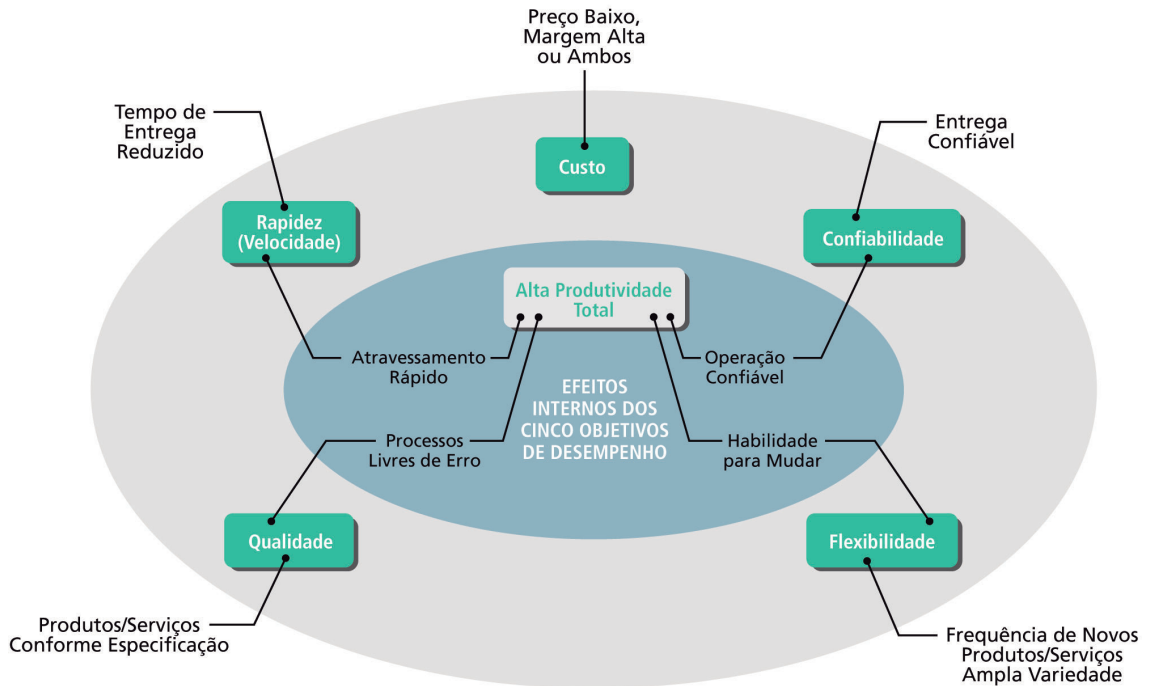


Figura 1.2: Modelo de transformação

Fonte: Adaptação de Slack, Chambers e Johnston (2009).

Administração da produtividade

O estudo sistemático da produtividade já foi incluído no currículo de vários cursos, como Administração, Economia e Engenharia. Nas organizações, normalmente, encontramos programas de melhoria da produtividade implantados no modelo gerencial. Avaliar a produtividade e compará-la com a de outras empresas, concorrentes ou não, tornou-se ação comum entre os gerentes preocupados com o futuro da organização.

Uma empresa envolvida em um programa de melhoria da produtividade, para Martins e Laugeni (2005), estará em um dos quatro estágios: medida, avaliação, planejamento e melhoria. Estes estágios, apresentados na Figura 1.3, caracterizam o ciclo da produtividade.

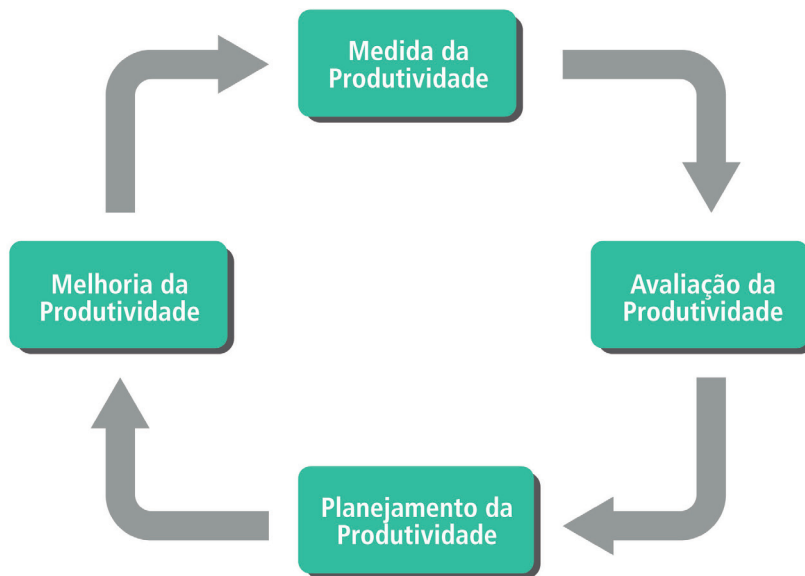


Figura 1.3: Ciclo da Produtividade
Fonte: Adaptação de Martins, Laugeni (2005).

Benchmarking

Processo contínuo e sistemático para avaliar produtos e processos de trabalho de organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas, com a finalidade de melhoria organizacional.

No primeiro estágio do ciclo, ocorre a medição da produtividade através da definição de métodos adequados, utilizando-se dados já existentes ou coletando-se novos. Uma vez medida, a produtividade pode ser comparada com índices equivalentes de outras empresas. Essa metodologia, conhecida como **benchmarking**, está se tornando usual nas organizações.

A partir dos níveis identificados, das comparações realizadas, podemos planejar níveis a serem atingidos, tanto a curto quanto a longo prazo.

O próximo passo é a elaboração do planejamento com a fixação de objetivos e a introdução das melhorias propostas, fazendo as verificações necessárias, bem como as novas medidas, e assim sucessivamente.

A administração da produtividade representa um procedimento formalizado no modelo de gestão da organização e deve envolver todos os níveis de gerência e colaboradores, com o objetivo de reduzir os custos de um produto ou serviço por meio da integração de todas as fases do ciclo da produtividade.



O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é responsável por disponibilizar periodicamente os indicadores referentes à produtividade nacional. Os mais usuais são o produto nacional bruto (PNB), o produto interno bruto (PIB) e o PIB dividido pela população (PIB *per capita*). Em seu *site* (www.ibge.org.br) são disponibilizados diversos indicadores de produtividade nacional.

The screenshot shows the IBGE website interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'Participe', 'Acesso à Informação', 'Legislação', and 'Canais'. Below this is the IBGE logo and a search bar. The main content area features several news articles and a statistics widget. One article is titled 'PNAD Contínua: 10% da população concentravam quase metade da massa de rendimentos do país em 2017'. Another article is 'Produção industrial cresce em seis dos quinze locais pesquisados'. A statistics widget shows 'Estimativa da População 208.866.441' and a table of price indices.

Índice	Variação	Período
Preços IPCA - mensal	0,09%	mar 2018
Preços INPC	0,07%	mar 2018
Preços IPCA15	0,10%	mar 2018
Preços - Produtor IPP	0,41%	fev 2018

Conclusão

A produtividade é considerada um fator-chave para a competitividade das organizações, considerando a necessidade de responder às pressões do mercado no sentido de reduzir os custos, garantindo sua sobrevivência. A procura constante por melhorias nos métodos de trabalho e processos de produção com o objetivo de se obter aumento da produtividade é o tema central em todas as organizações, mudando-se apenas as técnicas utilizadas.

Os indicadores de produtividade são essenciais na mensuração dos resultados de produção, permitindo avaliar os diversos fatores envolvidos no sistema produtivo de uma organização.

Desta forma, definir métodos para medição e gestão da produtividade torna-se uma ação recorrente entre os gerentes preocupados com a longevidade das organizações no mercado.

=====**Atividade Final**=====

Atende ao Objetivo 3

Uma Indústria de confecção masculina possui 25 empregados e produz 1.000 camisas por semana. Assuma que os seguintes dados sejam típicos de uma semana de operação e que os valores estejam expressos em valores constantes:

Entradas (inputs)	
- Mão de Obra	\$6.250,00
- Materiais	\$10.000,00
- Energia	\$750,00
- Outras Despesas	\$500,00

- a) Determine a produtividade parcial (mão de obra);
- b) Determine a produtividade total.

Resposta comentada

a) A produtividade parcial é a relação entre o produzido e o consumido de um dos insumos (recursos) utilizados. Em relação à produtividade parcial de mão de obra da Indústria de Confecção Masculina temos como saída uma produção de 1.000 camisas, ocupando 25 empregados, que representa uma entrada parcial de recursos na operação.

$$\text{Produtividade Parcial (mão de obra)} = \frac{1.000}{25} = 40 \text{ camisas/empregado/semana}$$

b) A produtividade total é a relação entre a saída (*output*) total e a soma de todos os fatores de entrada (*input*). Assim, na produtividade total da produção de camisas, consideram-se como fatores de entrada o custo de mão de obra \$6.250, materiais \$10.000, energia \$750 e outras despesas \$500 e, como saída, a produção de 1.000 camisas.

$$\text{Produtividade Total} = \frac{1.000}{(6.250+10.000+750+500)} = 0,057 \text{ camisas/\$}$$

Resumo

O termo produtividade foi utilizado pela primeira vez, de maneira formal, em 1766 num artigo do economista francês Quesnay. Em 1883, outro economista francês, Littré, usou o termo com o sentido de “capacidade para produzir”. No início do século XX, com os estudos de Frederick Taylor, ocorre a sistematização do conceito de produtividade nas organizações. Ao longo desse processo de modernização da produção até os dias de hoje, a produtividade ainda é o foco de todas as técnicas produtivas utilizadas nas organizações.

Um modelo de transformação envolve recursos a serem transformados e recursos de transformação que, submetidos ao processo produtivo, dão origem ao produto final, ou seja, aos bens e serviços produzidos pela organização.

Produtividade é a relação entre o valor do produto e/ou serviço produzido e o custo dos insumos para produzi-lo. Assim, a produtividade depende essencialmente das saídas (*outputs*), ou seja, o numerador da fração, e das entradas (*inputs*), isto é, o denominador.

A produtividade parcial é a relação entre o produzido, medido de alguma forma, e o consumido de um dos insumos (recursos) utilizados. Assim, a produtividade da mão de obra é uma medida de produtividade parcial. A produtividade total é a relação entre as saídas (*outputs*) totais e a soma de todos os fatores de entradas (*inputs*).

É importante não confundir produção com produtividade. A produção refere-se à atividade produzida de bens e/ou serviços, enquanto produtividade aborda a eficiente transformação das entradas de recursos em saídas de produtos e/ou serviços.

A produtividade de uma organização pode ser aprimorada, reduzindo-se os custos dos recursos de entrada, mantendo-se o nível de suas saídas. Outra maneira de aprimorar a produtividade é através dos efeitos internos dos demais objetivos de desempenho da produção - qualidade,

velocidade, confiabilidade e flexibilidade, que afetam o custo, gerando uma alta produtividade total.

A administração da produtividade representa um procedimento formal no modelo de gestão e deve envolver todos os níveis de gerência e colaboradores, com o objetivo de reduzir os custos de um produto ou serviço por meio da integração de todas as fases do ciclo da produtividade. A medição, avaliação, planejamento e melhoria correspondem aos quatro estágios do ciclo da produtividade.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, vamos estudar a definição e o histórico da Engenharia de Métodos.

Até lá!

Referências

CHIAVENATO, I. *Introdução à Teoria Geral da Administração*. 8. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

FULLMANN, C. *O trabalho: mais resultado com menos esforço, custo: passos para a produtividade*. São Paulo: Educator, 2009.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da Produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

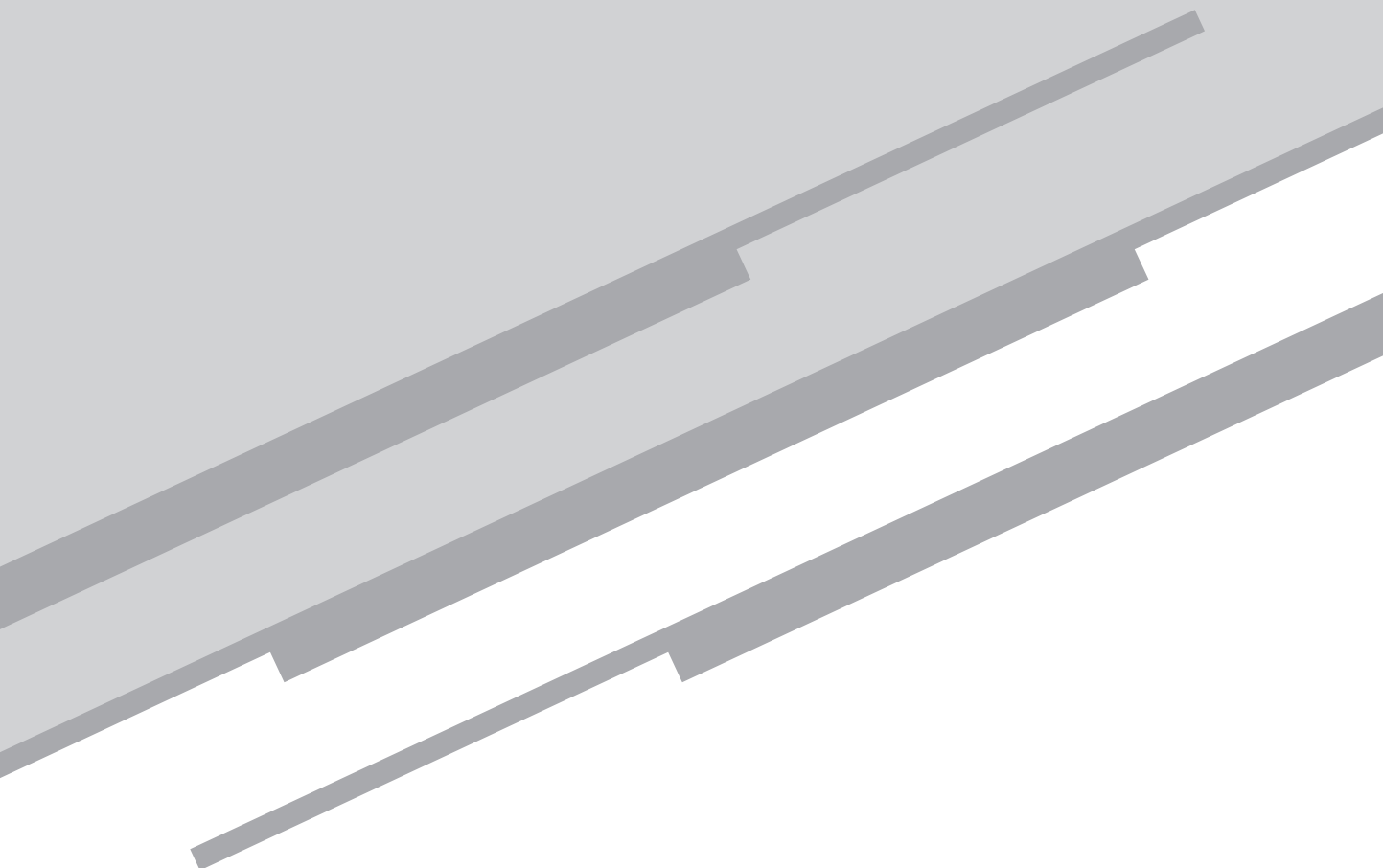
PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. Tradução: Maria Teresa Corrêa de Oliveira. São Paulo: Atlas, 2009.

TANGEN, S. "Understanding the concept of productivity". *Proceedings of the 7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference*, Taipei: 2002. Disponível em: http://www.aipa.ca/wp-content/uploads/2013/11/pap_Tangen2002-UnderstandingTheConceptOfProductivity.pdf. Acesso em 27/01/2015.

Aula 2

Definição e histórico da
engenharia de métodos



Meta

Apresentar o conceito de Engenharia de Métodos, explicitando as contribuições do estudo de tempos desenvolvido por Taylor e o estudo de movimentos realizado pelo casal Gilbreth para a formação da Engenharia de Métodos.

Objetivos

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta aula, você seja capaz de:

1. Conceituar Engenharia de Métodos e seus objetivos nas organizações;
2. Analisar o estudo de tempos, segundo Taylor;
3. Analisar o estudo de movimentos desenvolvido pelo casal Gilbreth.

Pré-requisito

Nesta aula, você encontrará referência ao modelo de transformação. Se você tiver alguma dúvida, leia o conteúdo referente a esse ponto, apresentado na Aula 1.

Introdução

As organizações atualmente enfrentam desafios gerados por diversos fatores, tais como a globalização da economia e clientes cada vez mais exigentes em relação aos produtos e/ou serviços. Neste contexto, torna-se necessário buscarem ferramentas para impulsionar sua produtividade e lucratividade, gerando condições de se manterem competitivas no mercado.

A Engenharia de Métodos tem papel de destaque no que se refere a

- melhorar os processos produtivos,
- estudo de Métodos,
- medidas do trabalho.

Proporciona contribuições importantes, através da utilização de várias ferramentas, permitindo tomar decisões acertadas para alavancar a produtividade, seja qual for o setor de atuação da organização, podendo ampliar-se para a área de serviços, tais como bancos, hospitais e hotéis.

Os conhecimentos apresentados nesta aula serão importantes, devido ao fato de abordarmos a definição e os objetivos da Engenharia de Métodos nas organizações. Esta aula também permite que você entenda a origem da Engenharia de Métodos e as contribuições de Taylor e do casal Frank e Lillian Gilbreth na formação deste campo do conhecimento.

Definição de engenharia de métodos

A Engenharia de Métodos, também conhecida como estudo de movimentos e de tempos, se originou do estudo de tempos, realizado por Frederick Taylor, e do estudo de movimentos, desenvolvido pelo casal Frank e Lillian Gilbreth. No entanto, embora tais estudos tenham ocorrido na mesma época, foi a partir de 1930 que eles passam a ser utilizados simultaneamente. Assim, este conteúdo passou a ser chamado de Engenharia de Métodos.

Barnes, um engenheiro industrial reconhecido pelas importantes contribuições no estudo do trabalho, define o estudo de movimentos e de tempos como o estudo organizado dos sistemas de trabalho, que contempla os seguintes objetivos:

- desenvolver o método de produção mais eficiente, normalmente aquele que apresenta menor custo;

- padronizar esse sistema e método;
- determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica;
- orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

Dessa forma, pode-se entender que o objetivo do estudo de movimentos e de tempos é a definição do tempo necessário para a execução de uma tarefa, determinado por um método efetivo e executado em ritmo normal por uma pessoa qualificada e treinada. A seguir, serão detalhados os quatro objetivos que compõem a Engenharia de Métodos.

Objetivos do estudo de movimentos e de tempos

Desenvolvimento do Método Preferido – Projeto de Métodos

O objetivo central de qualquer organização - seja de pequeno ou grande porte -, uma indústria ou prestadora de serviço, é a criação de produtos e serviços. Conforme você viu na Aula 1, o modelo de transformação envolve os recursos de entrada, como materiais, instalações e pessoal que, submetidos ao processo de produção, dão origem aos bens e serviços produzidos pelas organizações.

Numa fábrica de móveis de metal, por exemplo, o processo de produção pode incluir a medição das dimensões (altura x profundidade x largura), a marcação e corte, a montagem, o acabamento, a soldagem, a pintura e a entrega do produto acabado.

A primeira etapa no projeto de métodos é a definição do objetivo, por exemplo: fabricar computadores, administrar uma escola de idiomas ou operar uma central de tratamento de resíduos sólidos. Após a definição do objetivo, deve-se planejar o processo de produção global e a sequência de operações individuais que forma esse processo.

Na próxima aula, você verá detalhadamente as etapas do Processo Geral de Solução de Problemas que pode ser empregado no projeto de um método. Nas Aulas 4, 5, 6 e 7 serão apresentadas ferramentas que ajudam no desenvolvimento do método adequado.

Registro do Método Padronizado

Após a definição do melhor método para execução de uma operação, é fundamental realizar o seu registro. Este registro serve como um documento permanente da operação, podendo ser usado como folha de instrução e também auxiliar os instrutores durante o treinamento do operador.

O registro do método padronizado deve conter uma descrição detalhada da operação, especificando os seguintes fatores:

- conjunto de movimentos do operador,
- tipos de material,
- ferramentas e equipamentos,
- condições de trabalho,
- outras informações necessárias.

Durante a execução do método, torna-se necessário o acompanhamento contínuo pelos gestores para garantir que o padrão seja mantido.

Determinar o Tempo-Padrão – Estudo de Tempos

O estudo de tempos se baseia na definição do tempo-padrão necessário para um trabalhador qualificado, treinado e com experiência executar uma tarefa em condições normais. O tempo-padrão de produção pode ser utilizado para:

- elaborar programas de produção de uma fábrica, utilizando os recursos disponíveis;
- determinar os custos de fabricação e estimar os custos de um novo produto;
- prover informações para o estudo de balanceamento de estruturas de produção e investigar o planejamento de capacidade.

Na determinação do tempo-padrão, deve-se dividir a operação em elementos curtos e cronometrar cada um deles. A cronometragem individual de cada elemento é essencial para o estudo de tempos. Com o tempo de cada elemento, calcula-se o tempo total para a execução da operação. O observador deve avaliar a velocidade do operador e, dessa maneira, o tempo selecionado pode ser adequado de forma que um operador qualificado, trabalhando em ritmo normal, possa executar sem dificuldade o trabalho no tempo especificado. Esse tempo ajustado

é chamado de tempo normal. Deve-se considerar ao tempo normal as tolerâncias para necessidades pessoais, fadiga e esperas inevitáveis causadas pela máquina, pelo operador ou por alguma força externa, resultando assim no tempo-padrão para a operação.

Treinar o Operário

Para a utilização do método de trabalho, é necessário treinar o operador para executar a operação da maneira previamente registrada.

O treinamento de uma operação simples e com um número pequeno de pessoas pode ser realizado pelo mestre, no próprio local de trabalho. O treinamento de vários operadores deve ser realizado pela seção responsável pelo treinamento e pode utilizar ferramentas como gráficos, modelos e filmes.

O estudo de movimentos e de tempos é composto por quatro objetivos, conforme apresentados anteriormente; todavia, as duas partes principais, as quais receberão maior ênfase nesta disciplina, são as seguintes:

- Estudo de movimentos ou projeto de métodos: encontrar o melhor método de se executar a tarefa;
- Estudo de tempos ou medida do trabalho: determinar o tempo-padrão para executar uma tarefa específica.



Desta forma, para você estudar com mais detalhes os objetivos de padronização do método e a orientação no treinamento do trabalho no melhor método, leia o livro *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*, de Ralph M. Barnes da Editora Blucher.

Atividade 1

Atende ao Objetivo 1

Defina estudo de movimentos e de tempos e descreva os seus objetivos.

Resposta comentada

O estudo de movimentos e de tempos é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: (1) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo; (2) padronizar esse sistema e método; (3) determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; (4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

**Um histórico da engenharia de métodos****O estudo de tempos, segundo Taylor**

No final do século XIX, Frederick Winslow Taylor iniciou o estudo de tempos na fábrica da Midvale Steel Company. Ele constatou rapidamente a ineficiência do sistema operacional da fábrica. Logo depois de tornar-se mestre geral, buscou alterar a abordagem gerencial para conciliar os interesses dos empregados com os da empresa. Taylor afirmou que a dificuldade da administração em definir uma carga de trabalho adequada para a mão de obra era um fator que comprometia o relacionamento harmônico entre a empresa e os trabalhadores.



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Frederick_Taylor#mediaviewer/File:Frederick_Winslow_Taylor_crop.jpg

Frederick Winslow Taylor (1856 - 1915): Nasceu na Filadélfia, Pensilvânia – EUA. Considerado pai da Administração Científica por propor a utilização de métodos científicos na administração industrial. Taylor iniciou sua carreira profissional como aprendiz na fábrica de bombas Enterprise Hydraulic Works. Em 1878, ele mudou para a Midvale Steel Works, começando como operário, percorrendo todos os cargos produtivos até ser promovido a engenheiro-chefe. Aos 27 anos, Taylor se forma, no Instituto de Tecnologia de Nova Jersey, em Engenharia Mecânica. Atuando como engenheiro na Manufacturing Investment Company, ele consegue testar suas teorias. Em 1898, ingressa na Bethlehem Steel, onde desenvolveu o aço rápido junto com Maunsel White e uma equipe de assistentes. Em 1903, Taylor publica seu primeiro livro, intitulado *Shop Management* (Direção de Oficinas), no qual aborda a racionalização do trabalho. O livro *The Art of Cutting Metals* (A Arte de Cortar Metais) é lançado em 1906. Taylor é eleito presidente da Associação Americana dos Engenheiros Mecânicos e recebe o título honorário de Doutor em Ciência pela Universidade da Pensilvânia. A sua obra mais importante foi publicada em 1911 e fala sobre os princípios da administração científica, o que se tornaria a base da Teoria Geral da Administração.

Para saber mais sobre a história de Taylor, leia o livro *O que é taylorismo?*, de Luzia Margareth Rago e Eduardo F. P. Moreira. Editora Brasiliense.

Fonte: Disponível em <http://www.infoescola.com/biografias/frederick-taylor/>
Acesso 17 fev. 2015.

A presidência da Midvale Steel Company autoriza Taylor a realizar o estudo científico para determinação do tempo necessário na execução de alguns tipos de trabalho. No início do estudo, ele escolheu dois operários eficientes que participaram ativamente das pesquisas. Ele afirmava que o objetivo das experiências era descobrir o que significa um dia completo de trabalho para um operário eficiente.

A realização do estudo de tempos, com a utilização da cronometragem, foi uma importante contribuição de Taylor para o aumento da eficiência da indústria. No entanto, ele realizou outras contribuições, tais como:

- a invenção do aço rápido,
- o estudo das variáveis que afetam o corte de metais,
- o desenvolvimento do que passou a ser conhecido como administração científica.

Os Princípios de Administração de Taylor

Foi com os operários no nível operacional que Taylor realizou um minucioso trabalho de análise das tarefas, decompondo os movimentos e processos de trabalho para encontrar a maneira correta de se executar cada uma das operações. Posteriormente, ensinava aos operários como fazê-las e mantendo constantes as condições ambientais, de maneira que pudessem executar suas tarefas sem dificuldades, estabelecendo tempos-padrão para o trabalho.

Segundo Barnes (1977), Taylor definiu seus objetivos, os quais ficaram conhecidos como os princípios da administração científica, conforme apresentados a seguir.

1. Princípio de planejamento: é a substituição dos métodos empíricos pelo estudo científico de todos os elementos de uma operação, ou seja, é o planejamento do método de trabalho;
2. Princípio de preparo: é a seleção dos melhores operários para cada tarefa, de acordo com suas aptidões, e treiná-los para produzirem mais e melhor, de acordo com o método planejado;
3. Princípio do controle: é a necessidade de desenvolver a cooperação entre a gerência e os trabalhadores, para que a execução do trabalho esteja de acordo com os métodos estabelecidos;

4. Princípio da execução: é a distribuição das atribuições e responsabilidades entre a gerência e os operários, para que a execução do trabalho seja disciplinada.

Ao longo da sua atuação na indústria, Taylor realizou vários estudos com a finalidade de determinar a melhor maneira de se executar um trabalho e obter dados para padronizar a tarefa. Dentre eles, pode-se destacar um de seus mais conhecidos estudos sobre o uso da pá.

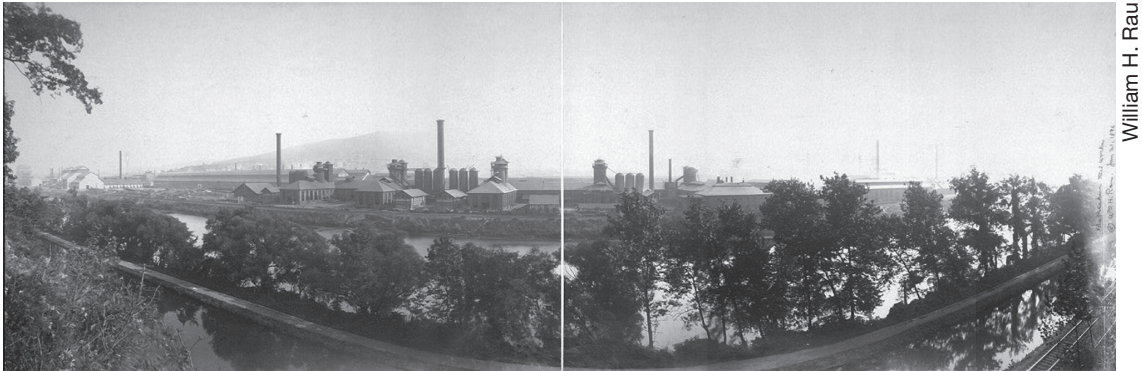


Figura 2.1: Empresa na qual Taylor desenvolveu os estudos sobre o uso da pá, a Bethlehem Steel Works, na Pennsylvania (1896).

Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wrau-bethlehem-steel.jpg?uselang=pt>



Estudos de Taylor sobre o Uso da Pá – Em 1898, Taylor começou a trabalhar na Bethlehem Steel Works e buscou melhorar os métodos de trabalho, analisando a movimentação de materiais com o auxílio de pás. A tarefa envolvia de 400 a 600 operários que passavam a maior parte da sua jornada de trabalho movimentando minério de ferro e carvão. Os operários que apresentavam melhor desempenho utilizavam suas próprias pás. Com uma breve análise, Taylor constatou que os operários movimentavam 1,6 kg por pá, quando trabalhavam com carvão; essa quantidade aumentava para 17,2, quando o material era minério de ferro. Então, era necessário determinar qual a carga por pá que permitia a um bom operário mover a quantidade máxima de material numa jornada diária de trabalho. Assim, Taylor selecionou dois dos operários com melhor desempenho e colocou-os movimentando materiais, estudando suas atividades com a ajuda de dois cronometristas.

Inicialmente, os operários usando pás grandes movimentaram quantidades maiores de materiais por pá. Em seguida, os operários tiveram as pontas de suas pás cortadas, e foram registradas as toneladas deslocadas com cada tipo de pá ao final do dia. Taylor concluiu que com a carga de 9,75 Kg na pá, um operário atingiria, em um dia, a quantidade máxima de material transportado. Surge a necessidade da criação de uma ferramentaria e o desenvolvimento de pás especiais. Desta forma, um operário que movimentaria minério de ferro receberia uma pá pequena, enquanto o deslocamento do carvão deveria ser realizado com uma pá grande, fazendo com que em ambas as situações o peso do material deslocado por pá fosse 9,75 kg. Taylor implementou um departamento de planejamento que emitia ordens aos mestres e aos trabalhadores, a cada manhã, indicando a natureza do trabalho a ser feito e as ferramentas necessárias. O material movimentado por cada operário passou a ser pesado no fim de cada dia. Executando adequadamente a tarefa que lhe foi designada, o operário receberia um prêmio. Aqueles que encontravam dificuldade em atingir a meta, recebiam auxílio de um instrutor na maneira correta de executar a tarefa com o objetivo de ajudá-lo a alcançar o bônus. Com as melhorias implementadas, Taylor atingiu a mesma produção com apenas 140 operários. No método antigo, eram necessários de 400 a 600 homens.

Fonte: Barnes (1977).

Estudo de movimentos na forma em que foi desenvolvido pelos Gilbreth

O trabalho desenvolvido por Frank e Lilian Gilbreth foi pioneiro no estudo de movimentos. Segundo Barnes (1997), os conhecimentos de Frank Gilbreth, como engenheiro, adicionados à formação de psicologia de sua esposa, Lilian M. Gilbreth, permitiram que eles desenvolvessem estudos baseados na anatomia e na fisiologia humana, com o conhecimento de materiais, ferramentas e equipamentos. Seus estudos foram bastante amplos, abordando melhorias na construção civil, estudos sobre a fadiga, a monotonia, a transferência de habilidade entre operários e o desenvolvimento de técnicas, como o gráfico

de fluxo de processo, o estudo de micromovimentos, o **ciclográfico** e o **cronociclográfico**.



“Gilbreth também desenvolveu duas técnicas, análises **ciclográfica** e **cronociclográfica**, para o estudo das trajetórias dos movimentos de um operário. É possível registrar-se estas trajetórias prendendo-se uma pequena lâmpada elétrica ao dedo, à mão ou a qualquer outra parte do corpo e fotografando-se, com uma câmera imóvel com obturador aberto, o deslocamento da luz no espaço. Esse registro é chamado de um **ciclográfico**. Se colocarmos um interruptor no circuito elétrico da lâmpada, e se a luz é acendida rapidamente e apagada depois de curto intervalo, a trajetória da lâmpada aparecerá como uma linha com pontos em forma de pera, indicando a direção do movimento. Os pontos luminosos se espaçarão de acordo com a velocidade do movimento, separando-se mais se o operador se deslocar com rapidez e apresentando-se próximos uns dos outros quando o movimento for lento. Desse gráfico, é possível verificar-se com precisão o tempo, velocidade, aceleração e desaceleração, e mostrar-se a direção e trajetória do movimento em três dimensões. Esse registro é chamado de **cronociclográfico**. Do **cronociclográfico** é possível construir-se modelos em arame das trajetórias efetuadas pela parte do corpo em estudo. Gilbreth utilizou essas técnicas para o desenvolvimento de novos Métodos, para mostrar movimentos corretos e orientar o treinamento de novos operários.”

Para ver um vídeo sobre essa técnica, acesse: <https://vimeo.com/75215977>

Fonte: Barnes (1977).



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frank_Bunker_Gilbreth_Sr_1868-1924.jpg?uselang=pt

Frank Bunker Gilbreth (1868-1924) - Nasceu em Fairfield, Maine, EUA; aos 3 anos de idade, após a morte de seu pai, sua família mudou-se para Boston, Massachusetts. Iniciou sua atuação profissional como aprendiz de pedreiro e, em seguida, tornou-se empreiteiro e, finalmente, engenheiro.



Richard Arthur Norton

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gilbreth_01.jpg?uselang=pt

Foi trabalhando em uma construtora que começou a fazer observações sobre movimentos, criando dispositivos, como andaimes móveis, misturadores de concreto, correias transportadoras, barras de reforço, tudo com o objetivo de evitar o desperdício de movimentos. Casou-se, em 1904, com Lilian Moller Gilbreth e, com ela, fundou uma empresa de consultoria gerencial, Gilbreth.

Inc., e juntos são reconhecidos como engenheiros consultores para organizações industriais públicas e privadas, em especial, na eficiência e minimização de movimentos nos processos construtivos. Juntos escreveram *Primer of Scientific Management* (1911) e *Fatigue Study* (1916).

Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/FrankBun.html>

Origens do Estudo de Movimentos

Antes de completar 18 anos, Frank Gilbreth começou a trabalhar como auxiliar de pedreiro numa construtora. Por sua eficiência no trabalho, foi constantemente promovido, até abrir sua própria empresa de construção civil. Ao longo de sua experiência no setor, ele observou que cada pedreiro tinha uma maneira diferente de assentar tijolos.

Segundo um especialista brasileiro em Racionalização do Trabalho e Produtividade, professor e executivo de vivência internacional em Engenharia Industrial de Tempos e Métodos, Claudiney Fullmann (2009), Gilbreth classificou em três os diferentes grupos de movimentos para assentamento de tijolos; são eles:

- um para seu trabalho normal,
- outro quando executava seu trabalho mais rápido,
- e outro quando ensinava um aprendiz.

Tal constatação fez Gilbreth começar a analisar os movimentos usados pelos operários para encontrar o melhor método de executar o assentamento de tijolos com o objetivo de aumentar a produtividade.



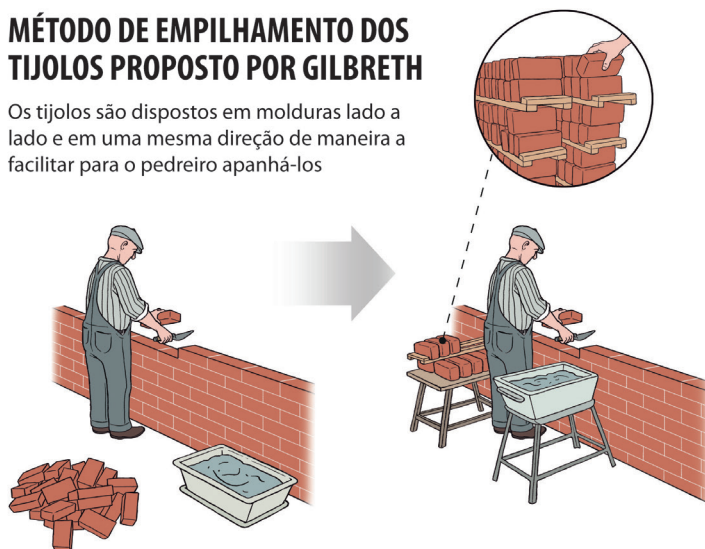
Assentamento de Tijolos – Com o auxílio de fotografias, Gilbreth analisou os movimentos utilizados pelos pedreiros no assentamento de tijolos e propôs melhorias nos métodos, incluindo movimentos menos cansativos. Dentre tais melhorias, destaca-se a criação de um andaime de rápida e fácil movimentação que permitia manter a altura adequada para o trabalho e com um espaço

para depositar os tijolos e a argamassa a uma altura conveniente para o pedreiro, sem precisar abaixá-lo para pegar o tijolo.

Outra melhoria proposta por Gilbreth foi o método de empilhamento dos tijolos no andaime. No descarregamento dos tijolos do caminhão, os serventes deviam inspecioná-los e colocá-los em molduras lado a lado, ficando dispostos em uma mesma direção, de maneira a facilitar para o pedreiro apanhá-los. Desta forma, Gilbreth colocou a argamassa e os tijolos dispostos no andaime de modo que o pedreiro podia pegar simultaneamente um tijolo com uma das mãos e com a outra a colher de pedreiro cheia de argamassa.

MÉTODO DE EMPILHAMENTO DOS TIJOLOS PROPOSTO POR GILBRETH

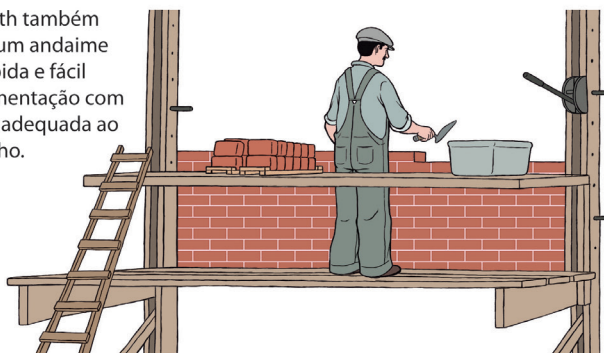
Os tijolos são dispostos em molduras lado a lado e em uma mesma direção de maneira a facilitar para o pedreiro apanhá-los



Antes do método de Gilbreth

Método proposto por Gilbreth

Gilbreth também criou um andaime de rápida e fácil movimentação com altura adequada ao trabalho.



Essas mudanças, aliadas às outras desenvolvidas por Gilbreth, aumentaram consideravelmente a produtividade que podia ser

obtida por um pedreiro em um dia de trabalho. Numa obra, em Boston, por exemplo, todos os pedreiros foram treinados no novo método; quando o edifício atingiu uma altura entre um quarto e metade de altura total, a produtividade média era de 350 tijolos assentados por homem/hora. A produção máxima para esse tipo de trabalho, anterior à adoção do novo método, era de 120 tijolos assentados por homem/hora.

Fonte: Barnes (1977).



Falando em assentamento de tijolos...

Você já deve ter ouvido falar numa famosa e antiga banda de *rock* chamada Pink Floyd, certo? Um de seus clássicos é *Another Brick in the Wall* (que, traduzido para o português, seria algo como Mais um Tijolo no Muro), um conjunto de 3 canções, sendo que a parte II foi a música mais tocada no Brasil no ano de 1980. Ela é um protesto contra a educação escolar rígida, assista: <https://youtu.be/YR5ApYxkU-U>

Definição de Estudos de Micromovimentos

O casal Frank e Lilian Gilbreth foram os pioneiros no uso da expressão estudo de micromovimentos. A execução deste estudo só foi possível devido à utilização de filmes, proporcionando relevantes contribuições à gerência do trabalho.

O estudo de micromovimentos, segundo Barnes (1977), é o estudo dos elementos fundamentais de uma operação por intermédio de uma câmera cinematográfica e de um dispositivo que indique com precisão os intervalos de tempo no filme obtido. Isto torna possível a análise dos movimentos elementares registrados no filme e o estabelecimento de tempos para cada um deles.



A utilização da câmera foi uma das inovações introduzida por Gilbreth nos seus estudos, produzindo filmes de uma grande variedade de operações industriais na procura de melhores métodos de trabalho. Os resultados mostraram, por exemplo, os benefícios de aliviar as mãos de todo o trabalho que possa ser executado mais convenientemente por mecanismo acionado a pedal.

Assista ao filme: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/66/Original_Films_Of_Frank_B_Gilbreth_%28Part_I%29.ogv e saiba mais sobre os estudos desenvolvidos por Frank Gilbreth.

Atividade 2

Atende ao Objetivo 2 e 3

1. Indique com o número (1) as contribuições do casal Gilbreth e com o número (2) as contribuições realizadas por Frederick W. Taylor.

	Estudos sobre o uso da pá
	Estudos dos movimentos
	Invenção do aço rápido
	Estudos sobre a fadiga
	Administração científica
	Estudo de micromovimentos
	Desenvolvimento do gráfico de fluxo de processo
	Utilização da cronometragem

Resposta comentada

2	Estudos sobre o uso da pá
1	Estudos dos movimentos
2	Invenção do aço rápido
1	Estudos sobre a fadiga

2	Administração científica
1	Estudo de micromovimentos
1	Desenvolvimento do gráfico de fluxo de processo
2	Utilização da cronometragem

Conclusão

A Engenharia de Métodos não é uma área recente. Embora desde sua origem do estudo de tempos, introduzido por Frederick Taylor, e do estudo de movimentos, desenvolvido pelo casal Frank e Lillian Gilbreth, e o ambiente organizacional tenha passado por consideráveis alterações, o estudo de tempos, movimentos e métodos de trabalho continua sendo fundamental nas organizações.

O cerne da Engenharia de Métodos é examinar o trabalho em todos os seus aspectos, investigando os fatores que influenciam na eficiência e desempenho da situação estudada, com a finalidade de melhorar o conforto e segurança na execução do trabalho e aumentar a produtividade do sistema produtivo.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

1. O estudo de movimentos e de tempos consiste no estudo dos sistemas de trabalho. Pode-se considerar, em relação aos seus objetivos, exceto:

- (A) Desenvolver o método mais eficiente;
- (B) Estipular o tempo mínimo para execução de uma tarefa;
- (C) Padronizar esse método;
- (D) Determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada para executar uma tarefa;
- (E) Orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

2. O estudo da Engenharia de Métodos surgiu, basicamente, do trabalho de Frederick H. Taylor, com o estudo de tempos, e do casal Frank e

Lillian Gilbreth, com o estudo de movimentos. Em relação aos estudos de Frederick H. Taylor, marque V para as afirmativas verdadeiras, e F para as falsas.

() O início dos seus estudos foi na usina Midvale Steel Company. Com a permissão da presidência, desenvolveu um estudo científico para determinação do tempo necessário ao desempenho de vários tipos de trabalho.

() Na Bethlehem Steel Works, ele realizou os estudos da fadiga na produtividade do operário e propôs os princípios de economia de movimentos.

() Realizou uma investigação sobre o uso da pá; uma das consequências do estudo foi a criação de um departamento de planejamento.

() A maior contribuição de Taylor à indústria de sua época foi o seu método científico e a substituição do modo empírico de se resolverem os problemas pelo estudo sistemático e ordenado de todos os fatores intervenientes em cada problema particular.

() Suas atividades foram bastante diversificadas, incluindo o desenvolvimento de técnicas, como o gráfico de fluxo do processo.

A sequência está correta em:

(A) F, V, F, F, V.

(B) F, V, V, F, V.

(C) V, V, V, F, F.

(D) V, F, V, V, F.

(E) V, V, F, V, V.

Resposta comentada

1. A alternativa correta é a letra B.

2. A alternativa correta é a letra D.

Na Bethlehem Steel Works, Taylor desenvolveu o aço rápido junto com Maunsel White e uma equipe de assistentes. Os estudos da fadiga na produtividade do operário, os princípios de economia de movimentos e o gráfico de fluxo do processo foram desenvolvidos por Frank Gilbreth.

Resumo

A Engenharia de Métodos, também denominada de estudo de movimentos e de tempos, originou-se do estudo de tempos, introduzido por Frederick Taylor, e do estudo de movimentos, desenvolvido pelo casal Frank e Lillian Gilbreth.

A Engenharia de Métodos é o estudo dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: (1) desenvolver o método preferido – normalmente, é aquele que apresenta menor custo; (2) padronizar esse sistema e método; (3) determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; (4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

A realização do estudo de tempos, com a utilização da cronometragem, foi uma importante contribuição de Taylor para o aumento da eficiência da indústria. O estudo sobre o uso da pá, a invenção do aço rápido, o estudo das variáveis que afetam o corte de metais e a administração científica foram também importantes contribuições de Taylor:

O trabalho desenvolvido pelo casal Frank e Lillian Gilbreth foi pioneiro no estudo de movimentos. Eles desenvolveram estudos abordando melhorias na construção civil, estudos sobre a fadiga, a monotonia, a transferência de habilidade entre operários e o desenvolvimento de técnicas, como o gráfico de fluxo de processo, o estudo de micromovimentos e o cronociclográfico.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, veremos o processo geral de solução de problemas que poderá ser utilizado no desenvolvimento de um projeto de um método ou na melhoria de um método já estabelecido.

Até lá!

Referências

BARNES, R. M. *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. Tradução da 6ª Edição Americana. São Paulo: Editora Blucher, 1977.

FULLMANN, C. *O trabalho: mais resultado com menos esforço, custo: passos para a produtividade*. São Paulo: Educator, 2009.

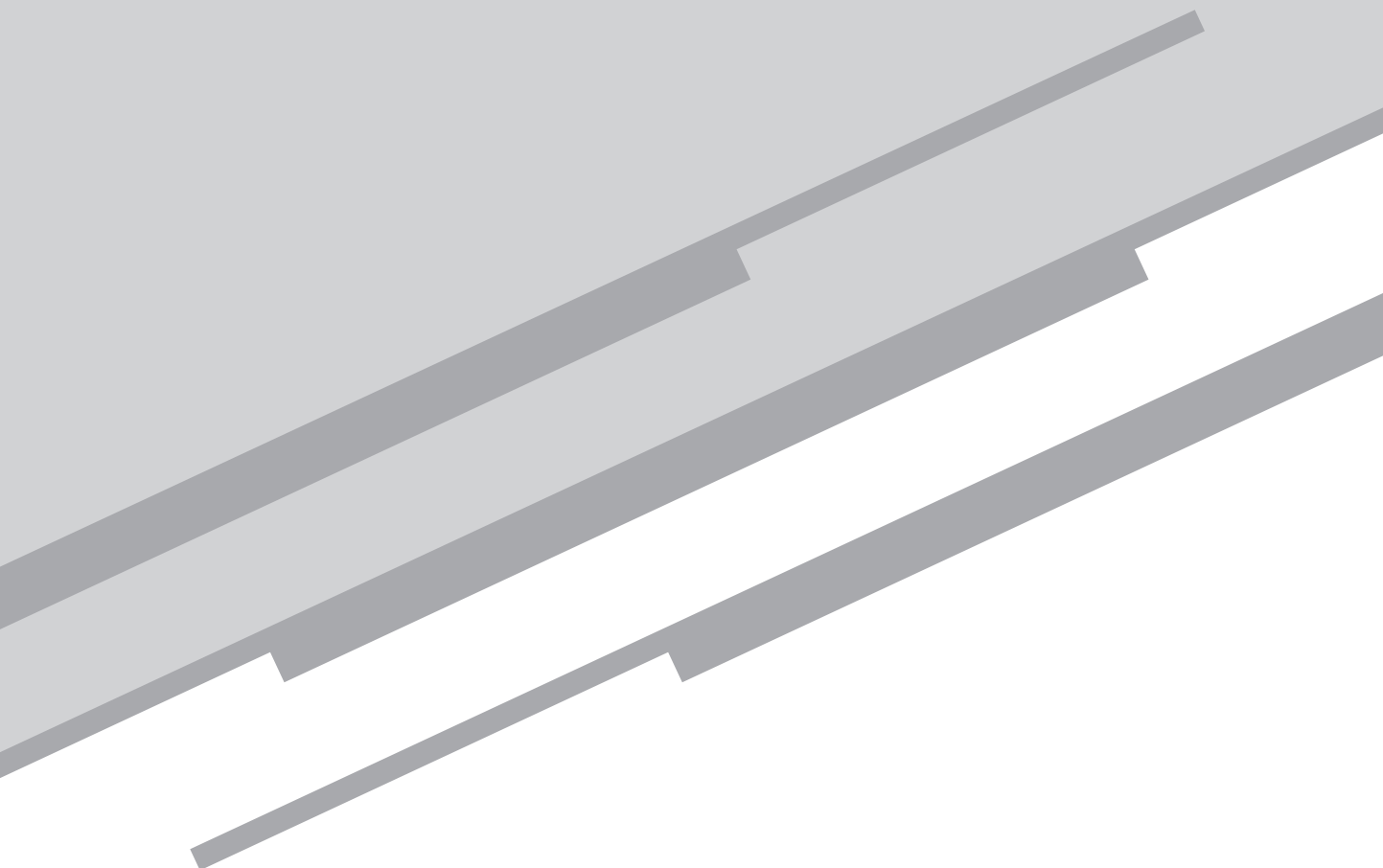
Leituras recomendadas

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

RAGO, Luzia Margareth; MOREIRA, Eduardo F.P. *O que é taylorismo*. 2ª Ed. São Paulo: Brasiliense, 1984.

Aula 3

Processo geral de solução de problemas



Meta

Apresentar as etapas do Processo Geral de Solução de Problemas e sua importância no desenvolvimento do projeto de métodos, com ênfase nas técnicas utilizadas para geração, seleção e a implantação de soluções.

Objetivos

Ao terminar o estudo desta aula, você deverá estar preparado para:

1. Explicar o papel do processo geral de solução de problemas na Engenharia de Métodos;
2. Descrever as etapas do processo geral de solução de problemas;
3. Relacionar as técnicas que podem ser usadas no processo geral de solução de problemas.

Pré-requisitos

Esta aula fará referência ao desenvolvimento do projeto de métodos. Se você tiver alguma dúvida, leia o conteúdo referente a esse ponto, apresentado na Aula 2.

Introdução

O ambiente corporativo busca cada vez mais profissionais com competência para trabalhar na solução de problemas presentes no dia a dia das organizações. No entanto, para ajudar os profissionais, o processo geral de problema-solução deve ser empregado com o objetivo de assegurar uma decisão lógica e coerente do problema, buscando reduzir a probabilidade de erros.

O processo geral de problema-solução, também chamado de metodologia de análise e solução de problemas (MASP), pode ser entendido como um modo lógico e sistemático de procurar a solução de qualquer problema. A metodologia é normalmente dividida em fases sucessivas, em geral,

- definição do problema,
- análise do problema,
- pesquisa de possíveis soluções,
- avaliação das alternativas e
- recomendação para ação,

com uso de técnicas de criatividade com o objetivo de descobrir um conjunto de soluções alternativas para o problema formulado.

Você deve estar se perguntando como o processo geral de solução de problemas pode ser utilizado na Engenharia de Métodos. Ele é utilizado no desenvolvimento do projeto de método que representa um dos objetivos da Engenharia de Métodos.

É a partir dessa contextualização que iniciamos esta aula, que se propõe a apresentar o processo geral de solução de problemas como procedimento empregado no desenvolvimento de projeto de método, bem como as etapas que orientam tal processo. Esta aula permite também que você conheça as técnicas que poderão ser aplicadas nas diversas etapas do processo geral de solução de problemas.

O conteúdo apresentado nesta aula será importante na sua atuação como engenheiro de produção, pois permitirá a você conhecer uma metodologia essencial na resolução de problemas, o que fará parte do seu cotidiano profissional e também será utilizado no desenvolvimento ou melhoria do projeto de métodos.

Processo geral de solução de problemas

O desenvolvimento de um método para fabricação de um novo produto ou a melhoria de um método existente é um dos objetivos fundamentais da Engenharia de Métodos. A metodologia empregada no projeto de método decorre de uma forma criativa de resolução de problemas, baseada em um modo lógico e sistemático de procurar a solução de qualquer problema.

Para Liker e Meier (2007), especialistas no Sistema Toyota de Produção (STP), o processo geral de solução de problemas é como contar uma história. Uma boa história tem uma apresentação, desenvolvimento dos personagens e conteúdo no meio, uma conclusão e, talvez, uma pista para uma possível sequência. Similar ao processo de contar história, a solução de problemas tem capítulos ou passos distintos. Como uma boa história, um bom processo de solução de problemas flui da mesma maneira entre cada etapa, havendo uma clara conexão de uma para a outra. A finalização de uma etapa levará à próxima, e não haverá interrupção.

O processo geral de solução de problemas tem cinco etapas principais (Figura 3.1).

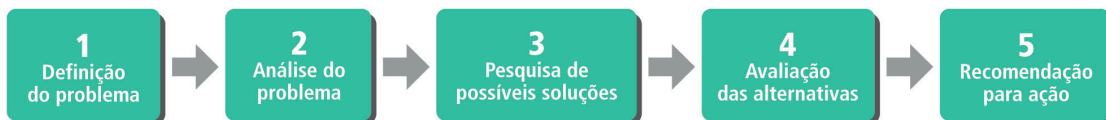


Figura 3.1: Cinco Etapas do Processo Geral de Solução de Problemas.

Estes processos integrados acontecem como se o gestor contasse uma história, com uso de técnicas de criatividade com o objetivo de descobrir um conjunto de soluções alternativas para o problema formulado.

==== **Atividade 1** =====

Atende ao Objetivo 1

Analise as informações a seguir:

“Chamar esse processo de solução de problemas pode ser inadequado, uma vez que o processo vai muito além da base para solução de problemas. Esse método abrange um processo de pensamento crítico e lógico. Exige completa avaliação e reflexão, atenta consideração de várias opções e um curso de ação cuidadosamente pensado”.

Extraído do livro *O Modelo Toyota* (Liker & Meier, 2007).

Agora relacione as informações que você analisou com o conteúdo da seção “Processo Geral de Solução de Problemas”. A partir daí, enumere algumas das razões que, a seu ver, fazem do processo geral de solução de problemas uma metodologia importante no desenvolvimento ou melhoria de um projeto de métodos. Nas linhas a seguir, comece enunciando uma dessas razões. Inclua, pelo menos, outras duas.

Por que a utilização do Processo Geral de Solução de Problemas?

1. É um modo lógico e sistemático de resolução de problemas;
2. _____;
3. _____.

Resposta comentada

As informações que você analisou, provavelmente, desencadearam muito mais que apenas duas ideias. Busquei reunir a seguir as principais ideias, envolvendo a utilização do processo geral de solução de problemas no desenvolvimento do projeto de métodos.

1. Começando pelo exemplo que citei, o processo geral de solução de problemas é um modo lógico e sistemático de resolução de problemas, permitindo uma completa compreensão da situação presente e definição do problema;
2. Além disso, garante uma análise completa das causas do problema;
3. Proporciona um conjunto de soluções alternativas para seleção da mais adequada.



A seguir, você verá detalhadamente as cinco etapas que contemplam o processo geral de solução de problemas.

Definição do Problema

A primeira etapa no processo de solução de problemas é a definição do problema; no entanto, tal etapa deve ser precedida pela necessidade de reconhecimento da existência do problema.

Algumas vezes, segundo Barnes (1977), afirmações como “os custos estão muito altos”, “a produção deve ser aumentada” ou “os produtos defeituosos estão gerando prejuízos financeiros” são feitas no ambiente empresarial. No entanto, na maioria dos casos, não é fácil determinar qual é o problema real. Dessa forma, é essencial que o problema seja equacionado claramente. Simultaneamente, deve-se avaliar se o problema deve receber atenção e se o momento é adequado para buscar a sua solução. Se for decidido continuar com a formulação do problema, devem-se levantar todas as informações relacionadas à abrangência ou importância do problema em questão por meio de dados históricos, gráficos e relatórios gerenciais. Deve-se também fazer uma previsão de tempo disponível para encontrar a solução.

O **Quadro 3.1** apresenta algumas informações relevantes para a definição clara de uma problema referente a um projeto de métodos.

Quadro 3.1: Projeto de Métodos – definição do problema

Projeto de Métodos
Definição do problema – Exposição geral da meta ou objetivo – Formulação do problema.
a) Critério – Meios de julgar uma boa solução do problema.
b) Requisitos de produção – (1) Produção máxima diária, (2) variações sazonais, (3) volume anual, (4) vida prevista do produto.
c) Data de término - Tempo disponível, (1) para o projeto, (2) para instalação e teste de equipamento, (3) para aumentar a produção até a capacidade total.

Fonte: Adaptação de Barnes (1977).

Segundo os autores Liker e Meier (2007), um processo minucioso na fase inicial de compreensão da situação é essencial para uma atividade de solução de problemas por duas razões:

1. Devem-se compreender com atenção as características do problema – considerando o impacto do problema sobre os clientes, funcionários e empresa e, finalmente, definindo se o problema é importante o suficiente para que se dediquem recursos na sua solução. Assim, observa-se que grande parte da atividade de solução de problemas deve ser dedicada à compreensão completa da situação problemática, resultando na concentração do problema, e não em seus sintomas;
2. Concentrar energia e recursos de **alavancagem** é fundamental para se atingir resultado satisfatório de sucesso com um mínimo de esforço. Começando com o entendimento entre todas as partes afetadas quanto à necessidade de abordar a questão.

Inicialmente, deve-se definir o problema de forma mais geral, e a as restrições devem ser as menores possíveis. A definição abrangente possibilita maior liberdade na busca das possíveis soluções. Além disso, não deve ser despendida atenção excessiva para o “método atual” em tarefas ou operações que já estão sendo executadas, e o problema deve ser definido independentemente da maneira como é executado.

Alavancar

Incentivar, impulsionar, promover, agir de maneira benéfica, ou seja, tornar mais favorável o desenvolvimento de algo. Na gestão empresarial, a palavra alavancagem é utilizada com significados diversos, tais como alavancagem operacional e alavancagem financeira.



Um exemplo de definição do problema:

Uma fazenda situada no estado de New Jersey, nos Estados Unidos, possui 8000 hectares, dos quais, aproximadamente, 2800 são cultivados anualmente com ervilhas.

O plantio das ervilhas ocorria durante o mês de março e, no período da colheita, tentava-se resolver problemas que surgiam da melhor maneira possível. Um dos problemas recorrentes durante a época da colheita era o amadurecimento de muitos hectares de ervilhas simultaneamente, obrigando os funcionários envolvidos nas atividades de colheita a trabalhar muito além do expediente normal; às vezes, devido ao atraso na colheita, as ervilhas amadureciam demais e perdiam qualidade.

O resultado de diversos estudos e experiências realizados pelo climatologista da fazenda, com o crescimento das diferentes variedades de ervilhas durante períodos diferentes da primavera e do

verão, foi capaz de prever a época da colheita. Por exemplo, se certo setor da fazenda era equipado para colher 10 hectares por dia, o climatologista era capaz de programar o plantio de 60 hectares, de maneira que somente essa quantidade de hectares amadurecia durante os seis dias úteis da semana, eliminando a necessidade de trabalhar no domingo. A solução encontrada não só resolveu o problema das colheitas, mas também resultou em um produto de qualidade mais uniforme com menos perdas devidas a ervilhas muito maduras.

A busca da solução poderia ter sido definida como a de encontrar um método mais eficiente de colheita durante a noite, usando iluminação adequada e realização de treinamento dos trabalhadores em colher ervilhas à noite. No entanto, o problema básico era encontrar meios que proporcionassem o amadurecimento das ervilhas compatível com a capacidade de trabalho no campo e as instalações de descascamento e congelamento.

Neste caso, a solução não seria de melhoria ou aperfeiçoamento do método existente, mas uma solução original, resultante do processo lógico de problema-solução.

Fonte: Barnes (1977)

Gargalos

Etapas de um processo produtivo que limitam a capacidade final de produção, ou seja, a quantidade de produtos disponibilizados é menor do que a quantidade necessária para atender a demanda dos clientes em um período de tempo. Por exemplo, você pode pensar em uma confecção de camisetas cujas etapas de corte, costura e acabamento tenham capacidade para produzir 100 unidades por hora. A etapa de passadoria tem capacidade de apenas 80 camisetas por hora. Teremos aí um gargalo, uma vez que a linha de produção não poderá produzir com sua capacidade máxima, pois a etapa seguinte não é capaz de passar todas as camisetas produzidas nas etapas anteriores.

Uma análise dos **gargalos** e perdas de produção é um importante instrumento nesta etapa do processo, uma vez que podem representar fontes reais de problemas com potencial para serem tratados.

Em relação à análise de perdas, destacam-se:

- Perdas por superprodução;
- Perdas por transporte;
- Perdas no processamento em si;
- Perdas devidas à fabricação de produtos defeituosos;
- Perdas nos estoques;
- Perdas no movimento;
- Perdas por espera.



As perdas nos sistemas produtivos são um tema tratado pelo Sistema Toyota de Produção (STP), e um maior detalhamento das perdas foi proposto conjuntamente pelos autores Ohno (1997) e Shingo (1996). Dessa forma, para você estudar com mais detalhes sobre as sete perdas, leia o livro *Sistemas de Produção – Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta*, de Junico Antunes e colaboradores, da Editora Bookman.

Análise do Problema

A caracterização do problema poderá resultar numa definição genérica. Torna-se necessário um levantamento de dados para separar os fatos e determinar como eles se aplicam ao problema. É evidente que todo o conhecimento da equipe na área deve ser considerado e o levantamento de informações será de maneira complementar. A avaliação das informações não acontecerá neste momento, pois as análises críticas serão realizadas na etapa apropriada para este fim.

Segundo Barnes (1977), no início da análise do problema devem-se estabelecer critérios para avaliar as soluções alternativas do problema. A solução selecionada para um problema de produção poderá ser a que tenha o menor custo de mão de obra, o menor custo total ou o menor investimento, a que requeira a menor área de serviço ou resulte na maior utilização de materiais, ou aquele que permita à fábrica entrar em produção total no menor período de tempo.

A etapa de análise consiste em procurar entender o problema, identificando as restrições que poderão afetá-lo. O diagnóstico das restrições deve acontecer em cada estágio do processo problema-solução. As restrições devem ser examinadas com bastante atenção porque, às vezes, podem ser fictícias - e somente as restrições reais devem ser consideradas.

Um exemplo é o acondicionamento de frutas cítricas em caixas de papelão. Leia o boxê que ajuda a entender a necessidade de diferenciar as restrições reais das fictícias.



O exemplo do acondicionamento de frutas cítricas em caixas de papelão.

Algumas décadas atrás, nos Estados Unidos, as frutas cítricas enviadas ao mercado eram embrulhadas individualmente em papel, armazenadas em camadas regulares em caixotes de madeira bem ventiladas e mantidas firmemente no lugar por uma tampa colocada sob pressão por meio de pregos e tiras nas extremidades. Naquela época, entendia-se que esses procedimentos eram a maneira correta; no entanto, tal procedimento mostrara-se incorreto. Atualmente, quase todas as laranjas e limões são enviados aos mercados em caixas de papelão; as frutas cítricas não são embrulhadas em papel individualmente nem são colocadas nas caixas em camadas; as caixas não são ventiladas, e as frutas não são encaixotadas sob pressão. A caixa de papelão com tampa possui metade da capacidade das caixas de madeira, facilitando o manuseio e reduzindo o custo. O novo método de empacotamento resultou numa economia de aproximadamente US\$ 5.000.000 por ano para os plantadores e empacotadores de limão da Califórnia. Estima-se que uma economia igual resulte para transportadores, atacadistas e varejistas.

Fonte: Barnes (1977)

A equipe de profissionais envolvida deverá possuir as seguintes informações:

- importância do empreendimento;
- volume a ser produzido;
- número de pessoas empregadas;
- previsão de duração do projeto.

Torna-se fundamental a elaboração de um planejamento. A equipe deve conhecer o tempo disponível para a solução do problema e, se for um problema de produção, o tempo disponível para pôr o processo em operação, eliminar os defeitos e obter a produção especificada de qualidade aceitável.

Na análise de um problema, pode ser desejável subdividi-lo e examinar cada parte separadamente. Barnes (1977) exemplifica o problema de abrir um furo numa placa metálica na produção de aparelhos de televisão. A operação poderá ser dividida em três etapas:

1. colocar a placa no dispositivo;
2. abrir o furo na placa;
3. retirar a placa e empilhá-la.

O volume de produção consistirá de 500.000 peças por ano, com 60 dias disponíveis para desenvolver-se o método e colocá-lo em operação. A primeira etapa poderá ser realizada utilizando-se um dispositivo para segurar a peça, ou a peça poderá ser encaixada em uma cavidade (com garras automáticas) numa mesa giratória, ou as peças poderão ser transportadas automaticamente do depósito para a mesa giratória. Assim, o furo poderá ser feito manualmente ou uma furadeira elétrica poderá ser usada; a peça acabada poderá ser removida manualmente do dispositivo ou poderá ser solta da mesa giratória automaticamente. Se a operação tivesse sido estudada com mais cuidado quando do projeto do televisor, talvez a placa pudesse ter sido eliminada ou o furo ter sido estampado. Poderia também ter sido considerado o uso de uma arruela em vez da placa ou a combinação da placa com outra peça. Se um parafuso fosse colocado no furo da placa para prendê-la em outra parte do aparelho, poder-se-ia pensar em soldar por pontos para prender as peças ou, então, substituir a placa por uma peça de plástico ou aço fundido.

Algumas técnicas foram desenvolvidas para ajudar os gerentes a analisar problemas de forma sistemática, estudando suas causas, consequências e prioridades. Duas dessas técnicas serão examinadas a seguir: o Princípio de Pareto e o Diagrama de Ishikawa.

Princípio de Pareto

O Princípio de Pareto, também conhecido como Princípio 80-20, foi desenvolvido pelo economista italiano Vilfredo Pareto, no final do século XIX, ao estudar a distribuição da renda entre pessoas, observou que 80% da riqueza do país estavam concentrados em 20% das pessoas.

Ao longo dos anos, o Princípio de Pareto passou a ser utilizado em outras áreas, segundo Maximiano (2009), como uma técnica que permite selecionar prioridades quando se enfrenta grande número de problemas ou quando é preciso localizar as mais importantes de um grande

número de causas; ou seja, permite separar os poucos problemas vitais dos muitos problemas triviais.

O Princípio de Pareto, para os autores Peinado e Graeml (2007), deve ser representado em um gráfico de barras, que permite visualizar o impacto de cada um dos eventos que estão sendo estudados. Os eventos com maior participação nos problemas devem ser priorizados na resolução. No entanto, quando existem inúmeras causas para um problema, normalmente, uma ou duas destas causas provocam maior impacto no problema.

Desta forma, ao contrário de buscar a eliminação de todas as causas, deve-se inicialmente procurar eliminar apenas a causa principal. Como resultado, a maior parte do problema é ligeiramente resolvida.



Visite o *site*

<http://agente.epse.com.br/banasqualidade/qualidade48481315484848.pdf>
e conheça detalhadamente a construção de um Diagrama de Pareto desenvolvido por Fernando Banas.

Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa é também chamado de Diagrama de Causa e Efeito ou, simplesmente, Diagrama Espinha de Peixe. É uma representação gráfica que tem por objetivo organizar a informação e promover uma reflexão sobre as causas de um problema.

O diagrama tem o formato de uma espinha de peixe, e sua estrutura consiste em colocar o problema do lado direito do gráfico (representando a cabeça do peixe) e suas causas do lado esquerdo (espinhas do peixe). Os problemas, de maneira geral, têm seis tipos de causas, das quais originou-se a nomenclatura 6M:

- método;
- mão de obra;

- material;
- máquina;
- meio ambiente;
- medições.

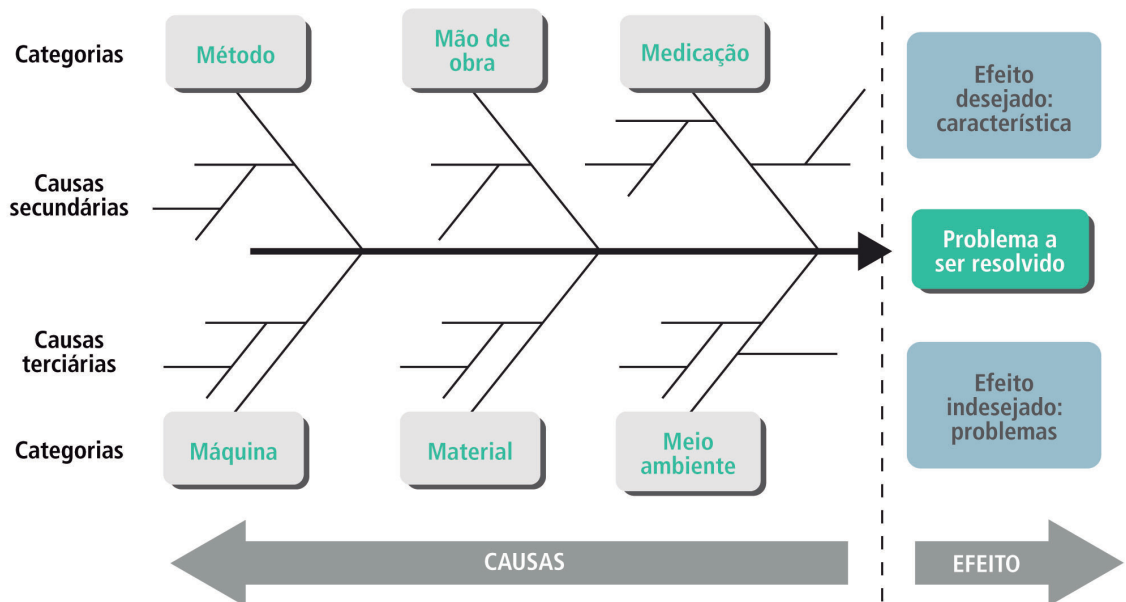


Figura 3.2: Diagrama de Ishikawa: Cada uma das causas identificadas é classificada de acordo com as categorias representadas pelas linhas inclinadas no gráfico. Dessa forma, constata-se que o principal objetivo do Diagrama de Ishikawa é identificar as causas de um problema.

Fonte: Adaptação de Menezes (2013).



Para você estudar com mais detalhes o Diagrama de Ishikawa, acesse o material desenvolvido por Fernando Banas no *link* <http://agente.epse.com.br/banasqualidade/qualidade48481215484848.pdf>.

Pesquisa de Possíveis Soluções

Uma vez definido e analisado o problema, a etapa seguinte consiste em gerar possíveis soluções. Em algumas situações, as alternativas

surgem juntamente com o problema. Em outras situações, não existem soluções prévias e é necessário ter ideias.

No início do processo de problema-solução, para Barnes (1977), é importante fazer a seguinte pergunta: “qual foi a causa básica que criou esse problema?”. Pois, se a causa básica pode ser eliminada, o problema não mais existirá. O exemplo da substituição da cobertura sobre tanques abertos contendo soda cáustica líquida ajuda a entender a importância da definição da causa básica.



Uma empresa analisava a substituição de uma cobertura sobre uma fileira de tanques abertos contendo soda cáustica líquida. A cobertura atual estava danificada, e a sugestão de substituição foi feita. Uma investigação sobre qual seria a razão básica para ser ter uma cobertura sobre os tanques revelou que a única função da cobertura era abrigar contra a chuva para evitar a diluição da soda. No entanto, um estudo mostrou que a evaporação também afetava a concentração da soda. O estudo também concluiu que mudanças na concentração não eram importantes no processo de fabricação; portanto, a cobertura foi retirada e não mais substituída.

Fonte: Barnes (1977).

Obviamente, a solução ideal de um problema é a eliminação da causa básica. Se não for possível eliminar o problema, é necessário buscar maneiras de solucioná-lo. As técnicas que estimulam a criatividade são fundamentais nessa etapa do processo. Dentre elas, destaca-se o *brainstorming* (tempestade de ideias) como técnica de estímulo a criatividade, bastante usada no processo geral de solução de problemas.

Segundo Maximiano (2009), o *brainstorming* deve ser executado com base em dois princípios: isenção de julgamento e a reação em cadeia. Esses princípios permitem às pessoas expressarem-se livremente, sem medo de críticas. Também fazem as ideias se associarem e gerarem novas ideias num processo em que o objetivo é assegurar grande quantidade de alternativas.

Desta forma, o *brainstorming* pode ser entendido como um processo em que as pessoas interagem verbalmente. Cada pessoa fala, dando sugestões para resolver um problema, sem que essas sugestões sejam criticadas pelos demais participantes. O processo deve ser interrompido quando atingir um número suficiente de ideias ou o fluxo de ideias se esgotar. As diversas sugestões são sintetizadas e agrupadas em categorias.

Barnes (1977) argumenta a necessidade do uso da lógica sistemática na solução de problemas com o exemplo de um tesouro e dois homens numa ilha.



Era uma vez, numa ilha, dois amigos que ficaram sabendo de um tesouro que tinha sido deixado ali no período da guerra. Num caminhão do exército, alguns soldados foram até o fim de uma das diversas estradas e enterraram um fabuloso tesouro. Assim que souberam, os amigos ficaram interessados em encontrar esse tesouro. No entanto, eles tomaram a decisão individualmente, resultando numa situação de bastante competitividade. O primeiro percorreu a ilha toda, cavando com uma pá e procurando em todos os lugares possíveis. Ele procurou o tesouro embaixo das pedras, cavou junto aos troncos das árvores e até nos gramados. Apesar de cavar muito, não obteve êxito na procura.

Já o segundo homem optou por sentar e pensar. Decidiu que primeiro deveria conhecer todas as estradas da ilha e elaborar um mapa. Ele não tinha o tesouro, mas, pelo menos, tinha um mapa de todas as possibilidades. Em seguida, ponderou todas as possibilidades com um critério relevante, eliminando todas as estradas que tinham gargantas com rochas que se projetavam sobre o caminho, não permitindo a passagem do caminhão. O próximo passo foi verificar todas as possibilidades restantes, eliminando todas as estradas que terminavam em extensas áreas de granito na qual os homens não poderiam ter cavado. O resultado foi que ele ficou com apenas duas estradas possíveis. Tendo primeiro levantado todas as possibilidades, eliminou as que não preenchiam os requisitos básicos. Cavou no fim da primeira estrada e não achou o tesouro, mas, no fim da segunda, não teve dificuldade

em achá-lo; enquanto isso, seu amigo, continuava seguindo de um lugar para outro, tentando encontrar a solução do problema.

Fonte: Barnes (1977).

Avaliação das Alternativas

As diversas alternativas devem ser avaliadas, julgadas e comparadas, para que uma escolha possa ser feita. Realmente, depois de se acumular um grande número de alternativas para solução de um problema, algumas delas poderão ser eliminadas rapidamente, e as demais deverão ser avaliadas com mais cuidado. Um exame cauteloso deve ser feito para se verificar até que ponto cada solução atende ao critério e às especificações definidas.

Barnes (1977) enfatiza que não existe uma resposta única para um projeto de métodos, mas geralmente existem diversas soluções possíveis. Normalmente, existem fatores de julgamento que devem ser considerados, além da avaliação quantitativa, para seleção do método adequado. Ainda que cada uma das várias possibilidades de solução possa satisfazer aos padrões, outras soluções poderão ser preferidas, se algumas restrições ou especificações forem mudadas. Desta forma, é desejável selecionar três soluções:

1. a solução ideal;
2. aquela que é escolhida para uso imediato;
3. possivelmente, outra que poderá ser usada no futuro ou sob condições diferentes.

A terceira solução poderia ser aplicada, por exemplo, se a produção anual sofresse um aumento substancial, ou a qualidade da matéria-prima fosse mais uniforme, ou se houvesse maior disponibilidade de trabalhadores mais bem treinados.

A avaliação da melhor solução requer considerar de forma cuidadosa as dificuldades futuras, que poderão ser encontradas, tais como o tempo e o custo para se manter e reparar o equipamento, o ajuste de uma grande variedade de tamanhos ou misturas de produtos, os efeitos

do uso e desgaste do equipamento na qualidade do produto e paradas forçadas do equipamento, por exemplo.

Torna-se essencial considerar o poder de decisão na seleção da melhor solução. Em algumas situações, o método selecionado depende da aprovação de uma chefia ou, ainda, de algum departamento que tenha poder de veto sobre a solução pretendida. Desta forma, a solução recomendada pode ser aquela que é aceita e posta em prática com maior facilidade do que a solução ideal.

Em alguns tipos de problema, a avaliação será em torno do capital total a ser investido em cada um dos métodos propostos. Neste tipo de análise, é importante conhecer o custo inicial, o custo operacional anual, o tempo de vida do equipamento e o valor de reposição. Em alguns tipos de problema, também, a preocupação é principalmente encontrar um método que tenha o custo de mão de obra mais baixo. Nestes casos, uma análise comparativa poderá ser feita, usando **tempos predeterminados** para se estabelecer o ciclo total de tempo de cada um dos diversos métodos. Se houver dúvidas quanto à atuação de um método particular, será necessário construir uma estação de trabalho na fábrica ou no laboratório para testar o método.

Tempos predeterminados

Normas de tempos construídas e sintetizadas em fichários e catálogos a partir de tempos elementares obtidos previamente por estudo de tempos diretos.
Fonte: Fullmann (2009)

Recomendação para Ação

Em alguns casos, a equipe envolvida no processo de resolução do problema não é a que fará uso da solução encontrada ou mesmo dará a aprovação final para sua implementação. Dessa forma, após a melhor solução ter sido selecionada, ela deverá ser comunicada a outras pessoas. A forma mais comum de comunicação é o relatório escrito ou uma apresentação verbal, tornando-se a última etapa no processo de problema-solução.

A escolha do formato adequado de comunicação deve ser realizada com base numa análise do contexto. No entanto, tanto o relatório escrito quanto a apresentação oral devem ser cuidadosamente preparados, usando uma linguagem direta e de fácil entendimento. Pode-se incluir a utilização de gráficos, diagramas ou fotografias. Um sumário escrito deverá fazer parte de todo o relatório.

Numa situação industrial, Barnes (1977) ressalta que pode ser necessário acompanhar o ciclo completo para confirmar que a solução proposta foi efetivamente executada. Depois disso, um controle

periódico deverá ser realizado para se determinarem quais as dificuldades encontradas e uma avaliação dos resultados finais. Torna-se necessário identificar se o método atual está gerando os resultados esperados quando proposto. Ainda, uma reavaliação ou um novo estudo do método poderá ser feito com o propósito de se acharem novas possibilidades de melhorias e, assim, o ciclo de solução de problemas seria repetido. É importante enfatizar que, na maioria dos estabelecimentos e operações industriais, não existe uma solução final para um problema. Uma solução pode ser aceita e usada até que uma solução melhor seja encontrada.

==== **Atividade 2** ====

Atende ao Objetivo 2

1. Cite as cinco etapas do processo geral de solução de problemas e explique as características de cada uma.

Resposta comentada

As cinco etapas são: (1) definição do problema; (2) análise do problema; (3) pesquisa de possíveis soluções; (4) avaliação das alternativas; (5) recomendação para ação. Na primeira etapa, ocorre a definição clara do problema e a decisão se é o momento oportuno para buscar a solução; devem-se levantar informações referentes à importância do problema. Na análise do problema, ocorre um levantamento de dados com objetivo de analisar o problema. Devem-se estabelecer também os critérios para avaliar as soluções alternativas. A pesquisa de possíveis soluções consiste em gerar ideias para possíveis soluções. Na etapa da avaliação das alternativas, as diversas alternativas devem ser avaliadas, julgadas e comparadas, para que uma escolha possa ser feita. A recomendação

para ação contempla a comunicação da solução selecionada para as pessoas que farão a implementação.



Atividade Final

Atende ao Objetivo 3

Correlacione as ferramentas/recursos que podem ser utilizadas em cada umas das etapas do processo geral de solução de problemas.

- (1) Definição do problema
- (2) Análise do problema
- (3) Pesquisa de possíveis soluções
- (4) Avaliação das alternativas
- (5) Recomendação para ação
- () Princípio de Pareto
- () Relatório escrito e apresentação oral
- () Análise dos gargalos e perdas de produção
- () *Brainstorming*
- () Avaliação do capital total investido
- () Diagrama de Ishikawa

Resposta comentada

- (2) Princípio de Pareto
- (5) Relatório escrito e apresentação oral
- (1) Análise dos gargalos e perdas de produção
- (3) *Brainstorming*
- (4) Avaliação do capital total investido
- (2) Diagrama de Ishikawa



Conclusão

De forma geral, é possível concluir que o processo geral de solução de problemas é um procedimento adequado para o desenvolvimento ou melhoria de um projeto de método. A divisão em etapas consecutivas, formando um modo lógico e coerente de procurar a solução de problemas, facilita a execução e ajuda a reduzir os erros.

O processo geral de solução de problemas permite a utilização de técnicas apropriadas nas etapas de formulação e análise dos problemas, bem como na geração, seleção e implantação de soluções.

Resumo

No desenvolvimento do projeto de métodos, emprega-se um modo lógico e sistemático de procurar a solução de qualquer problema, denominado de processo geral de solução de problemas.

O processo geral de solução de problemas pode ser descrito em cinco etapas consecutivas: (1) definição do problema; (2) análise do problema; (3) pesquisa de possíveis soluções; (4) avaliação das alternativas e (5) recomendação para ação.

A primeira etapa do processo contempla a definição clara do problema; em seguida, deve-se avaliar se é o momento oportuno para buscar a solução. Se for decidido continuar com a formulação do problema, é necessário levantar as informações referentes à importância do problema por meio de dados históricos, gráficos e relatórios, bem como fazer uma previsão de tempo disponível para resolução. Uma análise dos gargalos e perdas de produção representam importantes recursos na definição do problema.

Na segunda etapa, ocorre um levantamento de dados com o objetivo de analisar o problema. Deve-se também estabelecer os critérios para avaliar as soluções alternativas, tais como menor custo de mão de obra, menor custo total ou o menor investimento; menor área de serviço, ou aquele que permita à fábrica entrar em produção total no menor período de tempo. O Princípio de Pareto e o Diagrama de Ishikawa são técnicas que permitem analisar os problemas de forma sistemática, estudando suas causas, consequências e prioridades.

A terceira etapa do processo consiste em gerar possíveis soluções. Nessa etapa, o *brainstorming* (tempestade de ideias) pode ser utilizado como uma

técnica que estimula a criatividade; a condução deve ser isenta de julgamento e reação em cadeia, gerando uma grande quantidade de alternativas.

Na quarta etapa, as diversas alternativas devem ser avaliadas, julgadas e comparadas, para que uma escolha possa ser feita. Um exame cauteloso deve ser feito para se verificar até que ponto cada solução atende ao critério e às especificações definidas. É recomendável selecionar três soluções: a solução ideal, aquela que é escolhida para uso imediato e uma que poderá ser usada no futuro ou sob condições diferentes. Em alguns tipos de problema, a avaliação será em torno do capital total investido em cada um dos métodos propostos.

A última etapa do processo geral de solução de problemas contempla a comunicação da solução selecionada para as pessoas que farão a implementação. A comunicação pode ser realizada através de relatório escrito ou apresentação verbal, usando uma linguagem direta e de fácil entendimento. Podem-se utilizar gráficos, diagramas ou fotografias.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, vamos estudar o projeto do método de trabalho e o desenvolvimento do método melhorado.

Até lá!

Referências

BARNES, R. M. *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. Tradução da 6ª Edição Americana. São Paulo: Editora Blucher, 1977.

FULLMANN, C. *O trabalho: mais resultado com menos esforço, custo: passos para a produtividade*. São Paulo: Educator, 2009.

LIKER, J. K.; MEIER, D. *O Modelo Toyota – Manual de Aplicação*. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MAXIMIANO, A. C. A. *Introdução à Administração*. Edição Compacta. 1. edição, 4. Reimpressão, São Paulo, Atlas, 2009.

MENEZES, F. M. *MASP – Metodologia de Análise e Solução de Problemas. Projeto de Adensamento e Complementação Automotiva no Âmbito do Mercosul*. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Porto Alegre, 2013.

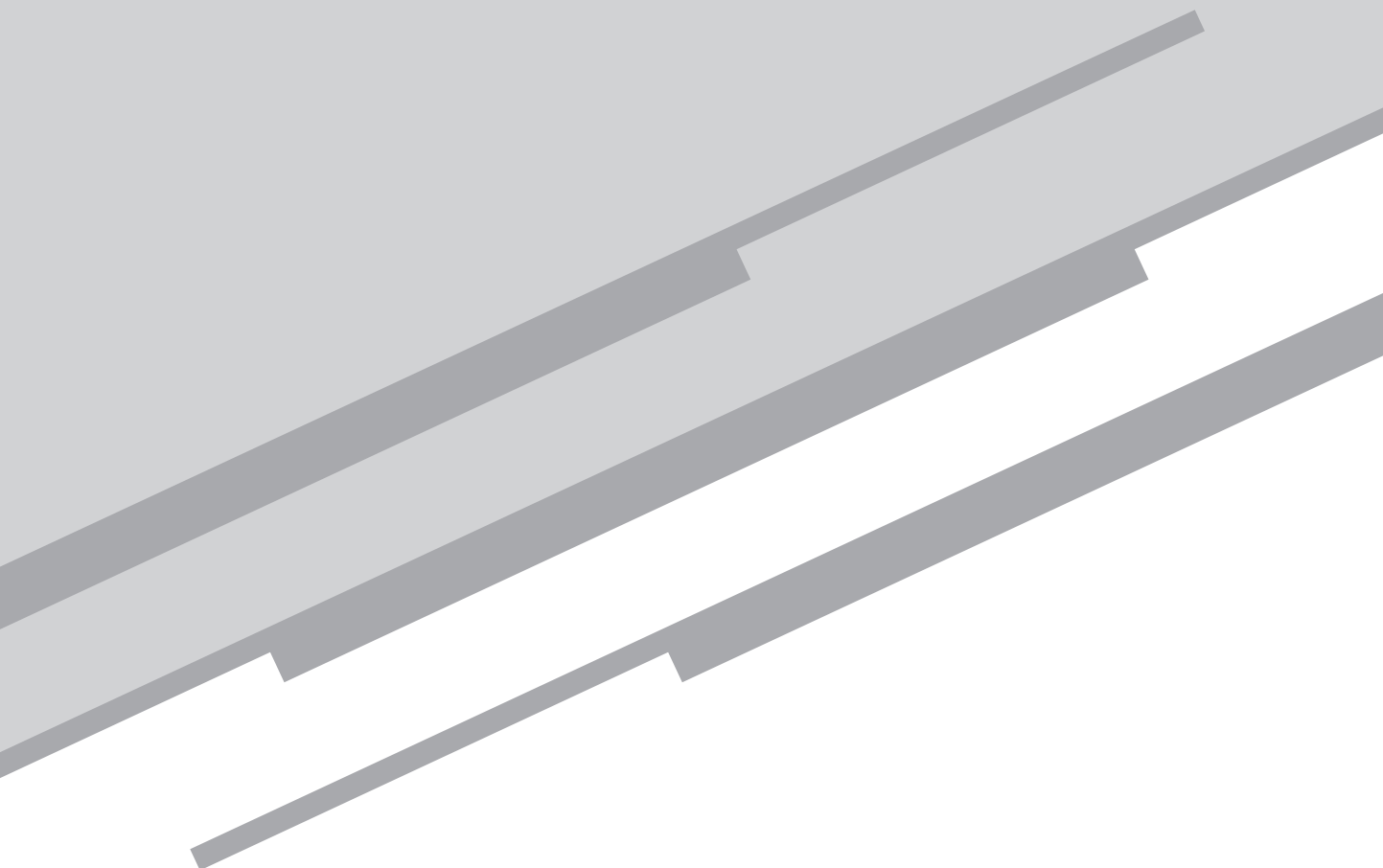
PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.

Leituras recomendadas

ANTUNES, J.; ALVAREZ, R. BORTOLLO, P.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

Aula 4

Projeto do método de trabalho e o desenvolvimento do método melhorado



Metas

Apresentar o conceito de método de trabalho e expor as fases de um projeto do método de trabalho, bem como os enfoques necessários no desenvolvimento do método melhorado.

Objetivos

Esperamos que, ao final dessa aula, você seja capaz de:

1. conceituar método de trabalho;
2. identificar a diferença entre *processo* e *operação*;
3. caracterizar as fases de um projeto de método de trabalho;
4. analisar os enfoques necessários no desenvolvimento do método melhorado.

Pré-requisitos

Essa aula contemplará o projeto do método de trabalho referente ao primeiro objetivo da Engenharia de Métodos. Se você tiver alguma dúvida, leia o conteúdo referente a esse ponto apresentado na Aula 2.

Introdução

A produção artesanal era caracterizada pela atuação dos artesãos com suas habilidades e utilização de instrumentos simples para transformar a matéria-prima em produtos acabados. A Revolução Industrial, permitiu a transferência de algumas habilidades do homem para as máquinas.

Ao longo do tempo, os modelos *Taylorista*, *Fordista* e o *Toyotismo* contribuíram para o desenvolvimento dos sistemas de produção, buscando aumentar a produtividade das organizações. No entanto, o processo de produção consiste em fabricar um produto através da utilização de homens, máquinas e materiais.

Antes de realizar o lançamento de um novo produto, uma empresa precisa considerar o processo de produção necessário para fabricar tal produto. Um conjunto de etapas deve ser seguido, tais como: o desenvolvimento do projeto do produto, a especificação da matéria-prima necessária para sua fabricação e a definição do método de trabalho, das ferramentas e máquinas.

Conforme você viu na Aula 3, o processo sistemático de solução de problemas é o procedimento utilizado no desenvolvimento do método de trabalho.

A partir dessa introdução podemos iniciar nossa aula, que se propõe a apresentar o conceito de método de trabalho e a diferença entre *processo* e *operação*, bem como as fases, na produção, de lançamento de um novo produto. Essa aula permitirá também que você conheça os quatro enfoques desenvolvidos por Barnes (1977) e necessários no desenvolvimento do método melhorado.

Projetos de métodos de trabalho: conceito geral

Conforme você viu na Aula 2, em qualquer organização, seja de pequeno ou de grande porte, seja uma indústria ou uma prestadora de serviço, a sua essência é a criação de produtos e serviços através de um processo de produção que utiliza homens, máquinas e materiais. O projeto de métodos envolve o planejamento do processo de produção global e a sequência de operações individuais que forma este processo.

Para o professor da disciplina *Projeto do Trabalho: métodos, tempos, modelos, posto de trabalho*, do Departamento de Engenharia de Produção da USFCar, João Alberto Camarotto (2007), as condições de contorno do projeto de métodos de trabalho se referem ao conteúdo do trabalho e ao ambiente do trabalho.

Ainda segundo Camarotto (2007), o conteúdo do trabalho engloba os seguintes fatores:

- volume de tarefas distribuídas a cada operador;
- atribuição das tarefas entre vários operadores de um local de trabalho;
- relação entre as tarefas alocadas;
- definição das competências necessárias para execução das tarefas;
- divisão do trabalho entre homens e máquinas, definindo as atribuições de cada elemento ou conjunto.

Já o ambiente de trabalho envolve a situação de trabalho, sendo constituído pelos seguintes aspectos e seus domínios:

- físico: instalações, equipamentos, clima, região, ventilação, iluminação, ventos, produtos etc.;
- psicológico: tensões, motivação, interesses etc.;
- sociológico: grupos, classes, comunicação, conflitos, liderança etc.;
- econômico: tecnologia, manutenção, remuneração etc.;
- político: representações, leis, repressão, responsabilidades etc.

Diferenciação entre processo e operação

Conceitualmente, segundo Fullmann (2009), entende-se que um processo é o conjunto interligado de atividades destinadas a produzir um bem, ou um serviço intermediário ou final, caracterizadas por terem entradas mensuráveis (insumos), atividades que agregam valor no tempo, e saídas.

Para Shigeo Shingo (1996), um dos criadores do Sistema Toyota, um processo refere-se ao percurso de materiais ou produtos, em diferentes estágios de produção, nos quais se pode observar a transformação gradativa das matérias-primas em produtos acabados. Ou seja, é o fluxo de materiais que se modifica de acordo com o curso concomitante do tempo e do espaço. No entanto, podemos entender a operação como a

relação do fluxo de equipamentos e operadores no tempo e no espaço. Isto é, o trabalho necessário para a transformação das matérias-primas em produtos acabados.



O Sistema Toyota de Produção que também é chamado de *Produção Enxuta*, surgiu no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, desenvolvido pela Toyota Motor Company. O objetivo deste sistema é responder com rapidez às constantes mudanças da demanda do mercado, através do aumento da produtividade e da eficiência; evitando o desperdício, a superprodução e o tempo de espera, dentre outros.

Dessa forma, para estudar com mais detalhes sobre o Sistema Toyota de Produção, leia o artigo intitulado: *Sistema Toyota de Produção: Mais do Que Simplesmente Just-in-Time*, de autoria de Paulo Ghinato e disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v5n2/v5n2a04>.

Nesse contexto, se você estiver analisando um processo, deve observar a movimentação do material ou do produto; quando a análise for de operações, observamos o trabalho executado sobre os produtos pelo trabalhador e pela máquina.

Quando o nosso objetivo é propor melhorias relevantes no processo de produção, precisamos diferenciar o deslocamento de produto (processo) da sequência de trabalho (operação) e analisá-los individualmente. Ainda que o processo seja realizado a partir de um conjunto de operações, não é adequado analisar de uma mesma perspectiva, pois reforça a hipótese equivocada de que a melhoria das operações individuais aumentará a eficiência global do fluxo de processo do qual elas são uma parte. Em suma, as melhorias realizadas na operação, sem considerar seu impacto no processo, podem reduzir a eficiência global.

Assim, por exemplo, um trabalhador está operando uma prensa hidráulica de 60 toneladas e conformando peças metálicas do modelo TX 12.4433, a partir de pequenas chapas de aço. A análise da operação envolve os seguintes questionamentos:

- O que o trabalhador fará depois?
- O que será produzido na máquina?
- Quem realizará o próximo *setup* da máquina?
- O trabalhador ausentou-se do posto de trabalho? Por quê?
Já a análise do processo aborda os seguintes conteúdos:
- Para onde irão as peças processadas?
- Serão transportadas?
- Quanto tempo ficarão esperando?
- Onde ocorre estagnação?



Para estudar com mais detalhes sobre a diferenciação conceitual entre as funções *processo* e *operação*, leia o livro *Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta*, de Junico Antunes e colaboradores, da Editora Bookman.

Atividade 1

Atende aos objetivos 1 e 2

1. Defina projeto de métodos.

2. Em relação aos processos e as operações, pode-se afirmar que estão corretas as afirmativas, EXCETO:
- a) a análise de operações examina o fluxo de operadores e equipamentos;
 - b) a análise do processo examina o fluxo de um material ou produtos;
 - c) um processo pode ser definido pelo percurso realizado por um material desde que entra na empresa até o momento da sua saída, com um grau determinado de transformação;
 - d) uma operação é o trabalho desenvolvido sobre o material por homens e máquinas em um determinado tempo;
 - e) a melhoria de operações individuais significa o aumento da eficiência global do fluxo de processo do qual ela faz parte.

Resposta comentada

1. De maneira geral, um projeto de métodos pode ser definido como o planejamento do processo produtivo geral e o conjunto de operações que contempla este processo. Assim, podemos entender que o projeto de métodos considera todo o conteúdo do trabalho e as condições do ambiente do trabalho. O conteúdo do trabalho refere-se à quantidade e distribuição das tarefas entre os operadores, definição da competências necessárias e a divisão do trabalho entre homens e máquinas. As condições do ambiente consideram os aspectos: físico, psicológico, sociológico, econômico e político.

2. A alternativa correta é a letra E. Para propor melhorias no processo de produção, é necessário diferenciar o processo da operação e analisá-los individualmente, pois embora o processo seja realizado a partir de um conjunto de operações, não é adequado analisá-los de uma mesma perspectiva, pois isso reforça a tese equivocada de que a melhoria das operações individuais aumentará a eficiência global do fluxo de processo do qual elas são uma parte. Resumindo, as melhorias realizadas na operação, sem considerar seu impacto no processo podem reduzir a eficiência global.

Fases

Na produção, o processo de lançamento de um novo produto, consiste em três fases: planejamento, pré-produção e produção, conforme apresentadas a seguir.

Planejamento

O planejamento é a primeira fase do processo de produção ou fabricação e contempla as seguintes funções básicas:

- o projeto do produto é a elaboração de desenhos mostrando o tamanho, forma, peso, material, cuidado de manuseio e uso definitivo;
- o projeto do processo é a definição do sistema de produção: as operações requeridas e sua sequência, dimensões e tolerâncias, máquinas, ferramentas, calibradores e equipamentos necessários;
- o projeto de método de trabalho é o estabelecimento da relação homem-tarefa, indicando como o operador executará a operação, o lugar de trabalho, fluxo e avaliação econômica;
- o projeto de ferramentas e equipamentos é a determinação de gabaritos, dispositivos, modelos, calibradores, ferramentas e máquinas que executarão as operações;
- o arranjo físico da fábrica é a definição do espaço total necessário para a localização do equipamento, suprimento de estoques, centros de serviços, espaço de trabalho, equipamento de manuseio e a relação homem-máquina;
- a determinação do tempo-padrão para a operação é a medida do tempo necessário para a realização da tarefa.

Dessa forma, observa-se que o planejamento consiste num processo de tomada de decisão no qual os objetivos e metas são determinados e é feita uma escolha, a partir das alternativas levantadas.



Planejamento de uma pequena linha de aparelhos elétricos

Uma equipe formada por um engenheiro de projetos, um engenheiro de produção e assessores de produção iniciou o projeto, analisando os métodos de produção utilizados na fabricação de aparelhos semelhantes, disponíveis no mercado. O resultado foi o desenvolvimento de um produto original composto com o mínimo de componentes e operações, e fazendo o melhor uso da matéria-prima. Com base nos movimentos e tempos, foram determinadas as horas de mão-de-obra direta necessárias para a fabricação deste produto, permitindo ao grupo comparar projetos alternativos e selecionar aquele que poderia ser produzido pelo menor custo. Após a seleção do projeto, foram realizados os testes e detalhados os métodos de produção, montagem e inspeção. A equipe selecionou os equipamentos e demais recursos produtivos necessários. Também foi definido o arranjo físico da fábrica, através de um modelo tridimensional que mostrava a localização das máquinas, dos equipamentos, as áreas para a movimentação de materiais, estoques e serviços auxiliares. Finalizou-se com o levantamento do custo da mão-de-obra direta de material e foi estimado o custo da mão-de-obra indireta.

Fonte: BARNES (1977).

Pré-produção

A pré-produção é uma fase de transição, na qual a informação do planejamento é transferida para a organização da produção. Essa etapa consiste na compra, instalação e teste de ferramentas, máquinas e equipamentos. Ocorrem a seleção e treinamento dos operadores para tarefas específicas e a distribuição da rotina para o controle da mão-de-obra. Torna-se necessário confrontar o método planejado de mão-de-obra com o método em uso: os tempos reais são tomados e comparados com a estimativa original. Nessa fase, ocorre o teste das operações individuais que compõem o processo geral de fabricação.

Produção

A produção consiste na execução da operação de fabricação estabelecida na fase do planejamento e da pré-produção, envolvendo o uso de homens, máquinas e matérias para fabricação mais eficiente da peça ou produto. Nessa fase, existe a necessidade contínua de:

- evitar que os métodos não se deteriorem ou se desviem negativamente daqueles planejados;
- analisar constantemente os métodos em uso, para melhorias, e quando um novo método for encontrado, colocá-lo em prática.

Atividade 2

Atende ao objetivo 3

1. Associe as fases do processo de lançamento de um novo produto, na produção, e suas respectivas funções:

(1) Planejamento

(2) Pré-produção

(3) Produção

() É a fase de transição, responsável pela transferência de todas informações do planejamento para a organização da produção.

() Contempla seis funções básicas: projeto do produto; projeto do processo; projeto de método de trabalho; projeto de ferramentas e equipamentos; arranjo físico e a determinação do tempo-padrão.

() É a sequência da operação de fabricação envolvendo o uso de homens e máquinas, para fabricação mais eficiente da peça ou produto.

() É o processo de tomada de decisão no qual os objetivos e metas são determinados.

Resposta comentada

(2) É a fase de transição, responsável pela transferência de todas informações do planejamento para a organização da produção.

(1) Contempla seis funções básicas: projeto do produto; projeto do

processo; projeto de método de trabalho; projeto de ferramentas e equipamentos; arranjo físico e a determinação do tempo-padrão.

(3) É a sequência da operação de fabricação envolvendo o uso de homens e máquinas, para fabricação mais eficiente da peça ou produto.

(1) É o processo de tomada de decisão no qual os objetivos e metas são determinados.

Projeto de métodos de trabalho – desenvolvimento do método melhorado

No desenvolvimento de possíveis soluções, a partir das quais será selecionado o método preferido, para Barnes (1977), devem ser considerados quatro enfoques, listados a seguir:

- eliminar todo trabalho desnecessário;
- combinar operação ou elementos;
- modificar a sequência das operações;
- simplificar as operações.

A seguir serão detalhados os quatro enfoques que devem ser considerados no desenvolvimento de possíveis soluções.

Eliminar todo trabalho desnecessário

Um conjunto significativo das tarefas executadas nas empresas normalmente não é realmente necessário. Em várias situações, não é necessário propor melhorias no trabalho ou processo, mas deve-se buscar a eliminação total do que não seja imprescindível.

A empresa Procter & Gamble (P&G), segundo Barnes (1977), observou a importância da lucratividade gerada com a eliminação de trabalhos e custos, criando, assim, um procedimento que define todas as etapas do processo de eliminação. Apesar de a P&G investir permanentemente em melhorias nos métodos, a empresa considera a eliminação de custos o resultado desejado.

As etapas de eliminação de custos podem ser resumidas da forma que se segue:

1. definir um custo a ser analisado. Deve-se inicialmente escolher um custo importante, pois resultará em maiores lucros. A eliminação de um custo significativo pode proporcionar também a eliminação de outros custos de menor relevância. Qualquer tipo de custo pode ser eliminado, tais como: custos de mão-de-obra, custos de matéria-prima, custos de escritório e despesas gerais. A análise envolve etapas simples de execução, sem necessitar de cálculos, formulários e, na realidade, nem o conhecimento profundo do assunto. A eliminação pode ocorrer tanto das operações eficientes quanto daquelas que não o são.
2. encontrar a causa básica que justifica a manutenção do custo. A causa básica é o motivo do qual depende a eliminação do custo. Nessa etapa, é relevante fazer o seguinte questionamento “o custo analisado pode ser eliminado se não existe alguma causa básica identificada?”. Nesse momento, não se deve fazer perguntas, tais como “por que esta operação é essencial?” ou “como executar melhor esta operação?”. Perguntas como essas devem ser evitadas, pois tendem a justificar e defender a continuação do custo. A finalidade é localizar a causa básica, para que operações em que não foi identificada a causa básica possam ser rapidamente eliminadas. Contudo, quando esta não é a situação e uma causa básica existe, é necessário passar para a próxima etapa.
3. questionar a importância da causa básica buscando eliminá-la. Se a causa básica foi identificada, pode ser discutida de duas maneiras.
 - 3.1. A causa básica deve ser desprezada. Você deve analisar o que ocorre com a eliminação da operação. Se o resultado é o mesmo, ou ainda resultados melhores sem a operação, então, deve-se considerar a eliminação direta da mesma. Entretanto, desconsiderar a causa básica pode ser ariscado e, nesse contexto, dois aspectos devem ser eliminados:
 - 3.1.1. definir o campo de alcance da causa básica, entendendo o que pode acontecer se ela for eliminada;
 - 3.1.2. determinar a *questão de preço* referente à causa básica. Deve-se analisar se existe um retorno do capital gasto para atingir os resultados desejados. No entanto, se a conclusão foi a de que a causa básica não pode ser ignorada, outra possibilidade de eliminá-la é apresentada a seguir.
 - 3.2. Aplique a técnica do “porquê”. Se a tarefa examinada foi identificada como necessária, deve-se questionar se a tarefa imediatamente anterior pode ser eliminada, buscando que todas as

tarefas sejam eliminadas. Se não existir a possibilidade de eliminação completa, você deve buscar a eliminação parcial da tarefa. Certamente existem algumas alternativas, o indicado é escolher a menos onerosa. Devemos identificar a causa básica de cada elemento corroborante e analisar a possibilidade de eliminação ou modificação.

Em diversas situações, recomenda-se executar a eliminação de custos, que pode ser aplicada em um departamento, ou na própria fábrica. Nessa situação, é importante formar um grupo de trabalho composto de diversos membros qualificados em gestão, que ajudarão na procura das causas básicas dos custos que serão eliminados.



Eliminação da câmara de ar de pneus

A causa básica para se usar uma câmara de ar era manter o pneu cheio através do ar preso. Uma alternativa seria o desenvolvimento de uma roda e de um pneu, de maneira que o pneu pudesse prender o ar, e a câmara de ar pudesse ser eliminada. Essa ideia se concretizou e a câmara de ar foi eliminada.

Fonte: BARNES (1977).

A eliminação de trabalho proporciona diversos benefícios, dentre eles, na visão de Barnes (1977):

- a eliminação de uma tarefa desnecessária não necessita de qualquer ação como interrupção ou atraso devido ao desenvolvimento, teste, ou instalação do método para efetivar sua implementação. Ou seja, a eliminação não requer nenhum dispêndio financeiro.
- a realização de treinamentos para os operadores no novo método não é necessária, e todas as dificuldades geradas pela resistência à mudança na implementação de um novo método são minimizadas quando uma tarefa desnecessária é eliminada.

Em suma, a maneira mais adequada de considerar a simplificação de uma tarefa é buscar um procedimento que permita obter o mesmo, ou um melhor resultado sem o acréscimo de recursos.

Combinar operações ou elementos

A divisão de um processo em diversas operações é uma ação comum. No entanto, em algumas situações, a divisão é excessiva. Em várias situações, a subdivisão de um processo em um número grande de operações acarreta uma excessiva manipulação de materiais, ferramentas e equipamentos. A divisão excessiva pode gerar dificuldades para balancear as várias operações, provocando acumulação de trabalho entre as operações, ou causar esperas, quando os operadores não possuem experiência, ou quando faltam trabalhadores.

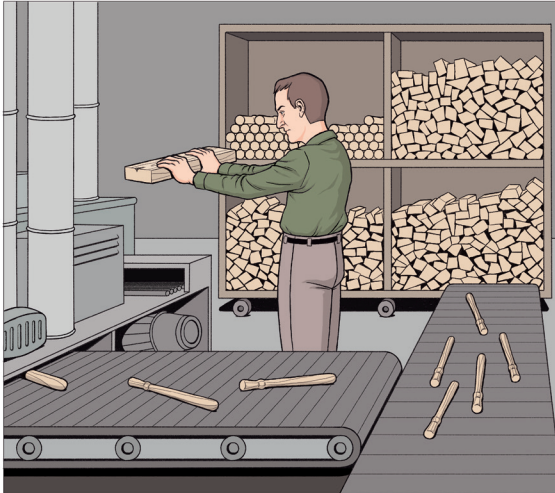
No entanto, em algumas situações, devemos tornar o trabalho mais simples, combinando duas ou mais operações, ou alterando o método, a fim de proporcionar a combinação de operações.



Combinação de operações em uma fábrica de móveis

A instalação de duas pequenas esteiras transportadoras na saída de uma máquina de moldar permitiu substituir o trabalho de um operário, relegando a um único operador a execução do trabalho. O operador alimenta a máquina com sarrafos de madeira e coloca as partes moldadas no carrinho, após o que, são transportadas de volta pela esteira. O carrinho está dividido em quatro partes, das quais apenas três são usadas no transporte da matéria-prima, pois a quarta recebe as partes acabadas. Essa combinação de operações reduziu o número de operadores e de carrinhos necessários e proporcionou economia de espaço.

Fonte: Barnes (1977).



Modificar a sequência de operações

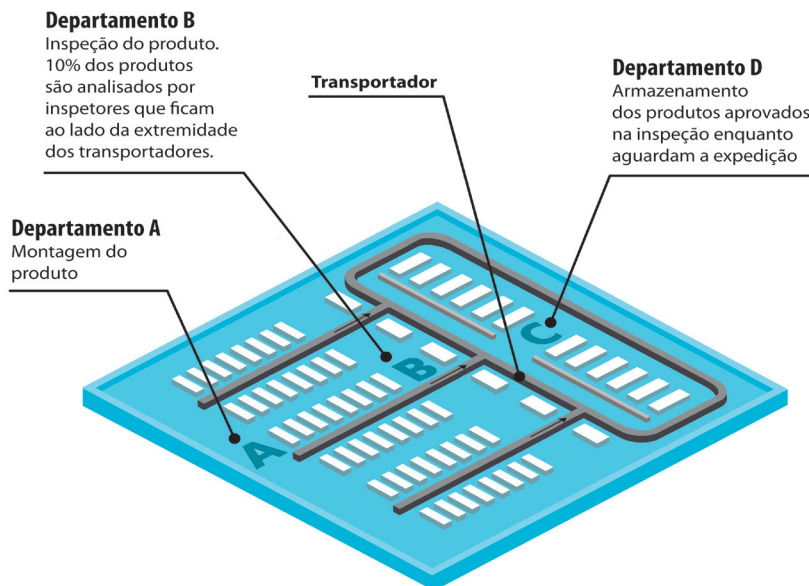
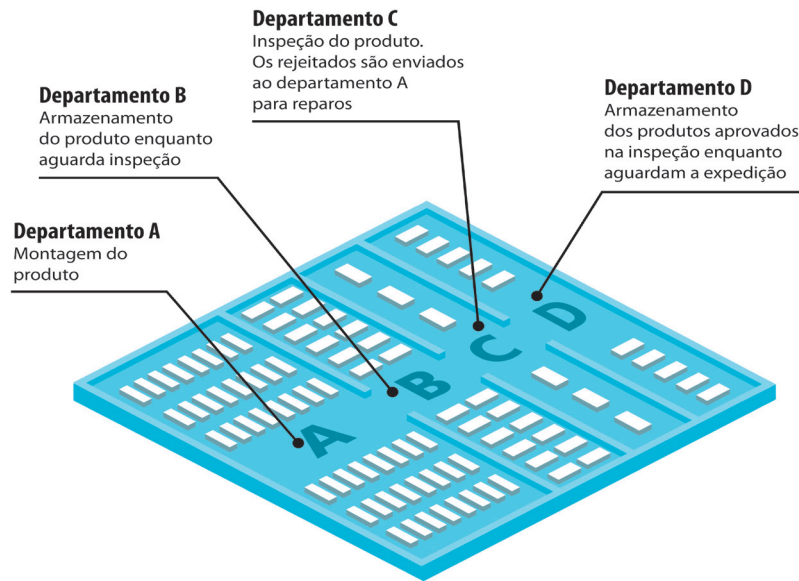
A produção inicial de um novo produto é normalmente realizada em pequenos lotes de fabricação experimentais. Gradualmente, a produção vai sofrendo acréscimos, tornando a produção bastante grande, pois ela permanece com a sequência original de operações empregada desde o início. Dessa forma, observa-se a necessidade de analisar a ordem de execução das diversas operações.



Modificação da sequência de operações em uma fábrica

O departamento *A* fabricava pequenos conjuntos nas máquinas semiautomáticas. Os conjuntos ficavam armazenados no departamento *B*, passavam pela inspeção no departamento *C* e eram organizados para a expedição no departamento *D*. A empresa adotava, normalmente, a inspeção de apenas 10% dos produtos acabados. Quando era constatada uma grande quantidade de produtos com defeito, todo o lote produzido era inspecionado, até a identificação e correção da causa. O departamento *B* normalmente estocava a produção de alguns dias de trabalho e,

quando identificavam defeitos, era necessário realizar a inspeção de todos os produtos existentes e os produtos que apresentassem defeitos eram consertados ou simplesmente refugados.



A correção do problema foi possível através da modificação da sequência de operações, ou seja: a inspeção passou a ser executada logo após a montagem das peças, permitindo a eliminação de estoque de produtos esperando por inspeção. Dessa forma, com a inspeção sendo realizada

após a montagem, os defeitos são identificados rapidamente, viabilizando a correção das causas antes que sejam produzidos novos produtos defeituosos. Essa modificação simples, fácil e de baixíssimo custo proporcionou à empresa uma economia com a redução do custo de inspeção e, além disso, permitiu reduzir drasticamente o número de peças refugadas.

Fonte: BARNES (1977).

Na Aula 5 teremos oportunidade de tratar do gráfico do fluxo do processo e o *mapofluxograma*. Essas técnicas são utilizadas na alteração da sequência de operações, com o objetivo de eliminar retrocessos, reduzir o manuseio e os transportes e tornar eficiente o fluxo contínuo de trabalho através da fábrica.

Simplificar as operações essenciais

Depois da análise do processo produtivo e da implementação de todas as melhorias possíveis, a próxima etapa consiste no estudo de cada operação, com o intuito de simplificá-la ou melhorá-la. Ou seja, inicialmente estuda-se o processo geral, a fim de realizar as modificações de maior proporção. Em seguida, dedica-se a análise dos detalhes do trabalho.

A melhoria dos métodos pode ser tratada a partir da discussão do conteúdo referente ao trabalho, por exemplo: como o trabalho está sendo executado; quais são os materiais, as ferramentas e os equipamentos utilizados; quais são as condições de trabalho e até mesmo qual é o projeto do produto. Consideramos que nada referente ao trabalho está satisfatório. Você deve iniciar perguntando o quê, quem, onde, quando, como e por quê.

- O que está sendo executado? Qual é o escopo da operação? Por que deve ser realizada? O que aconteceria com a sua eliminação? Todos os componentes da operação são essenciais?
- Quem realiza o trabalho? Por que esse trabalhador o está fazendo? Quem poderia executá-lo melhor? A introdução de mudanças permite a um trabalhador menos qualificado e com menor treinamento realizar o trabalho?

- Qual é o local em que está sendo executado o trabalho? Qual é a necessidade de ser feito naquele lugar? Pode ser realizado em outro lugar, de maneira mais econômica?
- Quando é executado o trabalho? Qual é razão para que seja realizado naquele momento? Pode ser melhor executado em outra ocasião?
- Como é realizado o trabalho? Por que deve ser feito desta maneira? Devemos fazer uma análise minuciosa aplicando os princípios de economia dos movimentos.

A análise deve questionar cada elemento ou movimento da mão. Em suma, na análise do processo, o objetivo é eliminar e reestruturar a sequência de operações. De maneira semelhante, na operação individual, busca-se eliminar, combinar ou remodelar a série de movimentos fundamentais, buscando deixar a tarefa mais fácil.

Atividade 2

Atende ao objetivo 3

Cite e explique os quatro enfoques, segundo Barnes (2012), que devem ser considerados no desenvolvimento de possíveis soluções e, a partir daí, selecionar-se o método preferido.

Resposta comentada

1º Enfoque: eliminar todo trabalho desnecessário.

Um conjunto significativo das tarefas executadas nas empresas normalmente não é realmente necessário. Em várias situações, não é necessário propor melhorias no trabalho ou processo, mas deve-se buscar a eliminação total.

Resumidamente, as etapas de eliminação são:

1. definir um custo a ser analisado;
2. encontrar a causa básica que justifica a manutenção do custo;
3. questionar a importância da causa básica, buscando eliminá-la. Se a causa básica foi identificada, pode ser discutida de duas maneiras:
 - (a) a causa básica deve ser desprezada. Deve-se analisar o que ocorre com a eliminação da operação. Se o resultado é igual ou ainda melhor, sem a operação, então deve-se considerar a eliminação direta da mesma.
 - (b) aplique a técnica do “porquê”. Se a tarefa examinada foi identificada como necessária, deve-se questionar se a tarefa imediatamente anterior pode ser eliminada, buscando que todas as tarefas sejam eliminadas. Se não existir a possibilidade de eliminação completa, deve-se buscar a eliminação parcial da tarefa.

2º Enfoque: combinar operação ou elementos.

A divisão de um processo em diversas operações é uma ação comum. No entanto, em algumas situações, a divisão é excessiva. A subdivisão de um processo em um número grande de operações pode acarretar uma desnecessária manipulação de materiais, ferramentas e equipamentos. A divisão excessiva pode gerar dificuldades para balancear as várias operações, provocando acúmulo de trabalho entre as operações e podendo causar esperas, graças ao uso de operadores sem experiência ou à falta de trabalhadores.

No entanto, em algumas situações, devemos tornar o trabalho mais simples, combinando duas ou mais operações, ou alterando o método, a fim de proporcionar a combinação de operações.

3º Enfoque: modificar a sequência das operações.

A produção inicial de um novo produto é normalmente realizada em pequenos lotes de fabricação experimentais. Gradualmente, a produção vai sofrendo acréscimos, tornando a produção bastante grande,

uma vez que permanece com a sequência original de operações. Desta forma, observa-se a necessidade de analisar a ordem de execução das diversas operações.

4º Enfoque: simplificar as operações.

Depois da análise do processo produtivo e da implementação de todas as melhorias possíveis, a próxima etapa consiste no estudo de cada operação, com o intuito de simplificá-la ou melhorá-la. Ou seja, inicialmente estuda-se o processo geral, buscando realizar as modificações de maior proporção, em seguida, dedica-se a análise dos detalhes do trabalho.

A melhoria das operações pode ser tratada a partir da discussão do conteúdo referente ao trabalho, por exemplo: como o trabalho está sendo executado; quais são os materiais, as ferramentas e os equipamentos utilizados; quais são as condições de trabalho e até mesmo o projeto do produto. Consideramos que nada referente ao trabalho está satisfatório.

Conclusão

O desenvolvimento de um projeto de métodos correto é fundamental para as organizações. O lançamento de um novo produto que foi projetado é o momento oportuno para propor os melhores métodos de produção. Nesse sentido, é preciso entender que o método *perfeito* não existe e sempre há possibilidades para melhorar. Portanto, sempre existe oportunidade de implementar melhorias nos métodos de trabalho.

Os enfoques propostos por Barnes (1977), que aborda a eliminação de todo o trabalho desnecessário; a combinação de operação, a modificação da sequência das operações e, por último, a simplificação das operações, devem ser aplicados na busca de possíveis soluções de melhorias dos métodos.

Atividade Final

Atende aos objetivos 1, 2 e 3

1. Em relação aos quatro enfoques que devem ser considerados no desenvolvimento de possíveis soluções para, a partir daí selecionar-se o método preferido, é possível afirmar, exceto:

- (a) Na pesquisa de possíveis soluções, deve-se eliminar todo o trabalho desnecessário.
- (b) Combinar as operações ou elementos é um dos enfoques que devem ser considerados no estudo do novo método.
- (c) Para selecionar o método preferido deve-se considerar o efeito da fadiga no ritmo.
- (d) No desenvolvimento do método preferido deve-se modificar a sequência das operações.
- (e) Após o estudo do processo produtivo e a execução de todas as melhorias, o último enfoque no desenvolvimento de possíveis soluções consiste em simplificar as operações essenciais.

2. Uma fábrica de brinquedos está tentando tornar-se mais competitiva. Para tanto, a direção optou por implementar um projeto de métodos cuja meta principal era encontrar as melhores soluções quanto aos métodos de trabalho. Visto sob esse viés, quais são os principais focos a serem considerados para que a fábrica de brinquedos obtenha um projeto de métodos eficaz?

- (a) A redução dos riscos de acidentes e de fadiga, a avaliação do custo-benefício e a definição da estratégia de mercado.
- (b) O aproveitamento do tempo de trabalho disponível, a avaliação dos custos de produção e a capacitação dos colaboradores.
- (c) O aumento da eficiência, a redução dos gargalos e o aumento do faturamento.
- (d) A eliminação das atividades desnecessárias ou não essenciais, a eliminação do retrabalho e a redução dos desperdícios.
- (e) O aumento da lucratividade, a avaliação da eficiência e do retrabalho.

Resposta comentada

1. A alternativa correta é a letra C. O efeito da fadiga no ritmo não é objeto de estudo dos quatro enfoques desenvolvidos por Barnes para o desenvolvimento de possíveis soluções e seleção do método preferido. A fadiga e o ritmo são considerados no estudo de tempos.
2. A alternativa correta é a letra D.

Resumo

O projeto de métodos envolve o planejamento do processo de produção global e a sequência de operações individuais que forma este processo. O processo é responsável pela transformação da matéria-prima em produto acabado. As operações são os equipamentos e operadores necessários para executar essas transformações. O projeto de métodos de trabalho deve abordar fatores referentes ao conteúdo do trabalho e ao ambiente do trabalho.

O planejamento, pré-produção e a produção são as três fases consideradas na produção, para o lançamento de novo produto.

Os quatro enfoques que devem ser considerados no desenvolvimento de possíveis soluções, propostos por Barnes (1977), são: (1) eliminar todo o trabalho desnecessário; (2) combinar operações ou elementos; (3) modificar a sequência das operações e (4) simplificar as operações.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, daremos início ao estudo das técnicas de análise do processo produtivo e da utilização de equipamentos. Nosso primeiro passo será estudar o *gráfico do fluxo do processo* e o *mapofluxograma*. Em seguida, estudaremos o *gráfico de atividades* e o *gráfico homem-máquina*.

Referências

BARNES, R. M. *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. Tradução da 6ª Edição Americana. São Paulo: Blucher, 1977.

FULLMANN, C. *O trabalho: mais resultado com menos esforço; custo: passos para a produtividade*. São Paulo: Educator, 2009.

SHINGO, S. *O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*. Tradução Eduardo Schaan. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

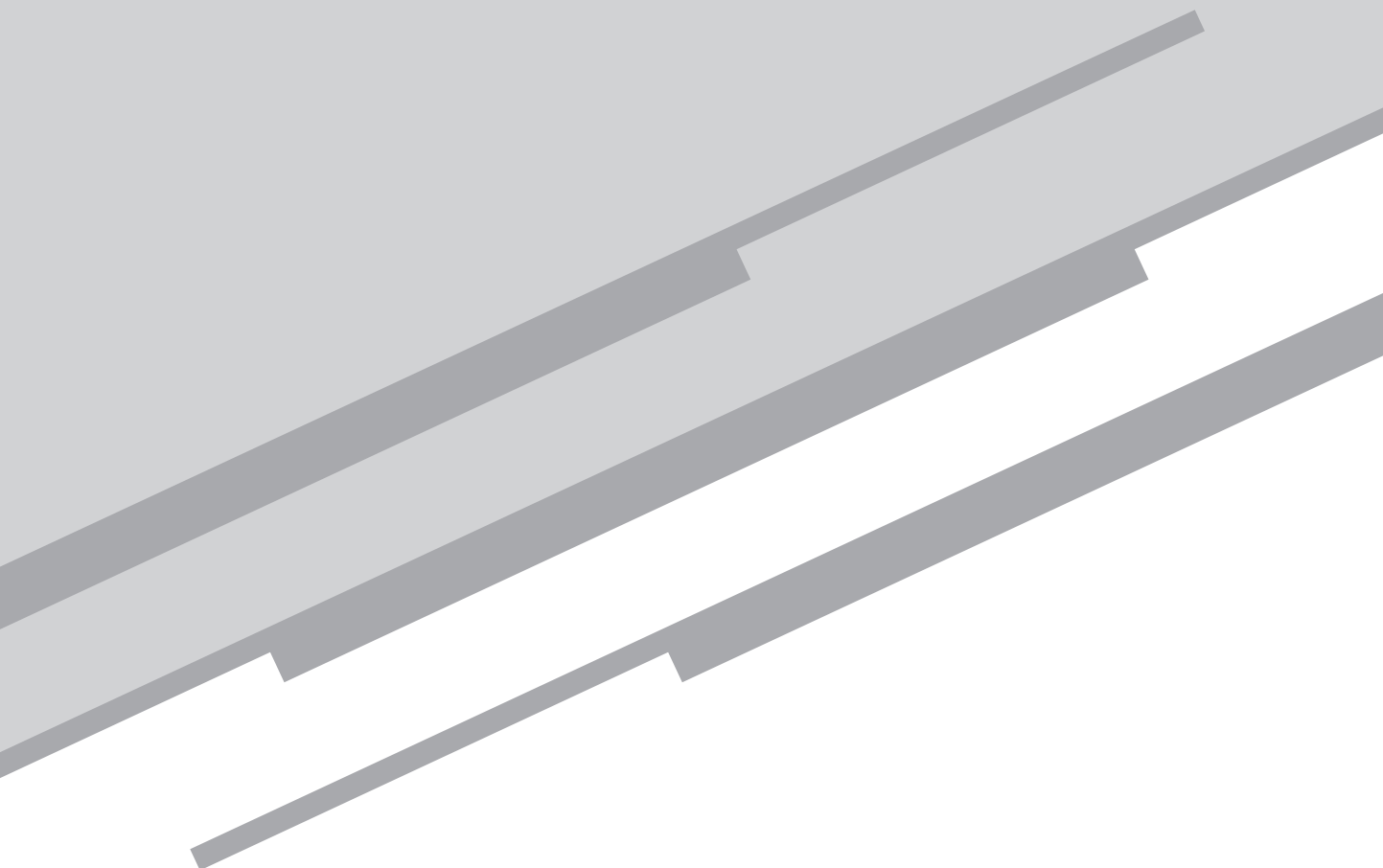
Leituras recomendadas

ANTUNES, J. et al. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto de gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

Aula 5

Análise do processo produtivo



Metas

Apresentar o gráfico do fluxo do processo, o mapofluxograma; o gráfico de atividade; e o gráfico homem-máquina, expondo suas representações.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. representar um gráfico do fluxo do processo e entender sua aplicação no desenvolvimento de melhores métodos;
2. definir a importância do mapofluxograma e como representá-lo graficamente;
3. identificar as situações em que o gráfico de atividades deve ser elaborado;
4. elaborar um gráfico homem-máquina e identificar os elementos necessários a sua construção.

Introdução

No estudo de movimentos ou projetos de métodos cujo objetivo é encontrar o melhor método de se executar determinada tarefa, torna-se fundamental o levantamento de todos os detalhes relativos ao trabalho.

Existem várias ferramentas para visualização de um processo ou de uma operação que você deve conhecer para aplicar no estudo de movimentos. Dentre elas, destacam-se:

- o gráfico do fluxo do processo;
- o mapofluxograma;
- o gráfico de atividade;
- o gráfico homem-máquina;
- e o gráfico de operações.

No entanto, é importante entender que não se devem usar todas em uma única tarefa, mas escolher a mais adequada para cada situação.

Assim, para análise de um processo utiliza-se o *gráfico do fluxo do processo* e o *mapofluxograma*. Quando o objetivo é examinar a utilização dos equipamentos, aplica-se o *gráfico de atividade* e *gráfico homem-máquina*. Já o *gráfico de operações* é recomendado especificamente para o estudo das operações.

A partir desta contextualização, podemos começar nossa aula, que se propõe a apresentar o gráfico do fluxo do processo, o mapofluxograma, o gráfico homem-máquina e o gráfico de atividades. As ferramentas apresentadas nessa aula serão essenciais na sua atuação profissional, como engenheiros de produção, na busca de encontrar o melhor método de executar determinada tarefa.

Gráfico do fluxo do processo e mapofluxograma

O gráfico do fluxo do processo, também chamado de *fluxograma*, é uma representação gráfica e compacta de um processo de produção, com a finalidade de permitir a sua compreensão e a identificação de melhorias.

De acordo com Barnes (1977), podemos entender que o gráfico do fluxo do processo representa os diversos passos que ocorrem durante a execução de uma tarefa específica, ou durante uma série de ações. Normalmente, o início do diagrama é marcado com a entrada da

matéria-prima na fábrica e a segue em cada uma de suas etapas, tais como transportes e armazenamentos, inspeções, usinagens e montagens, até que ela se torne um produto acabado ou parte de subconjunto.

Camarotto (2007) complementa que as atividades distintas são representadas no diagrama por símbolos gráficos e o fluxo de itens entre as atividades sucessivas por segmentos que usem os símbolos correspondentes. Este modelo esquemático permite um entendimento global e compacto do processo de produção, ao destacar e identificar as etapas integrantes e a sua ordem de execução.

A representação gráfica do processo na fábrica permite um estudo detalhado de cada passo. Como resultado deste estudo, determinadas operações podem ser inteiramente eliminadas, ou então, parcialmente eliminadas; operações podem ser combinadas; pode ser identificado um melhor trajeto para as peças, a utilização de máquinas mais eficientes, a eliminação de esperas entre operações.

Dessa maneira, você pode usar o gráfico do fluxo do processo como instrumento para realizar melhorias no processo produtivo, contribuindo para um produto melhor e com um custo mais baixo. O gráfico ainda poderá apontar operações específicas do processo produtivo que necessitem ser analisadas de maneira mais criteriosa.






Um gráfico do fluxo do processo pode ser do tipo homem ou do tipo produto, e ambos não devem ser combinados. Evidentemente, o gráfico do fluxo do processo pode registrar o andamento do processo através de um ou mais departamentos.

O gráfico do processo deve ser usado em uma empresa não somente pelo engenheiro de produção, mas também por outros profissionais, como o mestre, o supervisor, os engenheiros de processo e de arranjo físico, ou seja, todos devem estar capacitados a empregá-lo de forma efetiva.

Conforme você viu na Aula 2, o gráfico do fluxo do processo foi desenvolvido pelo casal Gilbreth. Eles criaram um conjunto de 40 símbolos utilizados na elaboração dos gráficos, cujo objetivo é ajudar na enumeração rápida dos passos das atividades em um processo produtivo.

Ao longo dos anos, apenas alguns poucos símbolos eram amplamente utilizados. Em 1947, a American Society of Mechanical Engineers (ASME) introduziu, como padrão, os cinco símbolos que se encontram no **Quadro 5.1**, adaptados dos símbolos originais criados pelo casal Gilbreth. Nesse quadro, a flecha substituiu o círculo menor e um novo símbolo foi adicionado para representar uma espera. Em nossa aula, usaremos, esses símbolos.


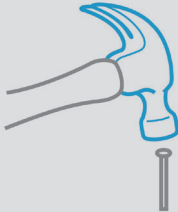
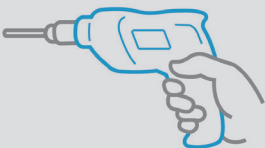

Quadro 5.1: símbolos da ASME para gráficos do fluxo do processo.

Símbolo	Atividade	Definição
	Operação	Uma operação existe quando um objeto é modificado intencionalmente em uma ou mais das suas características. A operação é a fase mais importante no processo e, geralmente, é realizada em uma máquina ou estação de trabalho.
	Transporte	Um transporte ocorre quando um objeto é deslocado de um lugar para outro; exceto quando o movimento é parte integral de uma operação ou inspeção.
	Inspeção	Uma inspeção ocorre quando um objeto é examinado para identificação, ou comparado em função de um padrão de quantidade ou qualidade.
	Espera	Uma espera ocorre quando a execução da próxima ação planejada não é efetuada.
	Armazenamento	Um armazenamento ocorre quando um objeto é mantido sob controle e sua retirada requer uma autorização.



A utilização dos símbolos do gráfico do fluxo do processo economiza tempo no registro dos passos usados na execução do trabalho e facilita a interpretação. O **Quadro 5.2** apresenta alguns exemplos de utilização dos símbolos.

Quadro 5.2: exemplos de aplicação dos símbolos da ASME.

<p>Operação</p>  <p>Um círculo maior indica uma operação como</p>	<p>Pregar</p> 	<p>Furar</p> 	<p>Digitar</p> 
--	---	---	--

<p>Transporte</p>  <p>Uma fecha indica um transporte como</p>	<p>Mover material com carrinho de mão</p> 	<p>Mover material com guindaste ou elevador</p> 	<p>Mover material carregando (mensageiro)</p> 
<p>Inspeção</p>  <p>Um quadrado indica uma inspeção como</p>	<p>Examinar material quanto à qualidade ou quantidade</p> 	<p>Ler manômetro do vapor de caldeira</p> 	<p>Examinar um folheto para obter informações</p> 
<p>Espera</p>  <p>A letra D indica um transporte como</p>	<p>Material no carrinho ou no chão, ao lado da bancada, aguardando processamento</p> 	<p>Operário aguardando elevador</p> 	<p>Papéis aguardando arquivamento</p> 
<p>Armazenamento</p>  <p>Um triangulo indica um armazenamento como</p>	<p>Armazenamento a granel de matéria-prima</p> 	<p>Produto acabado no armazém</p> 	<p>Documentos e registros guardados no cofre.</p> 

Fonte: Barnes (1977).

No entanto, uma empresa pode concluir que, em função de suas próprias características, é necessária a utilização um conjunto de símbolos diferenciados. Na prática, nas empresas nas quais os mestres e supervisores estão inseridos no desenvolvimento de melhores métodos, é recomendável a utilização do menor número de símbolos possíveis.

Quando as atividades são executadas no mesmo local ou, então, simultaneamente, como atividade única, dois símbolos podem ser combinados, como por exemplo, o círculo dentro de um quadrado (⊖), que representa uma combinação entre operação e inspeção.



Para que você conheça os gráficos do fluxo do processo para montagem e para grupos, leia o livro *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*, de Ralph M. Barnes.

De acordo com Camarotto (2007), para a construção do gráfico do fluxo do processo, é necessário definir uma sucessão básica de etapas:

1. determinar o objeto de estudo, para o qual a sequência de atividades será levantada;
2. definir pontos claramente identificáveis de início e fim, garantindo a cobertura de todo o processo que se pretende estudar;
3. levantar o fluxo de processamento, estipulando o desenrolar das etapas e atividades;
4. coletar as informações e as características complementares do processo;
5. empregar corretamente a simbologia escolhida;
6. reconstruir o esquema do processo, através das linhas de fluxo e símbolos;
7. incluir no esquema básico, as informações complementares;
8. confirmar a exatidão do registro;
9. computar e sintetizar as informações mais relevantes.

Em certas ocasiões, além da elaboração do gráfico de fluxo do processo torna-se necessário também construir um mapofluxograma, para facilitar a visualização dos passos de um processo de fabricação, de um procedimento de escritório ou outra atividade qualquer.

O mapofluxograma é a representação de linhas de fluxo em uma planta do edifício ou da área em que a atividade se desenvolve, mostrando a direção do movimento. Os símbolos do gráfico do fluxo do processo devem estar inseridos nas linhas, para indicar o que está sendo executado. Deve-se ainda incluir breves anotações para caracterizar os símbolos de maneira clara. Ou seja, a técnica do mapofluxograma complementa o gráfico do fluxo do processo, que por sua vez é a representação gráfica do mapofluxograma no arranjo físico da área estudada.

Para que você compreenda a importância de um gráfico do fluxo do processo e de um mapofluxograma na análise dos procedimentos, a fim de identificar oportunidades de melhorias, apresentaremos o exemplo da recuperação de rebolos de esmeril.

Segundo Barnes (1977), nas grandes indústrias em que os processos produtivos contemplam operações de esmerilhamento e polimento, é normal que a recuperação dos rebolos seja executada na própria fábrica, mantendo um estoque de rebolos em condições apropriadas para uso imediato. Os rebolos são discos constituídos de camadas de tecido, com peso médio de 18 kg, cujo diâmetro varia de 45 a 61 cm, e cuja espessura varia de 7,6 a 12,6 cm. A superfície do rebolo é revestida com duas camadas de cola e pó de esmeril. Após a aplicação da primeira camada, é necessária aproximadamente meia hora antes de que se aplique a segunda. A temperatura do ambiente no qual os rebolos são preparados é mantida entre 26 e 32°C, controlando-se também a umidade relativa.

O método original utilizado na indústria consistia na aplicação de uma camada de cola ao rebolo usado e, em seguida, manualmente, rolava-se o rebolo em um recipiente raso contendo pó de esmeril, o que provocava a aderência do pó. Depois da secagem da cola, de maneira similar, era aplicada uma segunda camada de cola e de pó de esmeril.

Posteriormente, os rebolos eram então transportados para uma estufa, onde permaneciam em prateleiras até que a cola estivesse completamente seca. A **Figura 5.1** apresenta o gráfico do fluxo do processo e a **Figura 5.2**, o mapofluxograma correspondente.

DISTÂNCIA EM M	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	▽	Rebolos gastos no chão (para serem recobertos)
12,0	○	Carregar rebolos no carrinho
	→	Para o elevador
	D	Esperar o elevador
6,0	→	Para o 2º andar de elevador
10,5	→	Para a bancada de recobrimento
	D	Na bancada de recobrimento
	○	Colocar cola
	○	Recobrir com esmeril (1ª vez)
	○	No chão para secar
	○	Colocar cola
	○	Recobrir com esmeril (2ª vez)
	D	No chão
4,5	○	Carregar no carrinho
	→	Para o elevador
	D	Esperar o elevador
6,0	→	Para o 1º andar de elevador
22,5	→	Para a estufa
	○	Descarregar rebolos na estufa
	○	Secar na estufa
	○	Carregar rebolos no carrinho
10,5	→	Para armazenagem
	□	Descarregar rebolos no chão
	▽	Armazenagem

RESUMO		
Nº de operações	○	11
Nº de esperas	D	4
Nº de armazenagens	▽	2
Nº de inspeções	□	1
Nº de transportes	→	7
Total percorrido, em metros		72

Figura 5.1: gráfico do fluxo do processo do método antigo para se recobrirem rebolos com pó de esmeril.

Fonte: BARNES,1977.

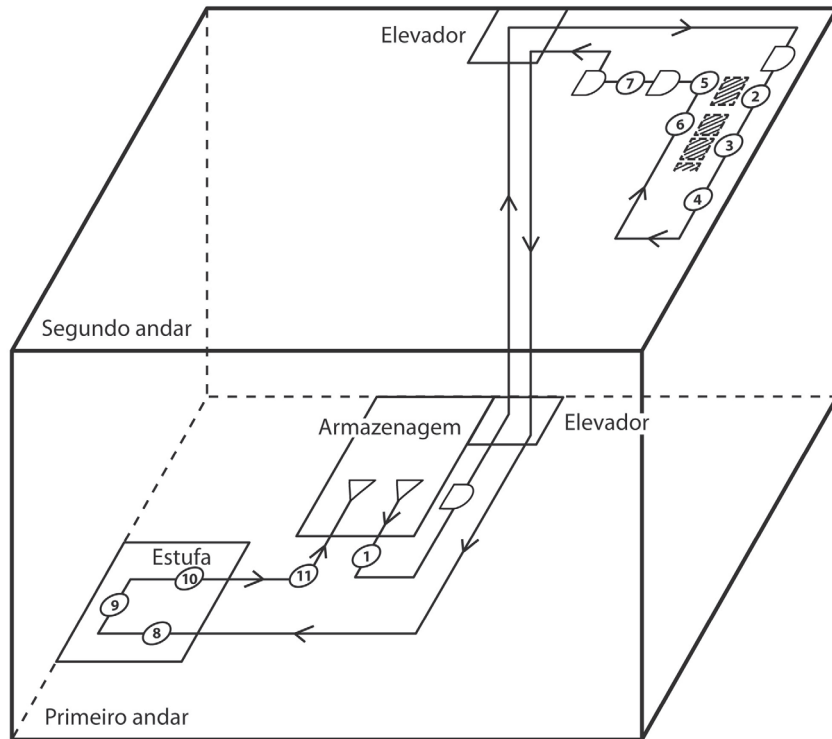


Figura 5.2: mapofluxograma do método antigo para se recobrirem rebolos com pó de esmeril.

Fonte: BARNES, 1977.









Algumas perguntas foram realizadas em relação ao processo apresentado, tais como:

10. Por que revestir os rebolos manualmente?

11. Por que manuseá-los tão frequentemente?

12. Poderiam todas as operações ser efetuadas no primeiro andar, em vez de no segundo?

O método melhorado, apresentado por Barnes (1977), consistiu na construção de uma máquina para o revestimento, possibilitando que em apenas uma operação fosse aplicada a cola e esmeril ao rebolo, o que exige menos esforço e tempo do que o método antigo. A máquina foi colocada no primeiro andar, entre a área de armazenamento e a estufa, excluindo a etapa do transporte dos rebolos até o segundo andar. O desenvolvimento de carrinhos substituiu a plataforma, eliminando o manuseio desnecessário a que era submetido o rebolo. Estes permaneciam no carrinho novo durante a secagem na estufa. A **Figura 5.3** nos mostra o gráfico do fluxo do processo do método melhorado, incluindo um resumo da economia obtida.

DISTÂNCIA EM M	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
3,0		Rebolos gastos, em suportes especiais, sobre carrinhos, classificados por tamanho do pó
		Para a máquina de recobrimento
		Recobrir com cola e pó de esmeril (1ª vez) e colocar nos suportes do carrinho
		No suporte do carrinho para secar
7,5		Recobrir com cola e pó de esmeril (2ª vez)
		No suporte próximo da máquina de recobrimento
		Suporte na estufa de secagem
10,5		Secar na estufa
		Carrinho com suporte para armazenagem
		Armazenagem de rodas recuperadas em carrinhos com suporte







RESUMO						
		MÉTODO ANTIGO	MÉTODO MELHORADO	DIFERENÇA		
Número de operações		11	4	7		
Número de esperas		4	1	3		
Número de armazenagens		2	2	0		
Número de inspeções		1	1	0		
Transportes						
Por carrinho		Nº 5	DIST 60	Nº 3	DIST 21	Nº 2 / DIST 39
Por elevador		2	12	0	0	2 / 12
Total		7	72	3	21	4 / 51

Figura 5.3: gráfico do fluxo do processo do método melhorado para se recobrirem rebolos com pó de esmeril.

Fonte: BARNES, 1977.

Os resultados atingidos com a nova máquina, o carrinho próprio para transporte e manuseio dos rebolos, e a mudança na localização da operação de recobrimento permitiram reduzir o número de operações necessárias para a recuperação dos rebolos de onze para quatro. As esperas foram reduzidas de quatro para uma, e a distância total percorrida, de 72 para 21 metros. A **Figura 5.4** apresenta o mapofluxograma do método melhorado.

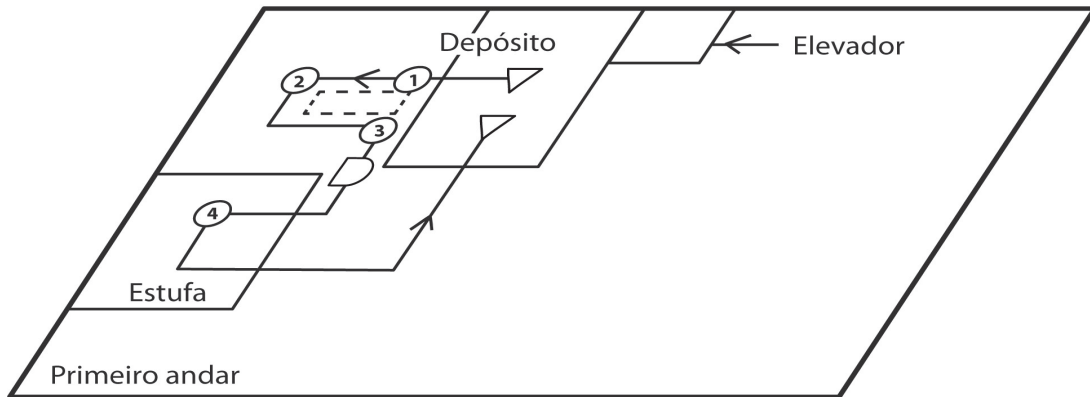


Figura 5.4: mapofluxograma do método melhorado para se recobrirem rebolos com pó de esmeril.
 Fonte: BARNES, 1977.

No método antigo, era necessário um grupo de quatro operadores na aplicação das duas camadas de esmeril e a produção média era de 20 rebolos/h. No novo método, apenas dois trabalhadores fazem o mesmo trabalho e a produção aumentou para 45 rebolos/h. Além disso, o método melhorado de recuperação, que incluiu a mudança do tipo de cola sintética, melhorou a qualidade dos rebolos, sendo que os trabalhadores que usam na retificação e polimento de grelhas de arados aumentaram sua produção aproximadamente em 25%. Observou-se ainda, que os rebolos recuperados pelo novo método parecem esmerilhar mais rápido, tornando o trabalho mais fácil para os operadores.

═══════════ **Atividade 1** ═══════════

Atende aos objetivos 1 e 2







1. Elabore o gráfico do fluxo do processo e o quadro resumo para a produção de diplomas descrita abaixo. Utilize os cinco *símbolos da ASME*, apresentados no **Quadro 5.1**.

A produção de diplomas em uma gráfica especializada em impressos de segurança inicia-se com a retirada do papel em branco do almoxarifado, que é carregado em *pallets* e transportado por 30 metros até o setor de contagem. No setor de contagem, o papel em branco é contado e separado em lotes de duas mil folhas e depositado em *pallets*, onde permanece aguardando o transporte para a próxima seção. Os *pallets* são retirados e transportados pelo operador por cerca de 22 metros

para a setor de impressão. Neste setor, alimenta-se a impressora com o papel, realiza-se a impressão *off-set* e retorna-se o papel impresso para o *pallets*. Após esta etapa, o lote de papel é transferido por 15 metros para a área de secagem 1, permanecendo ali por 24 horas. Passadas as 24 horas, o operador transporta os *pallets* por aproximadamente 10 metros para a seção de crítica. Nesta seção, as folhas passam por um processo de inspeção visual, para a seleção e separação daquelas que apresentam defeitos, sendo, após isso, novamente empilhadas em *pallets*. Depois, o lote é transportado por 12 metros para a próxima seção. Na seção de corte, as folhas são cortadas por guilhotina e embaladas. As embalagens com o produto acabado seguem por 15 metros para o cofre.

Resposta comentada

01.

DISTÂNCIA EM M	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
		Papel em branco no almoxarifado
30,0	 	Carregar o papel nos <i>pallets</i> Para a seção de contagem
		Realizar a contagem do papel e colocar nos <i>pallets</i>
22,0	 	Nos <i>pallets</i> Para a seção de Impressão
		Alimentar a impressora e imprimir <i>off-set</i>
15,0	 	Carregar o impresso nos <i>pallets</i> Para a área de secagem
		Secar por 24 horas
10,0	 	Para a seção de crítica Selecionar e separar as folhas defeituosas
		Carregar nos <i>pallets</i>
12,0	 	Para a seção de acabamento Cortar e embalar os diplomas
15,0		Carregar as embalagens nos <i>pallets</i> Para o cofre
22,5	 	Descarregar as embalagens Armazenagem






RESUMO	
Nº de operações - - - - -	 8
Nº de transportes - - - - -	 6
Nº de inspeções - - - - -	 1
Nº de esperas - - - - -	 1
Nº de armazenamentos - - - - -	 2
Distância total percorrida (metros) - - -	104

Gráfico de atividade

O gráfico de atividade é a subdivisão de um processo ou de uma série de operações, expressas em função do tempo. Este gráfico pode ser usado na análise de atividade de pessoas em um grupo, ou de operações em que o trabalho está desbalanceado, resultando em esperas.

O gráfico de atividade é exemplificado por Barnes (1977), com a operação de pegar partes fundidas de uma caixa e carregá-las por 3m, colocando-as em uma máquina de limpeza a jato de areia. O gráfico de atividade, apresentado na **Figura 5.5** foi elaborado com a finalidade de dar ênfase ao fato de o operador carregar os fundidos por 3 metros e voltar, em busca de novas peças por uma distância igual.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	TEMPO EM MIN.	
Pegar dois fundidos da caixa	02	
Carregar os fundidos para máquina de jato de areia	05	
Colocar os dois fundidos na máquina	02	
Voltar à caixa	05	

Figura 5.5: gráfico de atividade para limpeza de fundidos a jato de areia (método antigo). A coluna do tempo está subdivida. A primeira coluna da subdivisão apresenta o *Tempo em min* e a segunda está sombreada com dois tons diferenciados de cinza, para sinalizar o início e o término de cada atividade.

Fonte: BARNES, 1977.

Podemos observar, na Figura 5.6, que o transporte poder ser eliminado através da colocação da caixa com as peças ao lado da máquina. Não havia essa possibilidade no método original porque a máquina estava localizada em uma plataforma de concreto com 10 cm de altura. A construção de um plano inclinado possibilitou à empilhadeira transportar a caixa com as peças até a máquina, eliminando a movimentação do operador e aumentando a produção em 75%.

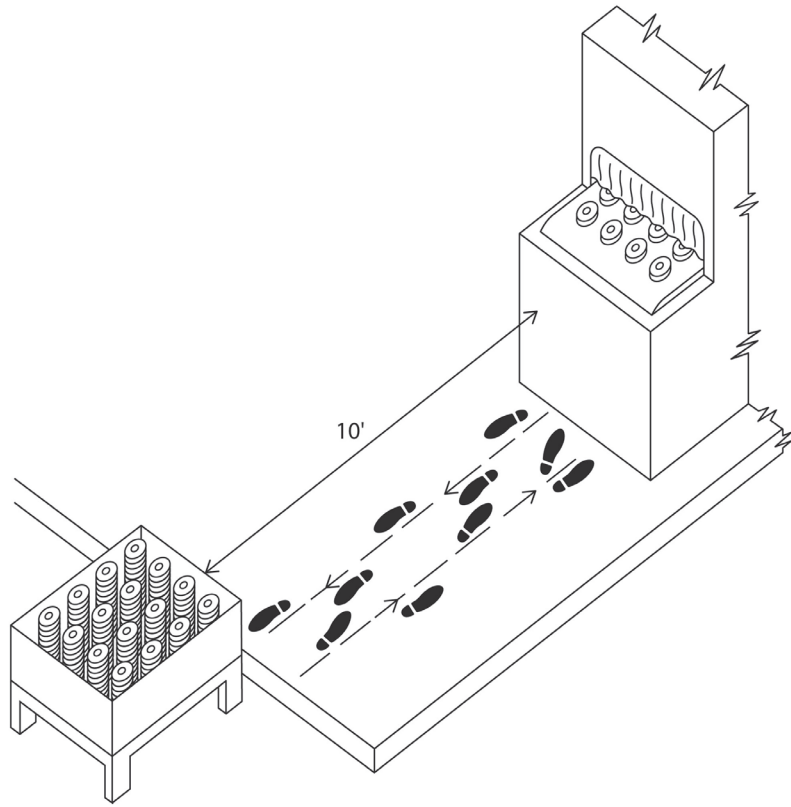


Figura 5.6: arranjo físico do local de trabalho para limpeza de fundidos a jato de areia.

Fonte: BARNES, 1977.

No método melhorado, apenas um operador alimenta a máquina, enquanto no método antigo eram necessários dois. A **Figura 5.7** apresenta o gráfico de atividade com o método melhorado para a atividade de limpeza de fundidos.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	TEMPO EM MIN.
Pegar dois fundidos da caixa	02
Girar 90° para a máquina	02
Colocar dois fundidos na máquina	02
Girar 90° para a máquina	02

Figura 5.7: gráfico de atividade para limpeza de fundidos a jato de areia, no método melhorado.

Fonte: BARNES, 1977.

Atividade 2

Atende ao objetivo 3

1. No desenvolvimento do método melhorado, com o objetivo de se ter uma subdivisão do processo ou uma série de operações, expressas em função do tempo, o engenheiro de produção utiliza qual ferramenta:

- (a) gráfico de operação;
- (b) gráfico do fluxo do processo;
- (c) diagrama de ishikawa;
- (d) gráfico de atividade;
- (e) gráfico homem-máquina.

Resposta comentada

1. A alternativa correta é a letra (d). Enquanto o gráfico do fluxo do processo e do mapofluxograma representam as diversas etapas do processo produtivo, o gráfico de atividade ilustra uma subdivisão de um processo em função do tempo.

Gráfico homem-máquina

Em determinados tipos de trabalho, o operador e a máquina trabalham de maneira intermitente, ou seja, durante o período em que o operador alimenta a máquina e remove a peça acabada, ela fica inativa; e enquanto a máquina cumpre seu ciclo, o operário permanece em espera.

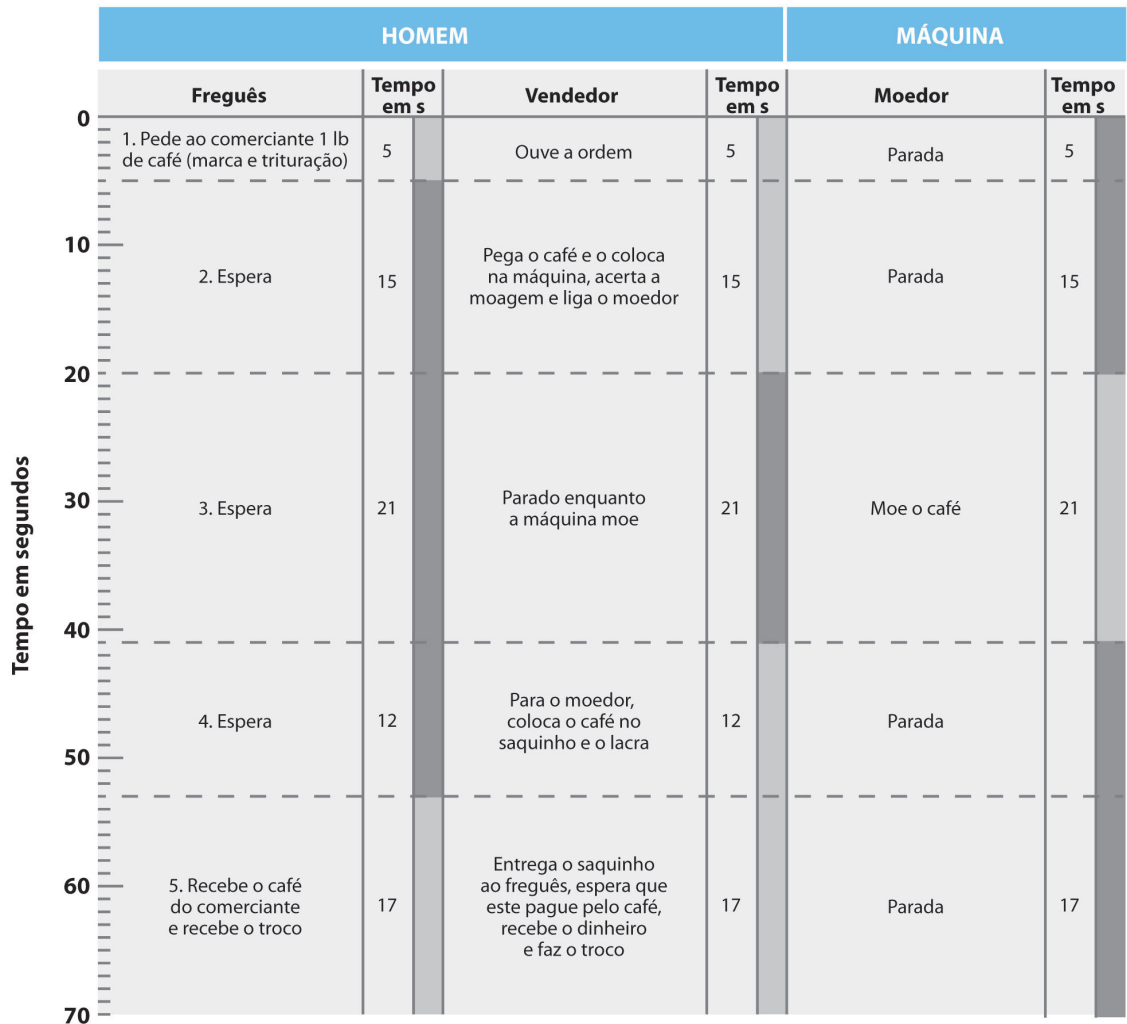
Segundo Barnes (1977), é importante eliminar as esperas do operário e também que máquina opere tão próximo de sua capacidade quanto seja possível, pois em muitas situações, o custo de manutenção de uma máquina parada é quase o mesmo de mantê-la em operação.

O gráfico homem-máquina é uma técnica útil quando o objetivo é a eliminação dos tempos de espera das pessoas e das máquinas. Esse gráfico consiste em registrar com exatidão quando o operador e a máquina trabalham, e o que cada um deles executa. A maioria das atividades compreende três passos principais:

1. *preparação*, como, por exemplo, a alimentação do material em uma máquina;
2. *execução*, que significa efetuar a tarefa programada, como, por exemplo, furar uma peça;
3. *disposição*, como, por exemplo, remover a peça finalizada da máquina.

A simples atividade de se comprar 1 Kg de café é usada por Barnes (1977) para exemplificar as operações executadas pelo freguês, pelo vendedor e pela máquina moedora de café em uma mercearia. O freguês entra na mercearia, dirige-se ao balcão e solicita ao vendedor 1 kg de café, especificando a marca e o tipo. O vendedor pega o café, abre o pacote, prepara o moedor, despeja nele o café e aciona a máquina. O comprador e o vendedor esperam durante 21 segundos, que é o tempo necessário para a máquina moer o café.

Após a moagem, o vendedor coloca o café no pacote e o entrega ao freguês. O atendente registra a venda, que é paga pelo freguês. O vendedor dá o troco ao freguês e coloca o dinheiro na caixa registradora. A **Figura 5.8**, apresenta o diagrama homem-máquina que representa graficamente a atividade do cliente, do vendedor e do moedor de café.



RESUMO			
	Freguês	Vendedor	Moedor
Tempo parado	48 s	21 s	49 s
Tempo de trabalho	22 s	49 s	21 s
Tempo total do ciclo	70 s	70 s	70 s
Utilização em porcentagem	Atividade do freguês = $\frac{22}{70} = 31\%$	Atividade do balconista = $\frac{49}{70} = 70\%$	Utilização da máquina = $\frac{21}{70} = 30\%$

Figura 5.7: gráfico homem-máquina mostrando as atividades envolvidas na compra de café em uma mercearia.

Fonte: BARNES, 1977.

Observa-se no gráfico homem-máquina da **Figura 5.7** a existência de espera excessiva do freguês e do atendente durante a moagem do café. A alteração possível, para Barnes (1977), é a manutenção de um estoque de café moído, para que o freguês não espere pela moagem do café. Se essa mudança fosse realizada, o vendedor atenderia o dobro de fregueses por hora e estes desperdiçariam menos da metade do tempo esperando no balcão.

Considerando que a mercearia fosse suficientemente grande para manter vários funcionários, uma das alterações apontadas pelo gráfico homem-máquina seria a divisão das atividades dos empregados: uma pessoa ficaria responsável pela venda do café e uma outra pela moagem.

Nesta situação fictícia, seria possível usar continuamente um número reduzido de moedores, o trabalho seria mais conveniente para os atendentes e os clientes seriam atendidos com maior rapidez. Como resultado, a mercearia poderia atender um número maior de clientes, com uma quantidade fixa de equipamento. No entanto, os pacotes de café moído deveriam ser selados e datados, para que os fregueses recebessem sempre café moído recentemente.

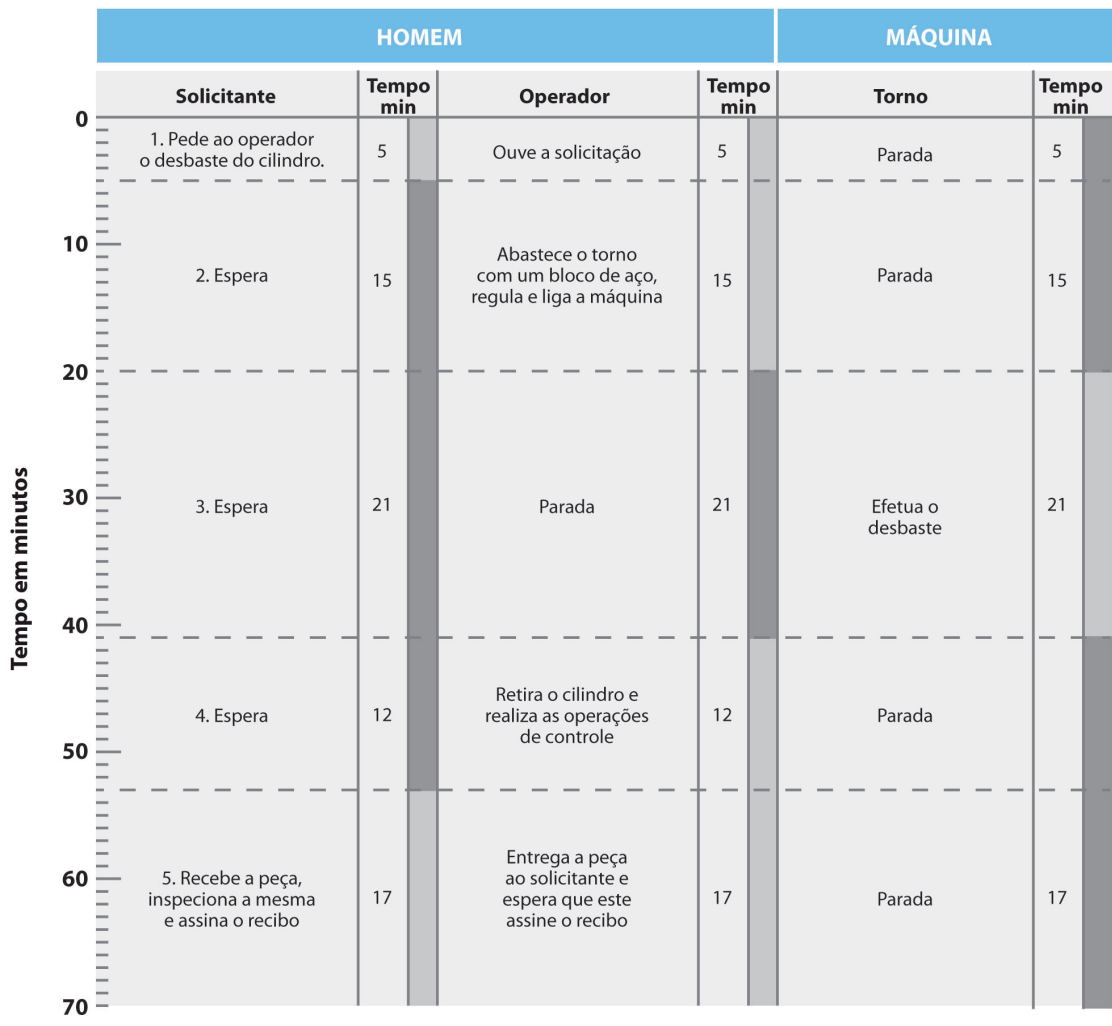
===== **Atividade 3** =====

Atende ao objetivo 4

Elabore o diagrama homem-máquina para a atividade descrita a seguir. Calcule também a ocupação percentual do solicitante, do operador da máquina e da própria máquina, considerando apenas um ciclo.

“Na solicitação de uma peça, o solicitante pede ao operador que efetue o desbaste de um cilindro. São necessários cinco minutos para o solicitante explicar ao operador o que quer. O operador leva 15 minutos para abastecer o torno com um bloco de aço, regular a máquina e ligá-la. A máquina opera sozinha por 21 minutos. Após a máquina desligar, o operador retira o cilindro pronto, realizando as operações de controle necessárias; gastando nestas operações, 12 minutos. Depois, o operador entrega a peça ao solicitante, que a inspeciona, antes de assinar o recebido como *ok*, gastando em toda esta operação 17 minutos.”

Resposta comentada



RESUMO			
	Solicitante	Operador	Torno
Tempo parado	48 min	21 min	49 min
Tempo de trabalho	22 min	49 min	21 min
Tempo total do ciclo	70 min	70 min	70 min
Utilização em porcentagem	Atividade do freguês = $\frac{22}{70} = 31\%$	Atividade do balconista = $\frac{49}{70} = 70\%$	Utilização da máquina = $\frac{21}{70} = 30\%$

Conclusão

A utilização adequada de ferramentas é fundamental no estudo de movimentos para análise do processo e no uso dos equipamentos. Destacam-se para tal o gráfico do fluxo do processo, o mapofluxograma, o gráfico de atividades e o gráfico homem-máquina. Recomenda-se a apresentação das informações em gráficos porque facilitam a visualização e interpretação.

Portanto, uma vez que não se aplica todas as ferramentas em todas as situações, é importante entender o objetivo de cada uma, para escolher a mais adequada em cada situação.

===== **Atividade Final** =====

Atende aos objetivos 1, 2, 3 e 4.

1. O gráfico do fluxo do processo e o mapofluxograma são ferramentas utilizadas para a melhoria dos métodos, respectivamente, com os seguintes objetivos:

- (a) selecionar o trabalho a ser estudado e registrar o método atual;
- (b) registrar os diversos passos no processo produtivo e representar a movimentação de materiais, operadores ou equipamentos dispostos no arranjo físico de um sistema de produção;
- (c) desenvolver um novo método e selecionar o trabalho a ser estudado;
- (d) examinar os fatos e implementar o novo método;
- (e) desenvolver e implementar um novo método.

2. No desenvolvimento do método melhorado, com o objetivo de eliminação do tempo de espera e de um melhor balanceamento do trabalho do homem e da máquina, o engenheiro de produção utiliza qual ferramenta?

- (a) Diagrama de Pareto;
- (b) Gráfico do Fluxo do Processo;
- (c) Gráfico de Atividade;
- (d) Diagrama de Ishikawa;
- (e) Gráfico Homem-Máquina.

Resposta comentada

1. A alternativa correta é a (b). O gráfico do fluxo do processo e o mapofluxograma são ferramentas que devem ser usadas quando o objetivo é realizar um estudo geral do processo produtivo, resultando em procedimentos ordenados e sistemáticos.
2. A alternativa correta é a (e). O gráfico homem-máquina busca a eliminação do tempo de espera da máquina, promovendo um melhor balanceamento entre o trabalho do homem e o da máquina.

Resumo

O gráfico do fluxo do processo ou o mapofluxograma podem ser utilizado quando o objetivo é estudar o processo de se executar um trabalho globalmente, ou seja, é um estudo geral de cada um dos passos que compõem o processo de fabricação.

Apesar de o gráfico do fluxo do processo e o mapofluxograma ilustrarem os diversos passos no processo produtivo, em algumas situações é recomendável usar o gráfico de atividades, que apresenta uma subdivisão do processo, ou de uma série de operações, expressas em função do tempo.

O gráfico homem-máquina é indicado quando existe trabalho intermitente entre o operador e a máquina, com o objetivo de eliminar as esperas e de balancear o trabalho.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, vamos estudar a análise de operações e dos movimentos fundamentais das mãos. Até lá!

Referências

BARNES, R. M. *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. Tradução da 6ª Edição Americana. São Paulo: Blucher, 1977.

CAMAROTTO, J. A. *Projeto do trabalho: métodos, tempos, modelos, posto de trabalho*. Notas de Aula. Universidade Federal de São Carlos

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Produção, 2007.

Leituras recomendadas

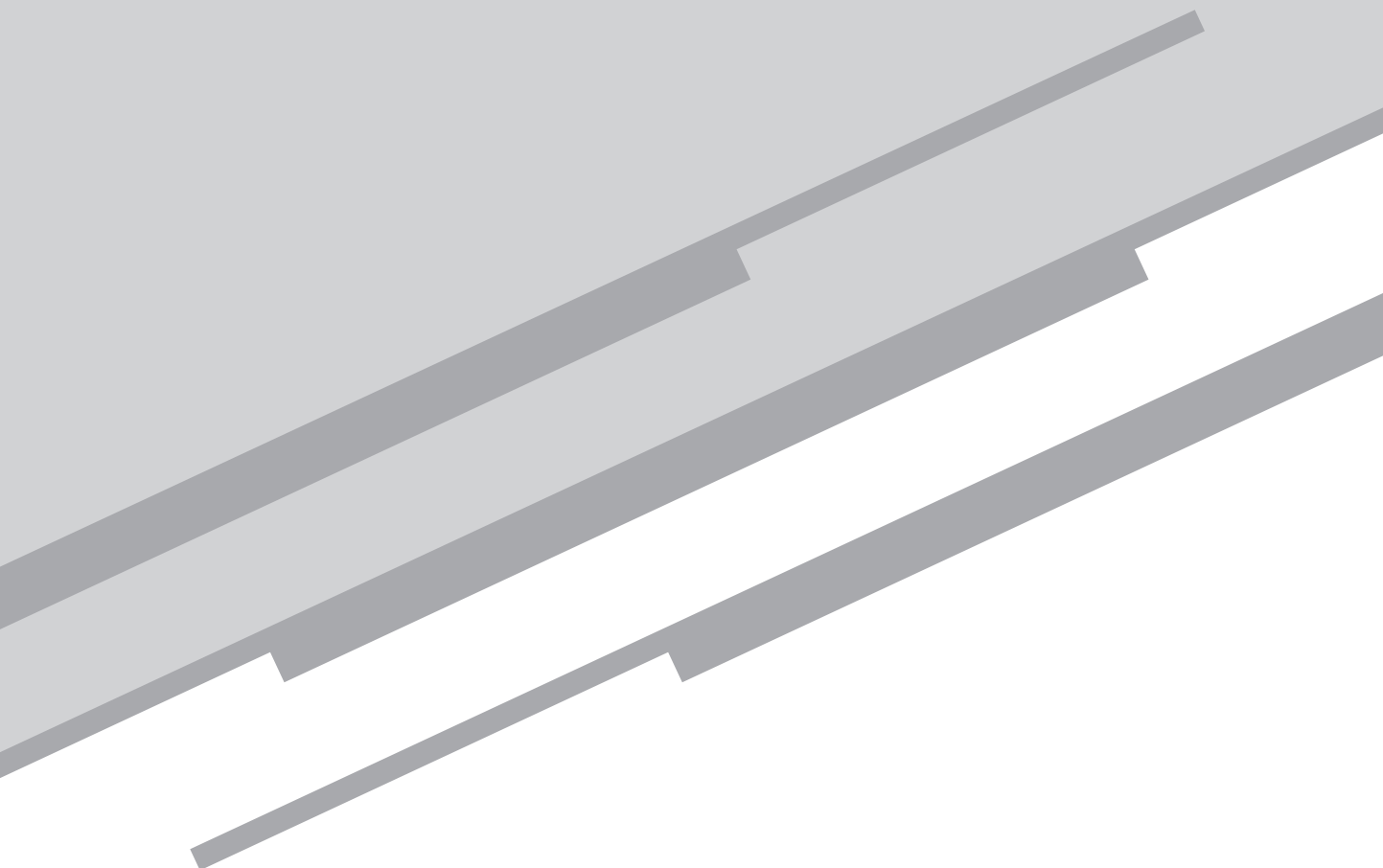
FULLMANN, C. *O trabalho: mais resultado com menos esforço; custo: passos para a produtividade*. São Paulo: Educator, 2009.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.

Aula 6

Análise de operações e os movimentos
fundamentais das mãos



Metas

Apresentar o gráfico de operação e os movimentos fundamentais das mãos.

Objetivos

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta aula, você seja capaz de:

1. aplicar o gráfico de operação;
2. identificar os movimentos fundamentais das mãos.

Introdução

O processo de se executar um trabalho deve ser estudado globalmente, geralmente incluindo uma análise de cada um dos passos que compõem o processo de fabricação.

Na aula passada, você viu que a utilização do gráfico do fluxo do processo e do mapofluxograma no estudo de um processo produtivo ajudará na redução da distância percorrida pelo operador, na redução de materiais e de ferramentas, gerando procedimentos ordenados e sistemáticos.

O gráfico homem-máquina é o estudo apontando meios para a eliminação do tempo de espera da máquina, promovendo um melhor balanceamento entre o trabalho do homem e o da máquina.

Depois de um estudo completo do processo e a execução de todas as melhorias entendidas como promissoras, torna-se oportuno analisarmos as operações específicas a fim de melhorá-las. O objetivo é estudar todos os movimentos utilizados por um operário na execução de uma operação, a fim de propor melhorias.

De maneira sistemática, vamos procurar eliminar todos os movimentos desnecessários e dispor dos movimentos restantes na melhor sequência. Nesse sentido, na análise de operações específicas é que as técnicas como a do gráfico de operação, a dos movimentos fundamentais das mãos e a dos princípios de economia dos movimentos podem ser aplicadas.

A partir dessa introdução, podemos iniciar nossa aula, que se propõe a apresentar o objetivo do gráfico de operação e a sua representação. Você verá também os movimentos fundamentais das mãos.

Gráficos de operação

O gráfico de operação, também conhecido como *gráfico das duas mãos*, é uma técnica simples e efetiva utilizada para análise de uma operação que permite visualizar o trabalho a partir de movimentos elementares das mãos, cujo objetivo principal é buscar o desenvolvimento de uma melhor maneira para executar determinada tarefa.

Para a construção do gráfico, não é necessária a utilização de um instrumento para medida de tempo, e, na maioria das tarefas, o analista elabora o gráfico apenas observando o trabalho executado pelo operador.

Segundo Barnes (1977), normalmente dois símbolos são usados na elaboração de um gráfico de operações. Um pequeno círculo é usado para indicar um transporte, como, por exemplo, o movimento da mão em direção a uma ferramenta; e um círculo maior aponta ações do tipo agarrar, posicionar, usar ou soltar a ferramenta.

A elaboração de um gráfico de operação consiste nas seguintes etapas (BARNES, 1977).

1. Desenhar um esquema da área de trabalho, indicar os depósitos, especificar o conteúdo de cada um e informar a localização das ferramentas e materiais.
2. Observar os movimentos do operador, registrando mentalmente os movimentos da mão direita e da mão esquerda em separado.
3. Registrar os movimentos da mão esquerda no lado esquerdo de uma folha e, de forma semelhante, registrar os movimentos da mão direita, no lado direito da mesma folha.

Normalmente, na primeira tentativa de construção do gráfico é difícil conseguir registrar a simultaneidade dos movimentos das duas mãos. Assim, torna-se necessário refazê-lo até se conseguir demonstrar o sincronismo dos movimentos.

O exemplo do gráfico de operações da montagem de arruelas e parafusos, apresentado por Barnes (1977), será descrito na **Figura 6.1** para que você entenda a importância da aplicação de tal gráfico na análise das operações que tem especificamente o objetivo de melhorá-las.

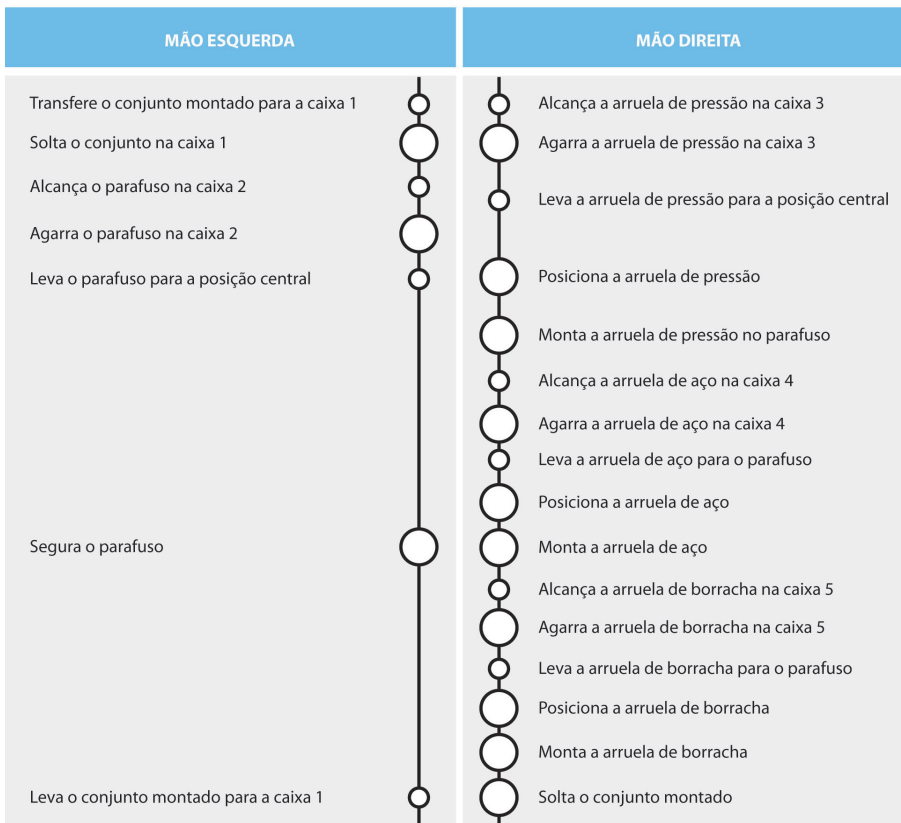
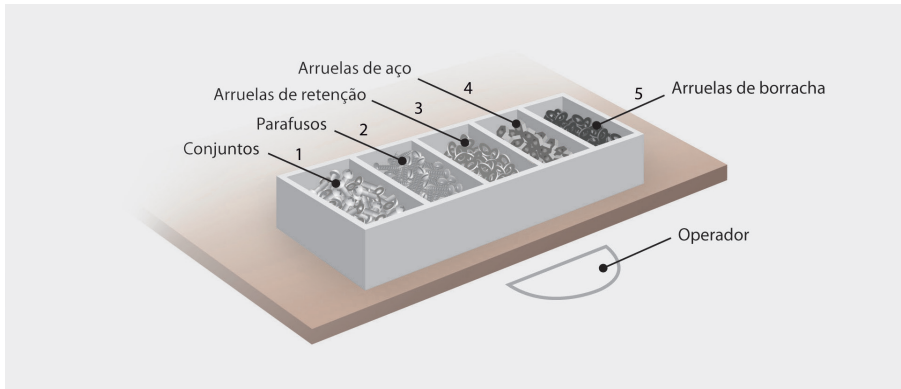


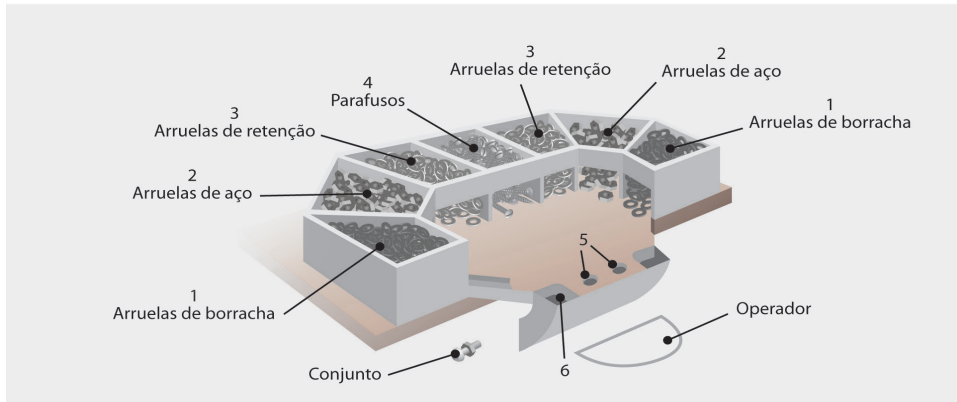
Figura 6.1: gráfico de operações para a montagem de arruelas em um parafuso (método antigo). A montagem consiste em uma arruela de retenção, uma arruela de aço e uma arruela de borracha em um parafuso.

Fonte: BARNES (1977).

Analisando o gráfico, imediatamente você observa que a mão esquerda segura o parafuso, enquanto o trabalho de montagem das arruelas é realizado pela mão direita, constatando claramente que os movimentos das duas mãos não estão balanceados.

A **Figura 6.2** apresenta o gráfico de operações com as melhorias implementadas no método de montagem de arruelas e parafusos, com a

introdução de um dispositivo permitindo às duas mãos trabalhar juntas e simultaneamente.



MÃO ESQUERDA	MÃO DIREITA
Alcança as arruelas de borracha na caixa 1	Alcança as arruelas de pressão na caixa 1
Agarra uma arruela de borracha na caixa 1	Agarra a arruela de borracha na caixa 1
Desliza a arruela de borracha no receptáculo	Desliza a arruela de borracha no receptáculo
Posiciona a arruela de borracha no receptáculo 5	Posiciona a arruela de borracha no receptáculo 5
Alcança as arruelas de aço na caixa 2	Alcança as arruelas de aço na caixa 2
Agarra uma arruela de aço na caixa 2	Agarra uma arruela de aço na caixa 2
Desliza a arruela de aço no receptáculo	Desliza a arruela de aço no receptáculo
Posiciona a arruela de aço no receptáculo 5	Posiciona a arruela de aço no receptáculo 5
Alcança as arruelas de pressão na caixa 3	Alcança as arruelas de pressão na caixa 3
Agarra uma arruela de pressão na caixa 3	Agarra uma arruela de pressão na caixa 3
Desliza a arruela de pressão no receptáculo	Desliza a arruela de pressão no receptáculo
Posiciona a arruela de pressão no receptáculo	Posiciona a arruela de pressão no receptáculo
Alcança os parafusos na caixa 4	Alcança os parafusos na caixa 4
Agarra um parafuso na caixa 4	Agarra um parafuso na caixa 4
Aproxima o parafuso às arruelas em 5	Aproxima o parafuso às arruelas em 5
Posiciona o parafuso, preparando-se para inserir o mesmo nas arruelas em 5	Posiciona o parafuso, preparando-se para inserir o mesmo nas arruelas em 5
Efetua a montagem do parafuso e das arruelas	Efetua a montagem do parafuso e das arruelas
Levanta o parafuso com arruelas, carrega o conjunto para a DIREITA e solta na fresta 6	Levanta o parafuso com arruela, carrega o conjunto para a ESQUERDA e solta na fresta 6

Figura 6.2: gráfico de operações para a montagem de arruelas em um parafuso (método melhorado).

Fonte: BARNES (1977).

Análise de operações

Uma maneira de realizar a análise de operações, segundo Barnes (1977), é ter um grupo de pessoas envolvidas com a tarefa de submeter a operação em estudo a um conjunto de perguntas específicas e detalhadas. Provavelmente o resultado encontrado será uma solução adequada.

O estudo deve abranger:

- os movimentos utilizados na execução da operação;
- os materiais;
- as ferramentas;
- os dispositivos;
- o equipamento para manuseio de materiais;
- as condições de trabalho;
- e outros fatores que possam afetar a tarefa em execução.

A busca por uma melhor maneira de execução de um trabalho não é sempre simples; torna-se necessário ter criatividade. Desta forma, a participação de pessoas com diferentes conhecimentos e visões da tarefa em estudo, como mestres, projetistas de ferramentas e o próprio operador é, muitas vezes, de significativa importância para o analista.

O **Quadro 6.1** apresenta uma lista de perguntas, que pode ser usada como uma folha de verificação em uma empresa, contemplando alguns dos elementos que devem ser considerados na execução de um estudo completo na busca da melhor maneira de se realizar o trabalho.

Quadro 6.1: Lista de perguntas com o objetivo de analisar diversas fases da operação.

MATERIAIS	1. Pode ser usada uma matéria-prima mais barata?
	2. O peso, as dimensões e o acabamento do material são tais que resultem em maior economia global?
	3. O material é utilizado de maneira integral?
	4. Algum uso pode ser dado aos refugos e às peças rejeitadas?
MANUSEIO DE MATERIAIS	1. Pode-se reduzir ou eliminar os transportes desnecessários?
	2. As caixas para movimentação dos materiais são adequadas? Suas condições de limpeza são aceitáveis?
	3. Existe espera na entrega do material para o operador?
	4. Pode o operador ser aliviado do transporte de materiais pelo emprego de transportadores?
	5. Será possível a eliminação da necessidade de movimentação de materiais através de um rearranjo dos locais de trabalho ou através de combinações de operações?

FERRAMENTAS E DISPOSITIVOS	1. As ferramentas empregadas estão em boas condições e são as mais adequadas para este tipo de trabalho?
	2. As ferramentas de usinagem possuem ângulos de corte corretos e são afiadas em uma ferramentaria centralizada?
	3. Podem ser introduzidas novas ferramentas ou dispositivos de tal forma que possa ser usado um operador menos qualificado na execução da tarefa?
	4. No uso de ferramentas e dispositivos, ambas as mãos são empregadas em trabalhos produtivos?
	5. Pode-se usar alimentadores automáticos, ejetores, etc.?
MÁQUINA	Preparação
	1. A máquina deve ser preparada pelo próprio operador?
	2. Existe espera para obtenção de desenhos, ferramentas e calibres?
	3. Há espera para se inspecionarem as primeiras peças produzidas?
	Operação
	1. Pode-se eliminar a operação?
	2. Pode-se aumentar a velocidade de corte?
	3. Pode-se empregar alimentação automática?
	4. Pode-se dividir a operação em duas ou mais operações mais simples?
	5. Podem duas ou mais operações ser combinadas em uma única? Considere o efeito de tais combinações no período de treinamento dos operários.
	6. Pode-se mudar a sequência de operações?
	7. Pode-se reduzir os refugos e as perdas?
	8. Pode a peça ser pré-posicionada para a operação seguinte?
	9. Pode-se reduzir ou eliminar as interrupções?
	10. Pode-se combinar uma operação com uma inspeção?
11. As condições de manutenção da máquina são adequadas?	
OPERADOR	1. O operador é qualificado física e mentalmente para a execução da operação?
	2. Pode-se eliminar fadiga desnecessária através de uma mudança nas ferramentas, nos dispositivos, no arranjo físico ou nas condições de trabalho?
	3. É o salário adequado para tal espécie de trabalho?
	4. A supervisão é satisfatória?
	5. Pode a eficiência do operador ser aumentada por instrução complementar?
CONDIÇÕES DE TRABALHO	1. As condições de iluminação, calor e ventilação são satisfatórias para este trabalho?
	2. O operador pode trabalhar alternadamente sentado e em pé?
	3. Os vestiários, armários, sanitários etc. são adequados?
	4. Há risco desnecessário na execução da operação?
	5. A conservação e limpeza da fábrica são satisfatórias?

Fonte: adaptado de Barnes (1977).

Uma outra maneira apontada por Barnes (1977), para análise das operações é dividir-se o trabalho em três partes:

- preparação;
- execução (ou uso); e
- disposição.

A fase de execução caracteriza-se como objetivo principal do trabalho, sendo, a primeira e terceira fases, complementares. Normalmente, a preparação e a disposição da peça podem ser reduzidas e simplificadas sem prejudicarem a fase de execução ou uso de uma operação.

=====**Atividade 1**=====

Atende ao objetivo 1

Elabore o gráfico de operações para a atividade de montagem de caneta esferográfica. Os componentes da caneta são: corpo, carga, tampa e tampa traseira. Usar o círculo pequeno e círculo maior na elaboração, conforme utilizados na **Figura 6.1**.

O método de montagem de uma caneta esferográfica é descrito a seguir. Depósitos com o corpo da caneta, carga, tampa traseira e tampa frontal foram colocados sobre a bancada. O operador dirige-se ao depósito de corpo da caneta, agarra um deles com a mão esquerda e o transporta para a posição de trabalho. Posiciona e segura o corpo da caneta com a mão esquerda. Com a mão direita, alcança, agarra, desloca a carga de seu depósito.

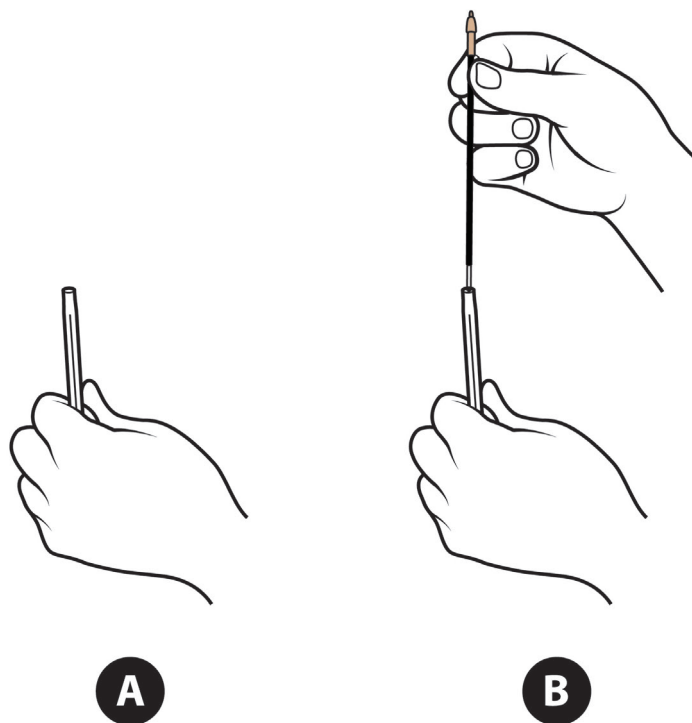


Figura 6.3: (a) agarra o corpo da caneta com a mão esquerda e o transporta para a posição de trabalho; (b) posiciona a carga com a mão direita e a monta no corpo, seguida por uma tampa traseira e por uma tampa frontal.

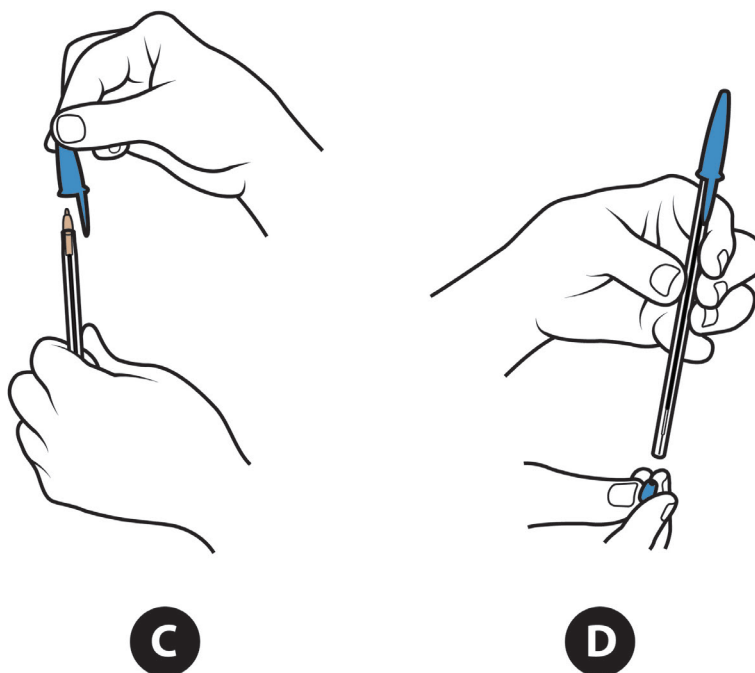
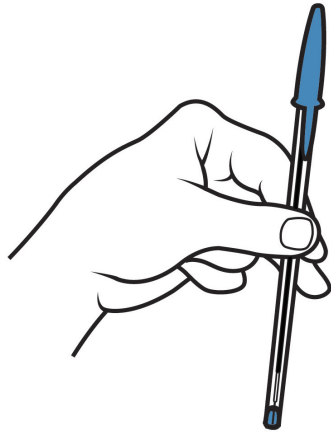
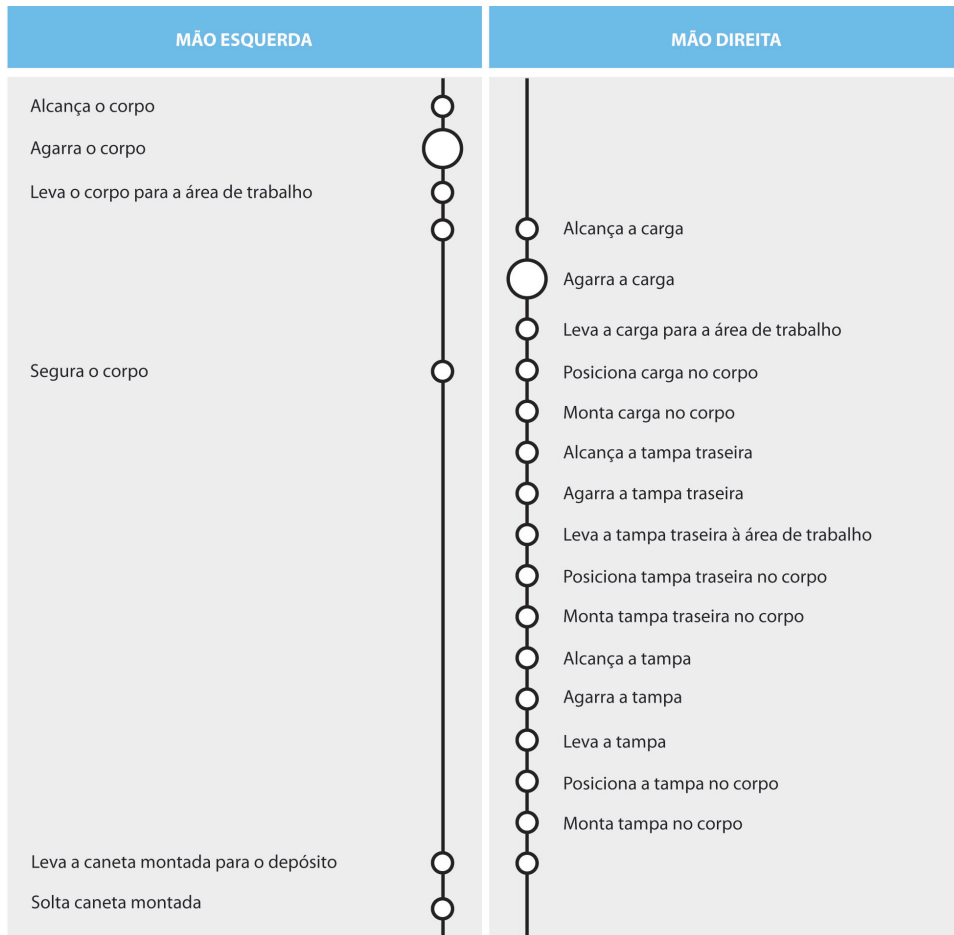


Figura 6.4: uma vez que a montagem da caneta esteja completa, com a mão esquerda, o operador coloca-a no depósito à sua esquerda.



E

Resposta comentada



Movimentos fundamentais das mãos

Segundo Barnes (1977), a maioria das tarefas é realizada com as duas mãos, resumindo todo o trabalho manual a um conjunto pequeno de movimentos fundamentais que se repetem e se combinam. Os dois grupos de movimentos normalmente usados são obter ou agarrar e dispor ou colocar. Geralmente após o agarrar, ocorre algum uso ou elemento do processo, por exemplo, usar um martelo para pregar um prego ou apertar um parafuso com uma chave.

O resultado dos primeiros trabalhos desenvolvidos por Frank B. Gilbreth relativos ao estudo de movimentos foi a classificação dos

elementos dos movimentos que entendeu serem frequentes aos diversos tipos de trabalhos manuais. Barnes (1977) afirma que ele criou a palavra *therblig* para utilizar como referência para qualquer uma das dezessete subdivisões elementares de um ciclo de movimentos.



A origem da palavra *therblig* é o anagrama da palavra Gilbreth. O objetivo de Frank B. Gilbreth era o de ter uma palavra curta, fazendo referência ao conjunto de movimentos fundamentais. Os *therbligs* representam a melhor classificação que possuímos para movimentos manuais, no entanto, não significa que alguns deles não possam ser mais subdivididos. O uso da expressão *therblig* é mais conveniente e representa um significado mais preciso do que movimento da mão ou elemento de movimento. Na discussão do estudo de movimentos com o pessoal da fábrica ou do escritório, recomenda-se aos engenheiros de produção usar o termo *movimento*.

O **Quadro 6.2** apresenta os dezessete movimentos fundamentais da mão, juntamente com seus símbolos do alfabeto e as cores correspondentes.

Quadro 6.2: símbolos e cores padronizadas para os movimentos fundamentais das mãos.

Nome do Símbolo	Símbolos	Cor
Procurar	Sh	Preto
Selecionar	St	Cinza-claro
Agarrar	G	Carmesim
Transporte vazio	TE	Verde-oliva
Transporte Carregado	TL	Verde
Segurar	H	Ouro-ocre
Soltar carga	RL	Vermelho-encarnado
Posicionar	P	Azul
Pré-posicionar	PP	Azul-celeste
Inspecionar	I	Ocre-queimado
Montar	A	Roxo

Desmontar	DA	Violeta
Usar	U	Púrpura
Demora inevitável	UD	Amarelo-ocre
Demora evitável	AD	Amarelo-limão
Planejar	Pn	Marrom
Descanso para recuperação	R	Laranja

Fonte: adaptado de Barnes (1977).

A seguir, serão apresentadas as definições dos movimentos fundamentais da mão.

- Procurar (Sh): representa a parte do ciclo em que os olhos ou as mãos estão à procura do objeto. Procurar começa quando os olhos ou as mãos iniciam a procura do objeto e termina quando o mesmo é encontrado.
- Selecionar (St): escolher um objeto dentre os demais de um grupo. Normalmente é impossível determinar os limites entre procurar e selecionar. Por esse motivo, torna-se comum combiná-los, referindo-se a ambos como um único *therblig*, *selecionar*. Assim, com uma definição mais abrangente, selecionar refere-se à procura e à localização de um objeto dentre vários outros, ou seja, selecionar inicia-se quando os olhos ou as mãos começam a procurar o objeto e finaliza quando o objeto é localizado. O exemplo de selecionar é localizar uma determinada caneta em um estojo contendo lápis, lapiseira, canetas de diversas cores e outros objetos.
- Agarrar (G): significa estabelecer controle sobre um objeto, fechando-o entre os dedos como etapa de preparação para levantá-lo, segurá-lo ou manipulá-lo. O início do agarrar é quando a mão ou os dedos entram em contato com o objeto e finaliza quando a mão tiver controle sobre ele, por exemplo, fechar os dedos ao redor da caneta sobre a mesa.
- Transporte vazio (TE): é o movimento sem resistência da mão vazia em direção ou afastando-se do objeto. O transporte vazio começa quando a mão inicia o movimento e finaliza quando acaba o movimento. Por exemplo, aproximando a mão vazia para agarrar a caneta sobre a mesa.
- Transporte carregado (TL): é quando se movimenta um objeto de um lugar para outro. O transporte do objeto pode ser feito com as

mãos ou com os dedos, ou através de deslizar, puxar ou empurrar o objeto. Considera-se também como transporte carregado quando a mão vazia é movimentada e encontra alguma resistência. Assim, o transporte carregado começa quando a mão movimenta um objeto, ou quando encontra resistência pela primeira vez; e termina quando cessa o movimento da mão. Podemos exemplificar o transporte carregado com o transporte de uma caneta do porta-canetas sobre a mesa para proceder à assinatura de uma carta.

- Segurar (H): significa reter um objeto, após ter sido agarrado, sem realizar nenhum movimento. Segurar começa quando o movimento do objeto está pausado e finaliza quando se inicia o próximo *therblig*. Por exemplo, segurar um parafuso com a mão esquerda, enquanto a mão direita monta uma arruela no mesmo.
- Soltar (RL): é o relaxamento do controle sobre um objeto. O início do soltar é quando a mão começa a abandonar o objeto e termina quando o objeto se separa totalmente das mãos ou dos dedos. Um exemplo é soltar o aparelho de celular depois de repousá-lo sobre a mesa.
- Posicionar (P): significa girar ou ajustar um objeto, de maneira que ele se adapte convenientemente ao local a que se destina. No entanto, existe a possibilidade de posicionar um objeto durante um transporte carregado. O carpinteiro, por exemplo, pode virar o prego com a ponta para baixo, pronto para uso, quando o está aproximando da tabua na qual será pregado; ou ainda, uma pessoa pode alinhar uma chave que deverá ser introduzida no buraco da fechadura. Posicionar começa quando a mão gira ou ajusta o objeto e termina quando este se encontra na posição ou localização desejada.
- Pré-colocar (PP): representa o ajuste de um objeto em posição pré-determinada, ou sua colocação na posição correta, para que possa ser usado em algum movimento seguinte. Normalmente, um gancho, uma braçadeira, ou um dispositivo especial segura o objeto, permitindo que seja facilmente agarrado, na posição em que será usado. Um exemplo de pré-colocar é alinhar uma caneta antes de soltá-la no porta-canetas. Assim, a caneta pode ser agarrada na posição correta, em uso posterior, eliminando o *therblig* posicionar.
- Inspeccionar (I): significa examinar um objeto para determinar se ele obedece ou não propriedades previamente estabelecidas, tais como: dimensão-padrão, forma e cor. A inspeção pode empregar a visão, a audição, o tato, o olfato ou o paladar. No entanto, inspeccionar é

uma reação mental e pode ocorrer simultaneamente com outros *therbligs*. Inspeccionar começa quando os olhos ou outras partes do corpo iniciam o exame do objeto e termina ao completar o exame. Por exemplo, realizar exame visual de botões de pérola na operação de separação final.

- Montar (A): colocar um objeto em outro, ou dentro de outro, com o qual ele formará uma peça inteira. Montar se inicia quando a mão movimentada a peça em seu lugar no conjunto e termina quando a mão completa a montagem. Colocar a tampa em uma lapiseira é um exemplo de montar.
- Desmontar (DA): é a separação de um objeto de outro, do qual o primeiro é parte integrante. Desmontar começa quando a mão remove a parte do conjunto e termina quando a parte estiver completamente separada dele. Um exemplo de desmontar é retirar a tampa de uma lapiseira.
- Usar (U): significa manipular uma ferramenta, um dispositivo ou parte de um aparelho com o objetivo para o qual ele foi planejado. Usar pode representar um grande número de casos específicos. Representa um movimento para o qual os movimentos precedentes foram, de certa forma, preparatórios e para o qual os que se seguem são complementares. Usar tem início quando a mão começa a manipular a ferramenta ou dispositivo e finda quando a mão termina a aplicação. Por exemplo, o uso de uma caneta na assinatura de uma carta.
- Demora inevitável (AD): é uma espera que não pode ser controlada pelo operador. Algumas causas que podem resultar em demora inevitável, são: (a) uma paralisação no processo; (b) uma característica da operação que não permita a uma parte do corpo trabalhar, enquanto as demais estejam ocupadas. A demora inevitável tem início quando a mão pausa sua atividade e termina quando a mão retoma a atividade. Por exemplo, a execução pela mão direita de um transporte longo para o lado direito, enquanto, ao mesmo tempo, a mão esquerda executa um transporte curto para o lado esquerdo. Uma demora inevitável ocorre ao fim do transporte da mão esquerda, permitindo um balanceamento dos tempos para as duas mãos.
- Demora evitável (UD): é quando o operador realiza qualquer espera que seja de sua responsabilidade ou que esteja sobre seu controle. Refere-se às esperas as quais o operador pode eliminar quando deseje.

A demora evitável começa quando a sequência pré-estabelecida de movimentos é interrompida e termina quando o método-padrão de trabalho é recommçado. Um exemplo de demora evitável é o operador parar todos os movimentos manuais.

- Planejar (Pn): refere-se a uma reação mental que antecede um movimento físico, ou seja, a decisão de como executar a tarefa. Inicia-se o planejar quando o operador começa a imaginar o próximo passo da operação e termina-se quando ele tiver determinado o procedimento a ser executado. Um exemplo é a montagem de um mecanismo complexo, em que o operador deve decidir que parte deverá ser montada em seguida.
- Repouso para eliminar a fadiga (R): representa uma tolerância relativa à fadiga com o objetivo específico de permitir ao trabalhador a recuperação da fadiga resultante de seu trabalho. O repouso se inicia quando o operador interrompe o trabalho e finaliza quando o trabalho é recommçado.
- Para exemplificar, o Quadro 6.3 apresenta a sequência dos movimentos fundamentais usados na assinatura de uma carta. Com esse exemplo, você pode perceber que a aplicação dos movimentos fundamentais é relativamente fácil, além de aprender seus nomes.

Quadro 6.3: movimentos fundamentais da mão para se assinar uma carta.

Nome e definição do movimento		Símbolo	Descrição do movimento
1	Transporte Vazio Indica o movimento da mão vazia no ato de alcançar um objeto. Adota-se que o movimento executado pela mão não encontra resistência tanto na aproximação quanto no afastamento do objeto.	TE	Alcança a caneta.
2	Agarrar É o ato de fechar os dedos ao redor de um objeto, segurando-o, em preparação ao ato de levantá-lo ou de manipulá-lo.	G	Segura a caneta. Fecha o polegar e os dedos ao redor da caneta.
3	Transporte Carregado Indica o ato de transferir um objeto de um lugar para outro. O objeto pode ser carregado pelas mãos ou pelos dedos, ou pode ser transferido de um lugar para outro por deslizamento ou arraste. Transporte carregado também indica o movimento da mão vazia contra uma resistência.	TL	Transfere a caneta para o papel.

4	Posicionar Indica o ato de virar ou colocar um objeto em tal posição que seja corretamente orientado para encaixar-se na posição correta.	P	Posiciona a caneta sobre o papel para escrever.
5	Uso Indica o ato de manipular uma ferramenta, dispositivo ou peça de equipamento com o objetivo pelas quais foram criados.	U	Assina a carta.
6	Transporte Carregado	TL	Recoloca a caneta no tinteiro.
7	Pré-Posicionar Indica o movimento de colocar o objeto num lugar pré-determinado ou localizá-lo na posição correta, pronto para algum novo movimento posterior.	PP	Enfia a caneta no tinteiro.
8	Soltar a Carga Indica o movimento de liberar o objeto.	RL	Solta a caneta
9	Transporte Vazio	TE	Volta com a mão junto à carta.

Fonte: Adaptado de Barnes (1977).

A melhor aplicação dos *therbligs* é na análise qualitativa, segundo Fullmann (2009), por não existir uma definição suficiente para associar-lhes tempo. Pode ser superada com a utilização simultânea de filmadora. Atualmente, usa-se circuito fechado de televisão e, principalmente, câmeras portáteis para uma observação mais precisa de qualquer trabalho.



Os símbolos *therbligs* continuam sendo utilizados para registro de observações operacionais, inclusive em serviços. A associação MTM da Alemanha, com filial em vários países, inclusive no Brasil, possui sistemas computadorizados como, por exemplo, o TyCon, que facilitam tais análises. Claudiney Fullmann, especialista brasileiro em Racionalização do Trabalho e Produtividade, professor e executivo de vivência internacional em Engenharia Industrial de Tempos e Métodos, relata que nos seus trabalhos

recentes desenvolvido na Alemanha, recebeu o suporte de especialistas que faziam análises quase instantâneas e ainda forneciam o tempo-padrão para o método observado.

Fonte: FULLMANN (2009).

=====**Atividade 2**=====

Atende ao objetivo 2

Utilizando os movimentos fundamentais das mãos, defina a sequência dos movimentos necessários para a situação descrita a seguir.

Utilizar a borracha da lapiseira que está dentro de um estojo com canetas, lápis e lapiseiras. Você precisa pegar a lapiseira, retirar a tampa do repositório da borracha, usar a borracha, tampar novamente o repositório da borracha e devolver a lapiseira ao estojo.

Resposta comentada

Movimentos da mão esquerda		Movimentos da mão direita	
Nome do movimento	Símbolo	Símbolo	Nome do movimento
<p>Demora Inevitável</p> <p>A mão esquerda permanece sem utilização. Nada existe para ela fazer. Portanto esta demora é chamada inevitável.</p>	UD	TE	<p>Transporte vazio</p> <p>Alcança a lapiseira no estojo.</p>
		St	<p>Selecionar</p> <p>Seleciona a lapiseira dentre as outras canetas, lápis e lapiseiras. Os olhos ajudam a mão a procurar e selecionar a lapiseira.</p>
		G	<p>Agarrar</p> <p>Envolver polegar e os outros dedos ao redor do corpo cilíndrico da lapiseira.</p>
<p>Transporte vazio</p> <p>A mão esquerda dirige-se, vazia, para a tampinha da lapiseira.</p>	TE	TL	<p>Transporte carregado</p> <p>Leva a lapiseira desde o estojo até uma posição vertical, na frente do corpo.</p> <p>Posicionar (em trânsito)</p> <p>A lapiseira encontra-se em posição horizontal quando agarrada. É transferida para a posição vertical quando em trânsito.</p>
<p>Agarrar</p> <p>Envolve-se o polegar e os outros dedos ao redor da tampinha.</p>	G	H	Segurar
<p>Desmontar</p> <p>A mão esquerda retira a tampinha da lapiseira.</p>	DA		
<p>Segurar</p> <p>A mão esquerda segura a tampinha da lapiseira.</p>	H	TL	<p>Transporte carregado</p> <p>Leva a lapiseira desde a frente do corpo até o papel.</p>
		P	<p>Posicionar</p> <p>Posicionara borracha sobre o papel.</p>
		U	<p>Usar</p> <p>Apaga o papel.</p>
		TL	<p>Transporte carregado</p> <p>Leva a lapiseira desde o papel até uma posição vertical, na frente do corpo.</p>

Montar			
A mão esquerda recoloca a tampinha na lapiseira.	A		Segurar
		TL	Transporte carregado Recoloca a lapiseira no estojo.
			Soltar Solta a lapiseira.

Conclusão

Pode-se dizer que, após um estudo global do processo e da implementação das melhorias apresentadas como promissoras, é o momento oportuno para estudar as operações específicas com o objetivo de propor melhorias. Algumas técnicas, como o gráfico de operação e os movimentos fundamentais das mãos são úteis quando o objetivo é a análise de operações.

O gráfico de operação é uma técnica adequada para análise de operações que permite visualizar o trabalho a partir de movimentos elementares das mãos e cujo objetivo principal é buscar o desenvolvimento de uma maneira melhor para executar determinada tarefa. A elaboração do gráfico de operações é bastante simples, usando apenas dois símbolos. O pequeno círculo é usado para indicar um transporte, como, por exemplo, o movimento da mão em direção a uma ferramenta, e o círculo maior aponta ações do tipo agarrar, posicionar, usar ou soltar a ferramenta.

Os movimentos fundamentais da mão foram classificados por Frank B. Gilbreth e chamados *therblig* para serem usados como referência para qualquer uma das dezessete subdivisões elementares de um ciclo de movimentos.

==== **Atividade final** =====

Atende aos objetivos 1 e 2

Associe a coluna “A” com a coluna “B”.

	Coluna A		Coluna B
1	Análise de operações		Busca promover um balanceamento entre o trabalho do homem do homem e o da máquina.
2	Gráfico do fluxo do processo/ Mapofluxograma		Referência para qualquer uma das dezessete subdivisões dos movimentos fundamentais.
3	Gráfico de operação		Estudar todos os movimentos utilizados por um operário na execução de uma operação a fim de propor melhorias.
4	Gráfico homem-máquina		Registrar os movimentos da mão esquerda no lado esquerdo de uma folha, e os movimentos da mão direita no lado direito da mesma.
5	Therblig		Estudo completo do processo produtivo.
6	Elaboração de um gráfico de operação		Um círculo pequeno é usado para indicar um transporte, e um círculo maior aponta ações do tipo agarrar, posicionar, usar ou soltar a ferramenta.

Resposta comentada

	Coluna A		Coluna B
1	Análise de operações	4	Busca promover um balanceamento entre o trabalho do homem do homem e o da máquina.
2	Gráfico do fluxo do processo/ Mapofluxograma	5	Referência para qualquer uma das dezessete subdivisões dos movimentos fundamentais.
3	Símbolos do Gráfico de operação	1	Estudar todos os movimentos utilizados por um operário na execução de uma operação a fim de propor melhorias.
4	Gráfico homem-máquina	6	Registrar os movimentos da mão esquerda no lado esquerdo de uma folha, e os movimentos da mão direita no lado direito da mesma.
5	Therblig	2	Estudo completo do processo produtivo.
6	Elaboração de um gráfico de operação	3	Um círculo pequeno é usado para indicar um transporte, e um círculo maior aponta ações do tipo agarrar, posicionar, usar ou soltar a ferramenta.



Resumo

O gráfico de operação, também chamado de *gráfico das duas mãos*, deve ser utilizado na análise de operações, pois permite visualizar as tarefas a partir de movimentos elementares das mãos, com o objetivo principal de desenvolver uma maneira melhor para executar determinada tarefa.

Para a construção do gráfico, dois símbolos são usados: um círculo pequeno, para indicar um transporte, e um círculo maior, para indicar ações do tipo agarrar, posicionar, usar ou soltar a ferramenta. A elaboração do gráfico consiste em: (1) desenhar um esquema da área de trabalho, indicar os depósitos e especificar o conteúdo de cada um, além indicar a localização de ferramentas e materiais; (2) observar os movimentos do operador, registrando mentalmente os movimentos da mão direita e da mão esquerda, em separado; e (3) registrar no lado esquerdo de uma folha os movimentos da mão esquerda e, de forma semelhante, os movimentos da mão direita, no lado direito da folha.

O estudo de movimentos desenvolvido por Frank B. Gilbreth resultou na classificação dos elementos dos movimentos que ele entendeu serem frequentes aos diversos tipos de trabalhos manuais. Ele criou a palavra *therblig* para utilizar como referência para qualquer uma das dezessete subdivisões elementares de um ciclo de movimentos. Os movimentos fundamentais da mão são: buscar, selecionar, agarrar, transporte vazio, transporte carregado, segurar, soltar, posicionar, pré-colocar, inspecionar, montar, desmontar, usar, demora inevitável, demora evitável, planejar e repouso para eliminar a fadiga.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, veremos os princípios de economia dos movimentos que podem ajudar no projeto de métodos de trabalho e que estão divididos em relação ao uso do corpo humano, ao local de trabalho e ao projeto de ferramentas e de equipamentos. Até lá!

Referências

BARNES, R. M. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. Tradução da 6. ed. americana. São Paulo: Editora Blucher, 1977.

FULLMANN, C. *O trabalho: mais resultado com menos esforço, custo - passos para a produtividade*. São Paulo: Educator, 2009.

Leituras recomendadas

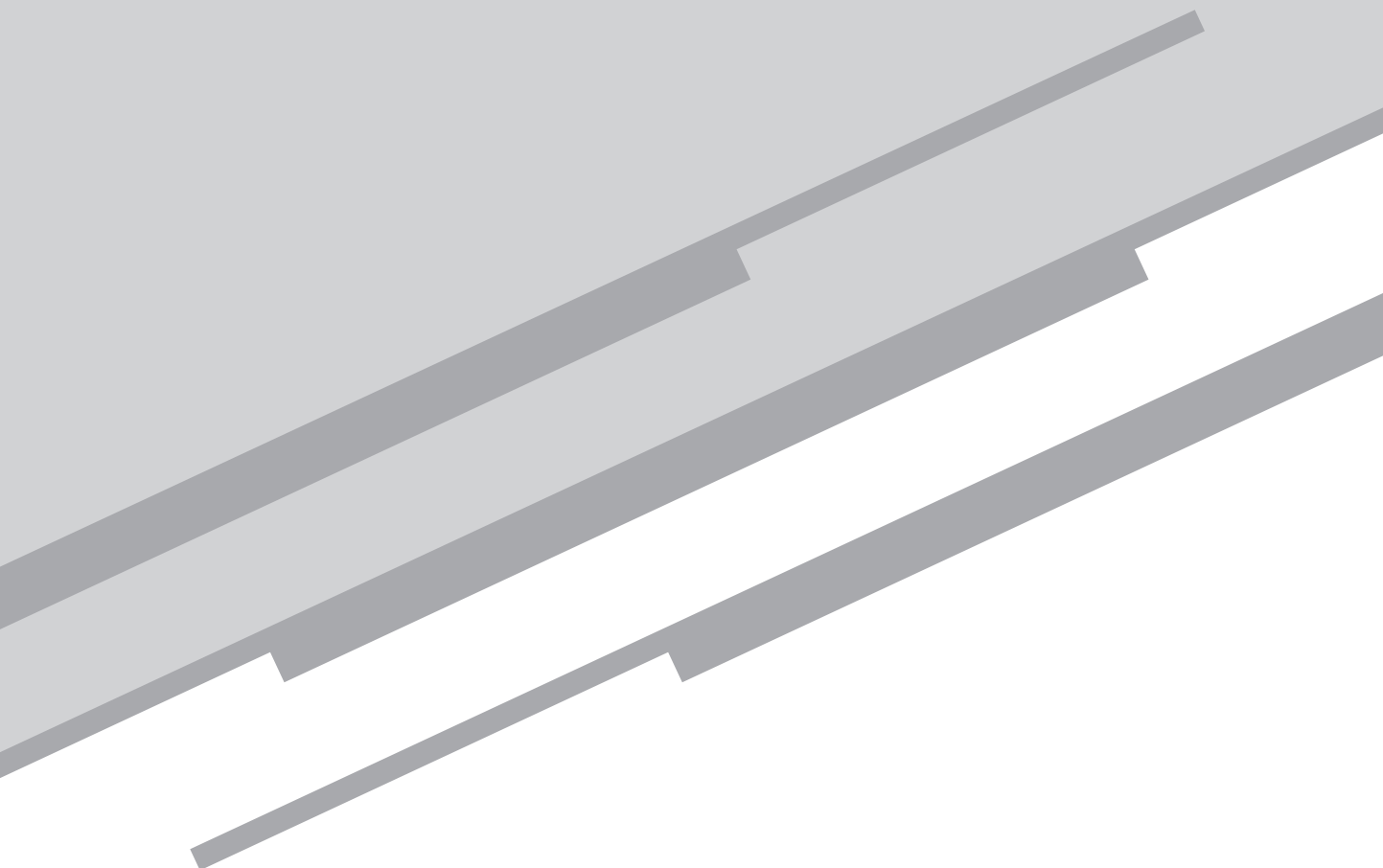
ANTUNES, J. et al. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto de gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.

Aula 7

Princípios de economia dos movimentos



Meta

Apresentar os princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso do corpo humano, com o local de trabalho e com o projeto de ferramentas.

Objetivos

Esperamos que, ao final dessa aula, você seja capaz de:

1. identificar os princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso do corpo humano;
2. descrever os princípios de economia dos movimentos relacionados com o local de trabalho;
3. definir os princípios de economia dos movimentos relacionados com o projeto de ferramentas.

Introdução

Dentre as diversas contribuições de Frank B. Gilbreth, resultado dos seus estudos de análise dos movimentos, estão os princípios de economia dos movimentos. Tais princípios representam certas regras para eficiência e economia dos movimentos que influenciam no trabalho das mãos e receberam contribuições de outros estudiosos da área, posteriormente à divulgação de Gilbreth. No entanto, os princípios de economia dos movimentos podem ser entendidos como regras aplicadas para eliminar movimentos desnecessários e dispor os movimentos restantes em uma sequência adequada.

A partir dessa contextualização, podemos iniciar nossa aula, que se propõe a apresentar os princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso do corpo humano, com o local de trabalho e o projeto de ferramentas.

Princípios de economia dos movimentos

Os princípios de economia de movimentos, resultado de experiências e de bom senso, segundo Fullmann (2009), são um excelente ponto de partida para a simplificação do trabalho, sendo mais econômicos que qualquer outro estudo e mais rentáveis que qualquer aquisição de novo equipamento. Podem ser aplicados tanto em oficinas como em escritórios, com o objetivo de melhorar a eficiência e de diminuir a fadiga; ou seja, mais resultado com menos esforço.

Os princípios de economia de movimentos, para Barnes (1977), não representam todos os fatores que influenciam na determinação de melhores métodos para a execução de um trabalho. No entanto, esses princípios, formam um conjunto de regras que, se aplicados por uma pessoa treinada na técnica do estudo de movimentos, permitirá aumento significativo na produção do trabalho com um mínimo de fadiga.

Esses princípios serão apresentados sob as três seguintes subdivisões:

- princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso do corpo humano;
- princípios de economia dos movimentos relacionados com o arranjo do local de trabalho;
- princípios de economia dos movimentos relacionados com o projeto das ferramentas e equipamentos.

Princípios de economia dos movimentos relacionados como o uso do corpo humano

De acordo com Barnes (1977), são nove os princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso do corpo humano, os quais serão apresentados a seguir.



As duas mãos devem iniciar e terminar os seus movimentos no mesmo instante.

As duas mãos não devem permanecer inativas ao mesmo tempo, exceto durante os períodos de descanso

Os movimentos dos braços devem ser executados em direções opostas e simétricas, devendo ser feitos simultaneamente.

Os três princípios iniciais são diretamente relacionados e devem ser abordados em conjunto. Normalmente, as pessoas avaliam como normal trabalhar produtivamente com uma das mãos enquanto a outra segura o objeto no qual se executa o trabalho. No entanto, deseja-se que as duas mãos trabalhem juntas, cada uma delas iniciando e completando o movimento ao mesmo tempo. Em síntese, os movimentos das duas mãos devem ser simultaneamente simétricos.

Em muitos tipos de trabalho, segundo Barnes (1977), pode-se produzir mais usando-se as duas mãos, em vez de apenas uma. Normalmente, torna-se benéfico para as pessoas realizar tarefas semelhantes nos lados direito e esquerdo do local de trabalho, possibilitando que as mãos direita e esquerda se movimentem juntas, cada uma delas executando movimentos iguais. A simetria dos movimentos dos braços tende a se balancear mutuamente, reduzindo os choques sobre o corpo e permitindo ao trabalhador executar sua tarefa com menor esforço físico e mental. Devido à necessidade de equilíbrio, os movimentos simétricos das mãos desenvolvem menores tensões no corpo humano quando comparado com os movimentos assimétricos.

Para ilustrar a análise dos movimentos da mão com a aplicação dos três primeiros princípios de economia no desenvolvimento de melhores métodos será apresentado o exemplo da montagem de parafuso e arruelas.



Montagem de Parafuso e Arruelas

Uma empresa utiliza parafusos com três arruelas na montagem final de um dos seus produtos. O método de montagem dos parafusos era composto de depósitos com parafusos, arruelas de retenção de aço e arruelas de borracha que eram colocados sobre a bancada. O operador dirigia-se ao depósito de parafusos, agarrava um deles com a mão esquerda e o transportava ao local de montagem. Com a mão direita, agarrava uma arruela de retenção de seu depósito sobre a bancada e colocava no parafuso, seguida por uma arruela de aço e por uma arruela de borracha. Com a mão esquerda, o operador colocava o conjunto no depósito à sua esquerda. Observamos na montagem a violação dos três princípios, ou seja, a mão esquerda segurou o parafuso durante a maior parte do ciclo, enquanto que a direita trabalhava produtivamente. Tampouco eram simétricos ou simultâneos os movimentos das duas mãos. No método melhorado, construiu-se um dispositivo de madeira cercado por alimentadores metálicos de gravidade. Os alimentadores que contêm as arruelas estão dispostos em duplicata e os fundos dos alimentadores são inclinados para frente, de modo que os materiais caem, por gravidade, em frente ao dispositivo, conforme as peças para a montagem forem sendo usadas. Fizeram-se dois furos escareados na parte frontal do dispositivo, nos quais as três arruelas se ajustam com certa folga. Um furo, ligeiramente maior do que o diâmetro do parafuso, atravessa o dispositivo. Colocou-se uma rampa metálica em frente ao dispositivo de madeira, com aberturas para a direita e para a esquerda dos dois recessos, de tal forma que os conjuntos montados podem ser soltos no início dessa rampa e transportados, por gravidade, a um depósito debaixo da bancada. Na montagem, as duas mãos se movem simultaneamente para os alimentadores, agarram as arruelas de borracha e soltam-nas nos dois recessos do dispositivo. As duas mãos, de maneira semelhante, escorregam as arruelas

de aço sobre as arruelas de borracha e, finalmente, as arruelas de retenção. Cada mão, então, agarra um parafuso e o introduz através das arruelas que se encontram alinhadas, devido a seus furos serem concêntricos. O furo da arruela de borracha é ligeiramente menor que o diâmetro externo do parafuso, de forma que quando este é forçado através do furo, as duas peças se ajustam, permitindo ao conjunto ser retirado sem que as arruelas caiam. No método melhorado, as duas mãos iniciam e terminam seus movimentos no mesmo instante e se deslocam simultaneamente em direções opostas.



Deve ser empregado o movimento manual que corresponda à classificação mais baixa de movimentos e com o qual seja possível executar satisfatoriamente o trabalho.

Esse princípio aborda o dispêndio mínimo de energia. Segundo Fullmann (2009), os movimentos necessários ao trabalho devem acionar as menores massas musculares possíveis.

Tabela 7.1: classificação geral dos movimentos da mão.

Ordem Crescente	Órgão	Eixo
1	Mão	Junta do dedo
2	Mão e dedos	Punho
3	Antebraço, mão e dedos	Cotovelo
4	Braço, antebraço, mão e dedos	Ombro
5	Clavícula, braço, antebraço, mão e dedos	Tronco

Fonte: FULLMANN, 2009.

A **Tabela 7.1** apresenta a classificação geral dos movimentos da mão, na visão de Barnes (1977): a localização dos materiais e ferramentas devem estar tão próximas quanto possível do local de uso, e os movimentos manuais devem ser tão curtos quanto o trabalho permitir. A classificação mais baixa requer quantidades mínimas de esforço e de tempo, e provavelmente produz menos **fadiga**.

No entanto, Barnes (1977) afirma que, por mais desejável que seja manter os movimentos manuais tão curtos quanto possível, não é correto admitir-se que os movimentos dos dedos sejam menos fatigantes que os movimentos do antebraço. Em outro estudo de movimentos, concluiu que os movimentos dos dedos eram mais fatigantes, menos precisos e mais lentos que os movimentos do antebraço. Assim, as evidências mostram que o antebraço é o membro mais indicado para ser usado em trabalhos leves e que, em tarefas altamente repetitivas, os movimentos em torno do pulso e do cotovelo são superiores em todos os aspectos aos dedos ou dos ombros. Dessa forma, temos o quinto princípio.



Deve-se empregar a quantidade de movimento necessária para ajudar o trabalhador quando possível, sendo reduzida ao mínimo nos casos em que tiver de ser vencida pelo esforço muscular.

Segundo Barnes (1977), a quantidade de movimento de um objeto é sua massa multiplicada por sua velocidade. Na maioria do trabalho realizado nas fábricas, o peso total deslocado pelo operador consiste de três partes:

- o peso do material transportado;
- o peso das ferramentas ou dispositivos;
- e o peso da parte do corpo em deslocamento.

Frequentemente é possível usar-se o impulso da mão, do material ou da ferramenta com o objetivo de executar trabalho útil. Quando for necessário um golpe forte, os movimentos do operador devem ser dispostos de modo que tal golpe seja executado quando atingir sua máxima quantidade de movimento.

Fadiga

Efeito de um trabalho continuado, provocando a redução reversível da capacidade do organismo e uma degradação qualitativa desse trabalho. Ela pode ser causada por um conjunto complexo de fatores, cujos efeitos são cumulativos. Primeiramente, estão os fatores fisiológicos, relacionados com a intensidade e duração do trabalho físico e mental. Em seguida, há uma série de fatores psicológicos, como a monotonia, a falta de motivação; e, por fim, os fatores ambientais e sociais, como a iluminação, os ruídos, as temperaturas e o relacionamento social com a chefia e os colegas de trabalho.

Fonte: IIDA, 2005.

Em várias situações, a quantidade de movimento é indesejável, por não tem valor produtivo e pela necessidade de os músculos quase sempre se contraporem à quantidade de movimento desenvolvida. Nessas circunstâncias, as três classes de peso citadas anteriormente devem ser estudadas com o intuito de se reduzir cada uma delas ao mínimo. Ainda deve-se reduzir a velocidade dos movimentos, empregando movimentos o mais curtos possíveis. Algumas ferramentas são mais eficientes quando seu peso é o menor possível. Em vários trabalhos, por exemplo, uma enxada pesada é mais fatigante do que uma com as mesmas dimensões e rigidez, contudo mais leve.

Como regra geral, Barnes (1977) afirma que cada caso é função da circunstância e das condições que lhe são peculiares. Consequentemente, cada problema deve ser resolvido a partir de um estudo específico.

Para ilustrar o quinto princípio de economia de movimentos será apresentado o exemplo da construção de um muro de tijolos.



Construção de um Muro de Tijolos

Na construção de um muro de tijolos, se o transporte dos tijolos da plataforma à parede for realizado sem paradas, a quantidade de movimento proporciona importante ajuda para compactar as juntas cheias de argamassa. A maneira ideal de levar os tijolos é numa trajetória reta, permitindo que o contato com a parede vença a quantidade de movimento.

Fonte: BARNES, 1977.



Os movimentos suaves, curvos e contínuos das mãos são preferíveis aos movimentos em linha reta que necessitem de mudanças bruscas de direção.

A ação de movimentar um lápis para frente e para trás em uma folha de papel consiste de duas fases: movimento, parada e mudança de direção. Um estudo dos movimentos manuais mostrou que 75% a 85% do tempo necessário para se fazer um movimento completo de ida e volta é usado na movimentação da mão, enquanto os restantes 15% a 25%, na mudança de direção. Ou seja: durante 15% a 20% do tempo, mão e lápis estão imóveis. Outros estudos apontam que movimentos contínuos em curva são preferíveis a movimentos em linha reta que envolvem mudanças bruscas e rápidas de direção. Essas mudanças, além de consumirem tempo, fatigam o operador.



Os movimentos parabólicos são mais rápidos, mais fáceis e mais precisos do que os movimentos restritos ou “controlados”.

Segundo Barnes (1977), os movimentos voluntários dos membros do corpo humano podem ser divididos em dois grupos. Um grupo é o dos movimentos controlados ou de fixação, que contraem grupos opostos de músculos, ou seja, um grupo contra o outro. Por exemplo, no deslocamento de um lápis em direção ao papel, como ato preparatório para a escrita, entram em ação dois ou mais grupos de músculos. Os grupos positivos de músculos deslocam a mão e os grupos antagônicos opõem-se aos movimentos. Quando os dois grupos de músculos agem de forma desbalanceada a mão permanece fixa, embora se encontre preparada para agir em qualquer direção e a qualquer momento.

O segundo grupo contempla o movimento balístico que é um movimento rápido e fácil, causado por uma única contração de um grupo positivo de músculos, sem qualquer contração de músculos contrários que procurem se opor ao deslocamento. Assim, a contração dos músculos coloca o membro do corpo em movimento e, como esses músculos agem apenas durante a primeira parte do deslocamento, o membro desliza durante a parte restante da trajetória com os músculos relaxados. O movimento balístico é controlado pelo impulso inicial. Uma vez iniciado, não pode ter sua trajetória alterada.

O movimento balístico pode terminar:

- pela contração de músculos oponentes;
- por um obstáculo.
- por dissipação do impulso do movimento.



Figura 7.1: tacada de golfe, um exemplo de dissipação do impulso do movimento.

Fonte: <https://pixabay.com/pt/photos/golf-jogou-golfe-p%c3%b4r-do-sol-787826/>.

O movimento balístico é o mais indicado em relação ao movimento de fixação. Algumas características do movimento balístico que justificam a sua utilização sempre que possível:

- menos fatigante, pois os músculos se contraem somente no início do movimento, estando relaxados durante a parte restante, devendo ser usado sempre que possível;
- mais poderoso, mais rápido, mais preciso e menos propício a causar câimbras musculares;
- mais suave que o movimento de fixação, que é causado pela contração de dois grupos de músculos, um agindo contra o outro, de maneira contínua.



Figura 7.2: um exemplo que ilustra o movimento balístico é o de um carpinteiro quando usa o martelo, a fim de pregar um prego. Ele orienta o martelo e, então, inicia o golpe. Os músculos se contraem apenas durante a primeira parte do movimento e ficam inativos durante a segunda parte da trajetória.

Fonte: <https://pixabay.com/pt/photos/faz-tudo-montagem-de-m%C3%B3veis-martelo-3546195/>.



Figura 7.3: o movimento balístico é aquele ensinado aos pianistas, violinistas e atletas, pois todos eles necessitam de movimentos rápidos e precisos.

Fonte: <https://www.flickr.com/photos/simononly/16767956142/>.

Licença Pública Creative Commons Atribuição-NãoComercial 2.0 Genérica (CC BY-NC 2.0)



O trabalho deve ser disposto de modo a permitir ritmo suave e natural sempre que possível.

Segundo Fullmann (2009), a aquisição de ritmo é essencial à execução fácil e automática do trabalho. O tempo de ação e de repouso de cada sistema muscular e nervoso do corpo humano constitui o ritmo que permite, a cada alternativa, a recuperação da energia despendida e a redução da fadiga.



Efeito da fadiga no ritmo

Uma fábrica de talheres realizou um estudo nas operações de polimento e observou que, durante a manhã, os polidores trabalhavam com velocidade uniforme, terminando as peças em intervalos regulares. No entanto, no período da tarde, a pressão usada para segurar a faca ou a colher contra a politriz aumentava, usando um maior número de golpes; e o tempo para polir uma peça era maior do que o da manhã, quando era mantido ritmo regular. Desta forma, a fadiga parece influenciar o ritmo, perturbando a coordenação que permite trabalho rápido e fácil.

Fonte: BARNES, 1977.



Fixações dos olhos deveriam ser reduzidas a um mínimo e se encontrarem tão próximas entre si quanto possível.

Na execução de um trabalho que requer percepção visual, segundo Barnes (1977), é desejável que a tarefa seja disposta de modo a permitir aos olhos dirigirem o trabalho efetivamente, isto é: o local de trabalho deve se disposto de forma às fixações dos olhos serem reduzidas a um mínimo e se encontrarem tão próximas entre si quanto possível.

Atividade 1

Atende ao Objetivo 1

Quanto aos princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso do corpo humano, é correto afirmar:

- (a) as mãos devem ser aliviadas de todo o trabalho que possa ser executado mais convenientemente por um dispositivo, um gabarito, ou um mecanismo acionado a pedal.
- (b) deve-se empregar a quantidade de movimento para ajudar o trabalhador quando possível, devendo ser reduzida ao mínimo nos casos em que tiver de ser vencida pelo esforço muscular.
- (c) materiais e ferramentas devem ser localizados de forma a permitirem a melhor sequência de movimentos.
- (d) deve-se providenciar condições adequadas para a visão. A boa iluminação é o primeiro requisito para percepção visual satisfatória.
- (e) devem-se localizar alavancas, barras cruzadas e volantes em posições tais que o operador possa manipulá-los com alteração mínima da posição do corpo e com a maior vantagem mecânica.

Resposta comentada

A resposta correta é a opção (b).

Princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso o local de trabalho

Os oito princípios de economia dos movimentos relacionados com o local de trabalho serão discutidos a seguir.



Deve existir lugar definido e fixo para todas as ferramentas e materiais.

Segundo Barnes (1977), o operador deve poder encontrar sempre as ferramentas e materiais no mesmo local. De maneira semelhante, peças acabadas e conjuntos montados devem ser dispostos em locais visíveis. A definição de posições fixas para os materiais e ferramentas auxilia o trabalhador na formação do hábito, permitindo desenvolvimento rápido de automaticidade dos movimentos das mãos.

Deve-se destacar que é extremamente conveniente ao trabalhador poder trabalhar com o mínimo de direção mental consciente. Normalmente, os materiais e as ferramentas encontram-se espalhados sobre o local de trabalho, necessitando que o operador exerça um esforço mental para procurar a peça ou a ferramenta necessária para a execução de uma tarefa.

Com a disposição adequada dos materiais e das ferramentas e um pouco de prática, o operador, de maneira automática, executaria o trabalho na sequência adequada, com rapidez e mínimo esforço. Assim, os materiais ou ferramentas localizados em posição definida serão retirados de um mesmo lugar; a mão, automaticamente, encontra a localização certa dos mesmos, e, em muitos casos, os olhos podem permanecer fixos no ponto onde as ferramentas ou materiais serão utilizados.

Na montagem do parafuso com as arruelas, por exemplo, o movimento da mão deve acontecer sem direção mental para o alimentador contendo as arruelas de borracha, para as arruelas de aço, para as arruelas de retenção e, por último, para os parafusos.



Ferramentas, materiais e controles devem se localizar perto do local de uso.

Para Barnes (1977), no local de trabalho, como por exemplo, uma bancada, máquina, escrivaninha ou mesa, as ferramentas e materiais devem ser arranjados em áreas limitadas por arcos de círculo. A área normal de trabalho, considerando o plano horizontal, é uma área que pode ser usada pelo operário com dispêndio normal de energia. A área normal de trabalho para a mão direita é determinada por um arco descrito por um movimento da mão direita sobre a mesa. Somente o antebraço está na horizontal. O braço permanece em sua posição natural ao lado do corpo, até o ponto em que tende a se afastar dele, quando a mão movimenta-se em direção à parte extrema do local de trabalho. A área normal de trabalho para a mão esquerda é determinada de forma semelhante. Os arcos normais obtidos com as mãos direita e esquerda se cruzam em um ponto à frente do trabalhador. A área comum constitui a zona na qual o trabalho com as duas mãos pode ser feito mais convenientemente.

A área máxima de trabalho para a mão direita é determinada pela área percorrida durante o movimento circular da mão direita sobre a mesa, tendo como centro o ombro direito. A área máxima de trabalho para a mão esquerda é determinada de forma semelhante. A parte comum às duas áreas constitui a zona além da qual o trabalho com as duas mãos não pode ser executado sem perturbar consideravelmente a postura, o que é acompanhado de fadiga excessiva.

As **Figuras 7.4 e 7.5** mostram a importância de dispor o material em torno do local de trabalho e tão próximo quanto possível. Na **Figura 7.4**, os cinco alimentadores que contêm o material estão fora da área máxima de trabalho, necessitando da curvatura do corpo, a fim de alcançá-los.

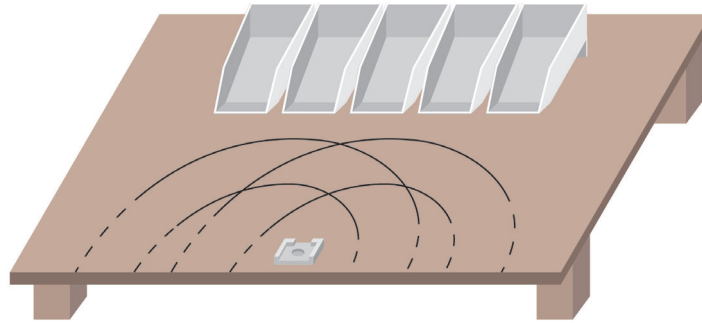


Figura 7.4: arranjo físico incorreto do local de trabalho. Os alimentadores estão excessivamente afastados do dispositivo para montagem. O operador precisa inclinar-se à frente a fim de pegar as peças nos alimentadores.

Fonte: BARNES, 1977.

Na **Figura 7.5**, os alimentadores estão alocados dentro da área normal de trabalho, não exigindo nenhum movimento do corpo. A utilização de dispositivo duplo e de alimentadores colocados simetricamente a cada lado do dispositivo permite que as duas mãos façam movimentos, em direções opostas, durante a execução da operação. Este arranjo facilita movimentos naturais, fáceis e cadenciados dos braços.

Para Barnes (1977), as ferramentas e peças que são manuseadas diversas vezes na execução de uma operação devem ser posicionadas mais próximas da posição de trabalho do que aquelas manuseadas apenas uma vez. Nesse contexto, é igualmente relevante lembrar que as peças devem ser dispostas de modo a permitirem movimentos mais curtos do olhar, menor número de focalizações dos olhos e melhor sequência de movimentos; colaborando, além disso, com o desenvolvimento rápido de movimentos automáticos e rítmicos do trabalhador.

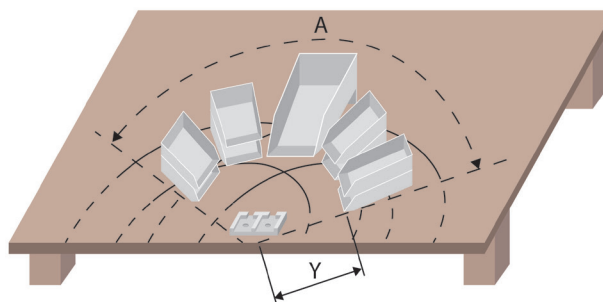


Figura 7.5: arranjo físico correto do local de trabalho. Os alimentadores estão próximos do dispositivo, possibilitando ao operador obter as peças nos alimentadores com movimentos fáceis e rápidos do antebraço.

Fonte: BARNES, 1977.



Montagem de Interruptor Metálico

Uma operação consiste na montagem de alguns parafusos em uma placa de interruptor metálico. Os alimentadores com os parafusos devem ser colocados mais próximos do dispositivo do que os alimentadores com as placas, pois apenas uma placa é transportada do alimentador ao dispositivo por ciclo; enquanto diversos parafusos devem ser transportados de seus alimentadores ao dispositivo.

Fonte: BARNES, 1977.



Deverão ser usados depósitos e alimentadores por gravidade para disporem o material mais perto do local de uso.

A utilização de alimentador com o fundo inclinado possibilita que o material escorregue por gravidade e seja posicionado na frente, evitando que o operador tenha que colocar suas mãos na caixa, a fim de agarrar as peças. No entanto, em algumas situações não é possível escorregar o material à sua posição, como por exemplo, na montagem do parafuso e das arruelas.

Na utilização de diversas peças, como na montagem de um interruptor elétrico, torna-se necessário colocar os alimentadores uns sobre os outros, para que o material permaneça a uma distância conveniente do operador. Segundo Barnes (1977), os alimentadores com dimensões padronizadas são obrigatórios em várias fábricas. Os alimentadores são intercambiáveis, existindo três alturas e três larguras diferentes. Com o uso desses alimentadores padronizados, pode-se fazer qualquer combinação que convenha à operação em análise. Algumas indústrias buscam fazer seus alimentadores de tamanho suficiente para conter o material necessário a quatro horas de trabalho, o que, provavelmente, é uma dimensão econômica para várias espécies de material.



A distribuição da peça processada deve ser feita por gravidade, sempre que possível.

A disposição do trabalho deve ser executada de maneira que as unidades acabadas possam ser simplesmente largadas na posição em que são completadas, usando a gravidade para chegar ao seu destino. Para Barnes (1977), a utilização da gravidade economiza tempo e libera as duas mãos de tal forma que elas possam dar início ao próximo ciclo imediatamente, sem perturbar o ritmo. Na utilização de uma rampa para transportar as peças acabadas, ela deve ser localizada de modo que as peças possam ser largadas na posição em que são terminadas, ou o mais perto possível deste ponto.

Um estudo da operação de calibrar pequenos pinos mostrou o tempo que pode ser perdido na disposição de peças acabadas. Tal estudo contemplou uma operação de calibrar pequenos pinos em um dispositivo montado na borda de uma mesa e, em seguida, jogá-lo em uma caixa, localizada inicialmente à distância de 7,5 cm do dispositivo; depois, à distância de 25 cm; e, finalmente, à distância de 50 cm. O tempo necessário para os movimentos *transporte carregado* e *soltar* foi mínimo quando os pinos eram jogados na caixa mais próxima do dispositivo. Para a caixa a 25 cm foi necessário 18% a mais de tempo; porcentagem que passou a 34% quando a caixa se encontrava a 50 cm.



Materiais e ferramentas devem ser localizados de forma a permitirem a melhor sequência de movimentos.

Segundo Barnes (1977), o material utilizado no início de um ciclo deve ser colocado próximo ao ponto em que se coloca a peça acabada

no próximo ciclo. Na montagem do parafuso e das arruelas, exemplificada no boxe explicativo, as arruelas de borracha localizavam-se em alimentadores próximo à rampa, na qual os conjuntos eram colocados, nos últimos movimentos do ciclo anterior. O tempo de execução de um ciclo pode ser afetado pela posição do movimento. Por exemplo, o tempo necessário para o movimento *transporte vazio* é certamente maior quando seguido pelo movimento *selecionar* do que quando seguido por um movimento bem definido, como o de *agarrar* uma peça pré-posicionada. A explicação é que a mente inicia a *seleção* durante o *transporte vazio*. Um movimento de *transporte carregado* pode ser retardado quando é seguido por um posicionamento, devido à necessidade de preparação mental para posicionar. O tempo para o movimento *agarrar* é afetado pela velocidade da mão no movimento que precede ao agarrar. Dessa forma, devemos entender que uma sequência adequada de movimentos em um determinado tipo de trabalho pode auxiliar a determinação da sequência eficiente a outros tipos de trabalho.



Devem-se providenciar condições adequadas para a visão. A boa iluminação é o primeiro requisito para a percepção visual satisfatória.

Para Barnes (1977), os requisitos de iluminação necessários a um tipo de trabalho nem sempre são os mais adequados para um outro tipo.



Les Roches Global Hospitality Education

Figura 7.6: por exemplo, os requisitos para uma boa visão em trabalho de relojoaria seriam diferentes daqueles recomendados para a inspeção de couros ou de placas estanhadas em busca de defeitos superficiais.

Fonte: <https://www.flickr.com/photos/lesroches/34817129015/>.

Licença Pública Creative Commons Atribuição-NãoComercial 2.0 Genérica (CC BY-NC 2.0)

No entanto, o fornecimento de iluminação satisfatória adequada torna a visão mais fácil em cada caso, embora nem sempre possa ser a solução completa do problema. A iluminação adequada significa:

- luz de intensidade suficiente para a tarefa em estudo;
- luz de cor adequada e sem ofuscamento;
- e luz proveniente da direção correta.

Na definição de iluminação adequada, devem ser considerados conjuntamente a intensidade de iluminação incidente sobre um objeto e o fator de reflexão do objeto, ou do fundo no qual este está localizado.



A altura do local de trabalho e da banqueta que lhe corresponde deve ser tal que possibilite ao operário trabalhar alternadamente em pé e sentado, tão facilmente quanto possível.

As alturas do local de trabalho e da banqueta devem permitir ao trabalhador variar sua posição de trabalho, sentando-se ou ficando em pé, conforme preferir. Esta disposição possibilita que a pessoa descanse certos grupos de músculos; além de que uma mudança de posição sempre tende a melhorar a circulação. Tanto a posição em pé quanto a posição sentada produzem maior fadiga do que a posição alternada. Em diversos tipos de trabalho, providenciar a combinação de sentar-se e levantar-se é fácil.



Deve-se fornecer a cada trabalhador uma cadeira do tipo e de altura tais que permitam boa postura.

A boa postura, para Barnes (1977), significa uma pessoa ficar em pé corretamente, com os vários segmentos do corpo, tais como: cabeça, pescoço, tórax e abdômen balanceados verticalmente, uns sobre os outros, de tal maneira que o peso se aplique principalmente na estrutura óssea, exercendo um mínimo de tensão nos músculos e ligamentos. Nessa postura, sob condições normais, as funções orgânicas – respiração, circulação, digestão etc. – são executadas com mínima obstrução mecânica e com eficiência máxima.

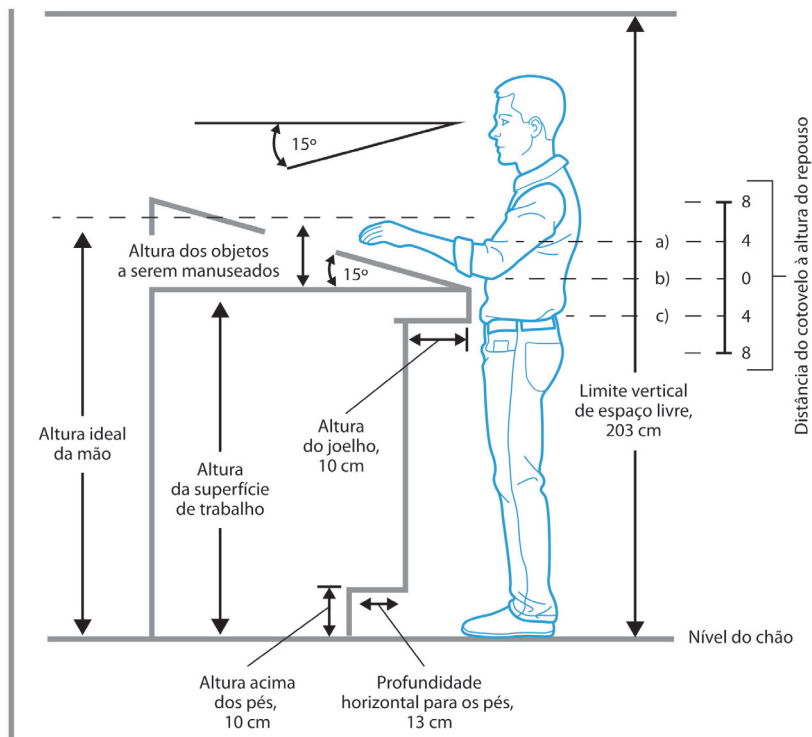


Figura 7.7: dimensões ideais de uma estação de trabalho para quem trabalha em pé.

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dimensiones_estacion_de_trabajo.png.

Em relação ao uso do corpo, a postura correta para se trabalhar sentado é manter o corpo em linha reta, dos quadris ao pescoço; não devendo flexioná-lo na cintura. A cadeira deve facilitar o trabalhador a manter uma boa postura.

Na visão de Barnes (1977), uma boa cadeira deve ter as seguintes características.



Figura 7.8: Dimensões ideais de uma estação de trabalho para quem trabalha sentado.

Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ergonomia.jpg>.

- A altura deve ser ajustável, de modo que permita ser facilmente adaptada ao indivíduo que usa. A cadeira deve ser ajustada a uma altura que possibilite ao trabalhador sentar-se confortavelmente, com ambos os pés descansando sobre o chão ou sobre o apoio.
- A cadeira deve ser de construção rígida, preferivelmente com estrutura de aço e assento e apoio para as costas em madeira.
- O assento da cadeira deve ter forma adequada. Deve permitir que o peso do corpo se distribua por igual, sendo assim, confortável.
- Deve existir um apoio para as costas que suporte a parte inferior da espinha.

Atividade 2

Atende ao Objetivo 2

Cite três princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso do local de trabalho.

Resposta comentada

Dentre os princípios relacionados ao local de trabalho, podemos citar:

- a necessidade de existir lugar definido e fixo para todas as ferramentas e materiais;
- a utilização de depósitos e caixas alimentadoras por gravidade para distribuição do material o mais perto do local de uso;
- a localização de materiais e ferramentas deve permitir a melhor sequência dos movimentos.



Princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso o projeto de ferramentas e equipamentos

Os cinco princípios de economia dos movimentos relacionados com o projeto de ferramentas e equipamentos, de acordo com Barnes (1977), serão apresentados a seguir.



As mãos devem ser aliviadas de todo o trabalho que possa ser executado mais convenientemente por um dispositivo, um gabarito ou um mecanismo acionado a pedal.

Segundo Barnes (1977), a partir da simples observação das ferramentas e dispositivos utilizados em uma fábrica, é fácil compreender que muitos projetos de ferramentas não aplicam os princípios de economia dos movimentos. Na maioria dos casos, os dispositivos podem ser operados apenas manualmente, enquanto equipamentos operados a pedal possibilitariam ao operador ter as duas mãos livres para executar outros movimentos.

Uma ferramenta manual pode ser ligada a um pedal, de forma que a ferramenta seja inteiramente manipulada pelos pés do operador. Na **Figura 7.9**, por exemplo, o ferro de soldar é levantado e abaixado pelo pedal (B). Depois de soldada a junta e levantado o ferro de soldar, abre-se a válvula (C) da linha de ar comprimido, e um jato de ar resfria a junta soldada. No entanto, tal arranjo não deverá causar dificuldade para o operador.

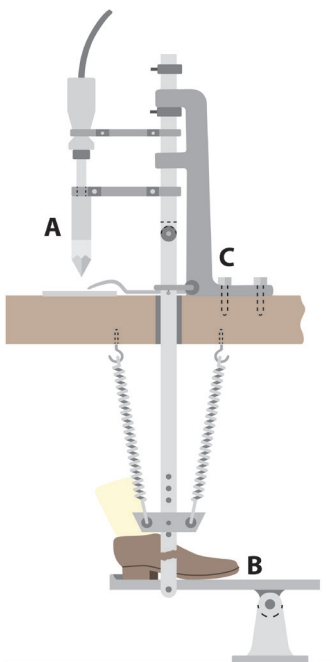


Figura 7.9: ferro de soldar acionado a pedal.

Fonte: BARNES, 1977.



Quando possível, deve-se combinar duas ou mais ferramentas.

Normalmente, torna-se mais rápido executar um giro de 180° com uma pequena ferramenta com duas extremidades, do que colocar uma ferramenta sobre a bancada e agarrar outra. Podemos citar diversos exemplos de combinações de duas ferramentas, tais como: martelo e gancho para puxar pregos, chave inglesa contendo duas chaves em um mesmo eixo e uma lapiseira com borracha.



As ferramentas e os materiais devem ser pré-colocados sempre que possível.

A pré-colocação significa colocar um objeto em lugar pré-determinado para que, quando for necessário usá-lo novamente, ele possa ser agarrado na posição mais conveniente ao uso. Para pré-colocar ferramentas, é necessário um apoio na forma de compartimento, braçadeira ou gancho, ao qual a ferramenta possa ser devolvida após o uso e onde permaneça em posição, para a próxima operação. Assim, o apoio deve ser de tal natureza que a mão possa rapidamente soltar a ferramenta em seu lugar. O apoio deve permitir que se agarre a ferramenta da mesma maneira em que vai ser mantida durante o uso.

O porta-canetas é um exemplo de pré-colocação, pois mantém a caneta em posição para escrever, e pode ser fácil e rapidamente removida ou colocada.



Nos casos em que cada um dos dedos executa um movimento específico, como na digitação, a carga deve ser distribuída de acordo com as capacidades intrínsecas de cada dedo.

Normalmente, a pessoa que utiliza a mão direita para escrever executa o trabalho com menos fadiga e com maior destreza com a mão direita em comparação a mão esquerda. Embora a maioria das pessoas possa ser treinada para trabalhar igualmente bem com qualquer uma das mãos, na maior parte das operações fabris, os dedos têm capacidades intrínsecas diferentes para executar trabalho. Assim, os dedos indicadores das duas mãos são usualmente superiores em performance que os dedos anelares e mínimos.



Deve-se localizar alavancas, barras cruzadas e volantes em posições tais que o operador possa manipulá-los com alterações mínimas da posição do corpo e com a maior vantagem mecânica.

Os fabricantes de máquinas e ferramentas devem compreender a necessidade de construir máquinas que executem satisfatoriamente suas funções, sendo ao mesmo tempo fácil de serem operadas. Com exceção da máquina que seja totalmente automática, a produção dependerá, de certo modo, da atuação do operador. Desta forma, quanto mais fácil e conveniente a máquina for de se operar, tanto maior deverá ser a produção.

Atividade 3

Atende ao Objetivo 3

Em relação aos princípios de economia dos movimentos relacionados com o **projetos das ferramentas e do equipamento**, é correto afirmar:

- (a) ferramentas, materiais e controles devem se localizar perto do local de uso;
- (b) os movimentos suaves, curvos e contínuo das mãos são preferíveis aos movimentos em linha reta que necessitem de mudanças bruscas de direção;
- (c) a distribuição da peça processada deve ser feita por gravidade, sempre que possível;
- (d) quando possível, deve-se combinar duas ou mais ferramentas;
- (e) as duas mãos devem iniciar e terminar os seus movimentos no mesmo instante.

Resposta comentada

A resposta correta é a opção (d).

Conclusão

Os princípios de economia dos movimentos devem ser aplicados para eliminar os movimentos desnecessários, sendo mais econômicos que qualquer outro estudo e mais rentáveis que qualquer aquisição de novo equipamento. Podem ser aplicados tanto em fábricas como em escritórios, com o objetivo de melhorar a eficiência e diminuir a fadiga.

Os princípios de economia de movimentos são abordados em relação ao uso do corpo humano, ao arranjo do local de trabalho e ao projeto das ferramentas e equipamentos.

Atividade final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

O método de montagem de uma caneta esferográfica é descrito a seguir. Depósitos como o corpo da caneta, carga, tampa traseira e tampa frontal eram colocados sobre a bancada. O operador dirigia-se ao depósito de corpo da caneta, agarrava um deles com a mão esquerda e transportava para a posição de trabalho. Posicionava e segurava o corpo da caneta com a mão esquerda. Com a mão direita, agarrava a carga de seu depósito e montava no corpo, seguida por uma tampa traseira e por uma tampa frontal. Dessa forma, completava-se a montagem da caneta, e, com a mão esquerda o operador colocava-a no depósito à sua esquerda.

Quais os princípios de economia dos movimentos relacionados com o uso do corpo humano foram violados no processo de montagem de canetas esferográficas?

- I. Os movimentos dos braços devem ser executados em direções opostas e simétricas; devendo ser feitos simultaneamente;
- II. As duas mãos devem iniciar e terminar os seus movimentos no mesmo instante;
- III. Deve existir lugar definido e fixo para todas as ferramentas e materiais;
- IV. As duas mãos não devem permanecer inativas ao mesmo tempo, exceto durante os períodos de descanso;
- V. As mãos devem ser aliviadas de todo o trabalho que possa ser executado mais convenientemente por um dispositivo, um gabarito, ou um mecanismo acionado por pedal.

Assinale:

- (a) se somente a afirmativa i estiver correta.
- (b) se somente a afirmativa ii estiver correta.
- (c) se somente as afirmativas i e ii estiverem corretas.
- (d) se somente as afirmativas i, ii e iii estiverem corretas.
- (e) se as afirmativas i, ii e iv estiverem corretas.

Resposta comentada

A alternativa correta é a opção (d).

Resumo

A contribuição inicial de Gilbreth para os princípios de economia dos movimentos, que representam regras para eficiência e economia dos movimentos no trabalho das mãos, foi ampliada por outros estudiosos. Tais princípios podem ser aplicados para eliminar os movimentos desnecessários e dispor os movimentos restantes em uma sequência adequada, nas fábricas e em escritórios, com o objetivo de melhorar a eficiência e diminuir a fadiga.

Os princípios de economia de movimentos são abordados em relação ao uso do corpo humano, ao arranjo do local de trabalho e ao projeto das ferramentas e equipamentos. O quadro a seguir resume esses princípios.

Princípios de Economia dos Movimentos		
Uso do Corpo Humano	Disposição do Local de Trabalho	Projetos das Ferramentas e do Equipamento
1. Ambas as mãos devem iniciar e terminar os seus movimentos no mesmo momento.	10. Deve existir lugar determinado e fixo para todas as ferramentas e materiais.	18. Um dispositivo, um gabarito ou um mecanismo acionado por pedal deve ser utilizado, quando possível, para aliviar o trabalho executado pelas mãos do operador.
2. As duas mãos não devem permanecer inativas ao mesmo tempo, exceto durante os períodos de descanso.	11. Ferramentas, materiais e controles devem estar próximos do local de uso.	19. Se possível, duas ou mais ferramentas devem ser combinadas.
3. Os movimentos dos braços devem ser executados em direções opostas e simétricas, e feitos simultaneamente.	12. Deverão ser usados depósitos e caixas alimentadoras por gravidade para a distribuição do material mais perto do local de uso.	20. Sempre que possível, os materiais e as ferramentas devem ser pré-colocados.
4. Deve ser empregado o movimento manual que corresponde à classificação mais baixa de movimentos e com o qual seja possível executar satisfatoriamente o trabalho.	13. A distribuição da peça processada deve ser feita por gravidade, sempre que possível.	21. A carga deve ser distribuída de acordo com as capacidades intrínsecas de cada dedo, em especial em atividades em que cada um dos dedos executa um movimento específico.
5. Deve-se empregar a quantidade de movimento para ajudar o trabalhador quando possível, devendo ser reduzida ao mínimo nos casos em que tiver de ser vencido pelo esforço muscular.	14. Materiais e ferramentas devem ser localizados de forma a permitir a melhor sequência de movimentos.	22. O posto de trabalho deve ser disposto de tal forma que permita maior vantagem mecânica para o operador manipular alavancas, barras cruzadas e volantes com alteração mínima da posição do corpo.
6. Os movimentos suaves, curvos e contínuos das mãos são preferíveis aos movimentos em linha reta, que necessitam de mudanças bruscas de direção.	15. Deve-se providenciar condições adequadas para a visão. A boa iluminação é o primeiro requisito para a percepção visual satisfatória.	
7. Os movimentos parabólicos são mais rápidos, mais fáceis e mais precisos do que os movimentos restritos ou “controlados”.	16. A altura do posto de trabalho deve possibilitar ao operário trabalhar alternadamente, em pé e sentado, tão facilmente quanto possível.	
8. O trabalho deve ser disposto de forma a permitir ritmo suave e natural, sempre que possível.	17. Deve-se fornecer a cada trabalhador uma cadeira de tipo e altura tais que permitam boa postura para os trabalhos.	
9. As fixações dos olhos devem ser reduzidas ao mínimo e se encontrarem tão próximos entre si quanto possível.		

Fonte: BARNES, 1977.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula vamos tratar do estudo de tempos. Até lá!

Referências

BARNES, R. M. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. Tradução da 6ª edição americana. São Paulo: Editora Blucher, 1977.

FULLMANN, C. *O trabalho: mais resultado com menos esforço; custo: passos para a produtividade*. São Paulo: Educator, 2009.

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005.

Leituras recomendadas

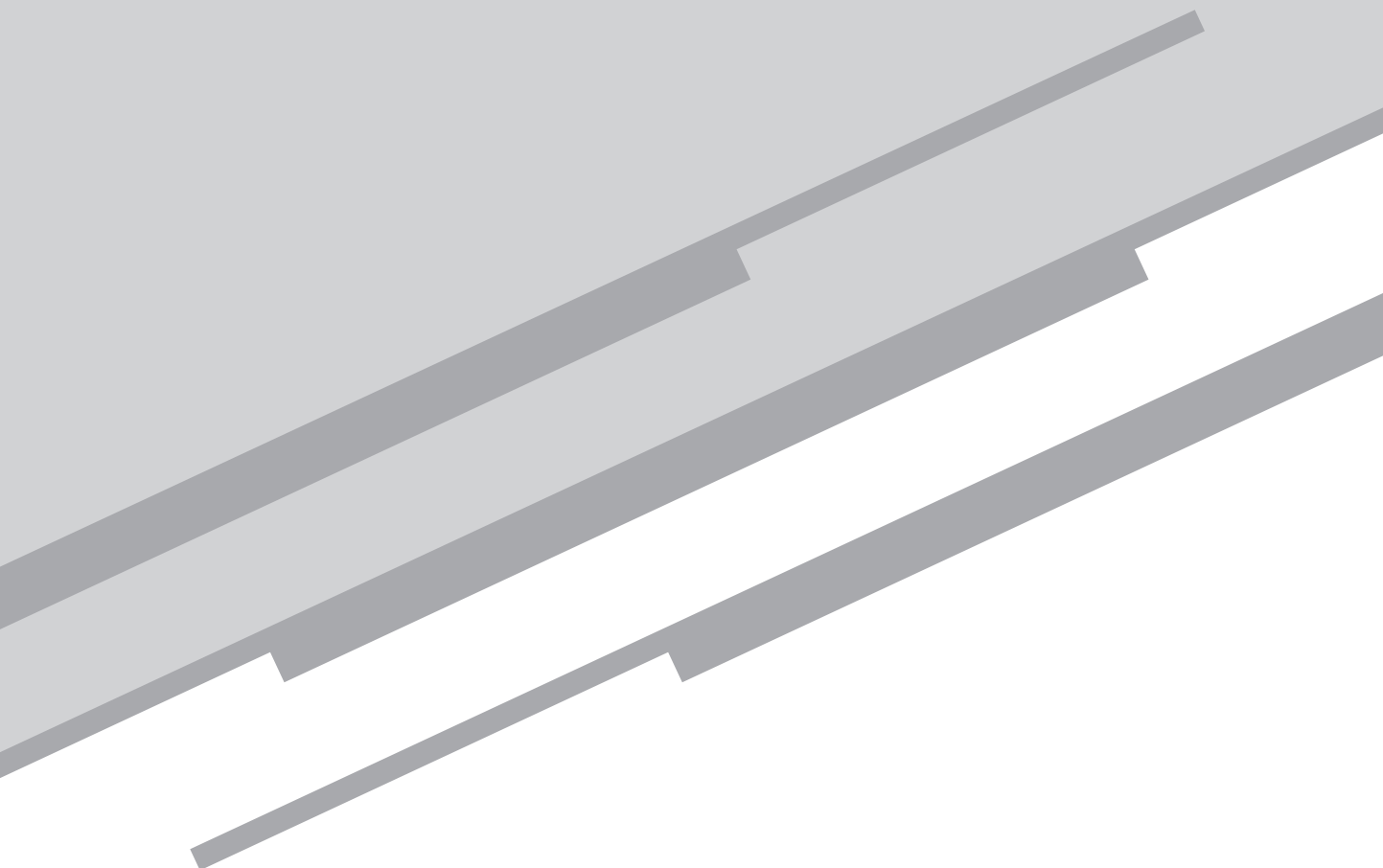
ANTUNES; J. et al. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto de gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

SHINGO, S. *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção*. Tradução Eduardo Schaan. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

Aula 8

Estudo de tempos



Paula Michelle Purciconio

Meta

Apresentar os passos e os equipamentos necessários na execução do estudo de tempos, expondo a avaliação do ritmo e a análise dos tipos de tolerâncias necessárias na definição do tempo padrão.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. descrever os passos e os equipamentos necessários à execução do estudo de tempos;
2. avaliar o ritmo do operador;
3. analisar os tipos de tolerâncias;
4. definir o tempo padrão.

Introdução

Na Aula 2, você viu que o terceiro objetivo da Engenharia de Métodos contempla o estudo de tempos, usado na determinação do tempo necessário para uma pessoa qualificada e bem treinada, trabalhando em ritmo normal, executar uma tarefa específica. Dessa forma, o resultado desse estudo é chamado de tempo padrão para a *operação*.

Nas aulas passadas, abordamos o estudo de movimentos e você observou que é um estudo essencialmente analítico, já o estudo de tempos envolve medida, ou seja, é usado para medir o trabalho.

Segundo Barnes (1977), a cronometragem direta é o método mais empregado na indústria para a medida do trabalho. No entanto, outros métodos e mecanismos, tais como, tempos pré-determinados, tempos sintéticos e amostragem do trabalho também podem ser usados.

Na aula de hoje, você verá as etapas e os equipamentos necessários à execução do estudo de tempos, bem como para avaliar o ritmo do operador e os tipos de tolerâncias que devem ser consideradas na definição do tempo padrão.

Estudo de tempos

O estudo de tempos, para Peinado e Graeml (2007), é a determinação, com a utilização de um cronômetro, do tempo necessário para se realizar uma tarefa. Nas empresas brasileiras utiliza-se o termo cronoanálise para definir as etapas de estudo, mensuração e determinação dos tempos padrão em uma organização.



Nas indústrias brasileiras, o termo cronoanalista foi intensamente utilizado para designar o cargo e a função do profissional que executava as tomadas de tempo, inclusive para registro na carteira de trabalho. Atualmente, observamos a substituição do cargo de cronoanalista por outros cargos cujas descrições são mais abrangentes e menos específicas, tais como analista industrial ou analista de processos. Os autores comentam que existe uma dificuldade de encontrar bons profissionais nesta área, o que pode

ser comprovado por meio das inúmeras ofertas de emprego nos classificados dos jornais para técnicos ou analistas de produção.

Fonte: PEINADO; GRAEML, 2007.

Embora a finalidade principal do estudo de tempos seja a determinação dos tempos padrão, para Peinado e Graeml (2007) e Barnes (1977), ele pode ser utilizado com diversas finalidades, tais como:

- elaboração de programas de produção;
- determinação da capacidade produtiva da empresa;
- determinação do valor da mão-de-obra direta no cálculo do custo do produto vendido;
- estimativa do custo de um novo produto durante seu projeto e criação;
- balanceamento de linhas de produção e montagem.

Equipamentos para o estudo de tempos

Ainda de acordo com Peinado e Graeml (2007), os equipamentos necessários para a execução do estudo de tempos, são:

- cronômetro
- filmadora;
- prancheta;
- folha de observação.



Figura 8.1: cronômetro, filmadora e prancheta são alguns dos equipamentos necessários para o estudo de tempo.

Fontes: Cronômetro - <https://pt.freeimages.com/photo/chronometer-5-1418927> - autor: Rodrigo Vieira;
 Prancheta - <https://pt.freeimages.com/photo/clipboard-2-1241082> - autor: Danny de Bruyne;
 Filmadora - <https://pt.freeimages.com/photo/digital-video-camera-1058581> - autor: emre nacigil

A execução da cronometragem no estudo de tempos deve ser feita com o cronômetro que conta o tempo de maneira centesimal, ou seja, uma volta do ponteiro maior corresponde a 1/100 de hora, representando 36 segundos. O cronômetro normal, com sistema horário sexagesimal que está facilmente disponível, também pode ser utilizado. No entanto, os tempos medidos devem ser convertidos para o sistema centesimal antes de serem usados nos cálculos. A **Tabela 8.1** apresenta como fazer a transformação do sistema sexagesimal para centesimal.

Tabela 8.1: conversão do tempo sexagesimal para centesimal.

Tempo medido com cronômetro comum	Tempo transformado para o sistema centesimal	Cálculo
1 minuto e 10 segundos	1,17 minutos	$1+10/60=1,17$
1 minuto e 20 segundos	1,33 minutos	$1+20/60=1,33$
1 minuto e 30 segundos	1,50 minutos	$1+47/60=1,50$

Fonte: PEINADO; GRAEML, 2007.

O uso da filmadora, que foi introduzido pelo casal Gilbreth no estudo de movimentos, para Peinado e Graeml (2007), também serve para a mensuração dos tempos necessários para a realização das tarefas. Os autores apontam como vantagem no uso da filmadora, a possibilidade de registrar fielmente todos os movimentos executados pelo operador e ainda, se bem utilizada, a eliminação da tensão psicológica que o operador sente quando está sendo observado diretamente por um profissional da área.

Normalmente, a cronometragem é realizada no ambiente de trabalho onde acontece a operação. No entanto, torna-se necessário o uso de uma prancheta adaptada para o apoio do cronômetro e da folha de observações, permitindo ao cronoanalista anotar as tomadas de tempo em pé. Este tipo de prancheta pode ser encontrado em estabelecimentos comerciais especializados.

A folha de observação, para Peinado e Graeml (2007), é um documento em que são registrados os tempos e demais observações relativas à operação cronometrada. O formulário deve incluir uma descrição da operação, o nome do operador, a data e o local do estudo. Tal folha deve ter espaço para o registro das leituras do cronômetro de cada elemento da operação, para a avaliação do ritmo do operador e para os cálculos. Também é possível ter espaço para informações complementares, como: esquema do local de trabalho, um desenho da peça e especificações do material, dispositivos, calibres e ferramentas. Normalmente, cada empresa desenvolve sua própria folha de observação, adequada às suas necessidades. A **Figura 8.2** apresenta um modelo de folha de observações, no entanto, elas podem variar quanto às informações, dimensões e o leiaute.

Figura 8.2: modelo de folha de observações.

FOLHA DE OBSERVAÇÕES													
Operação							OP. N°						
Nome da Peça							Peça N°						
Nome da Máquina							N° Máquina						
Nome do Operador							Depto						
Experiência no Trabalho							Data						
Elementos	Vel.	Av.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Média			Ferramentas, Gabaritos, Calibres, etc.										
Tempo Normal													
Descontos Pessoais													
Descontos													
Por Fadiga													
Outros Descontos													
Total de Descontos													
Tempo Padrão													
			Tempo tomado por:										

Fonte: BARNES, 1977.

Execução do estudo de tempos

Barnes (1977) apresenta oito etapas necessárias na execução do estudo de tempos.

1. Registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo;
2. Dividir a operação em elementos e registrar uma descrição completa do método;
3. Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;
4. Definir o número de ciclos a ser cronometrado;
5. Avaliar o ritmo do operador;
6. Conferir se foi cronometrado um número suficiente de ciclos;
7. Determinar as tolerâncias;
8. Determinar o tempo padrão para a operação.

O estudo de tempos deve ser realizado mediante a solicitação, normalmente emitida pelo mestre, mas outros profissionais também estão habilitados a fazer o pedido, tais como:

- o gerente da fábrica;
- o engenheiro-chefe;
- o supervisor do controle da produção;
- o contador de custos.

Antes de solicitar o estudo, o mestre fica responsável por analisar se a operação está sendo executada satisfatoriamente. Ele também deve verificar se os operadores aprenderam completamente a tarefa e se estão seguindo o método prescrito. Os operadores devem ser comunicados com antecedência de que o estudo de tempos será realizado, expondo também os objetivos do estudo.

A responsabilidade da execução dos estudos de tempos é exclusiva dos profissionais do departamento de estudo de tempos. Não deve ser permitido que pessoas não autorizadas executem estudos de tempos, independentemente do objetivo de tal estudo.

O departamento de estudo de tempos recebe a requisição para a realização do estudo e indica o analista que será responsável pela execução. Segundo Barnes (1977), a primeira atribuição do analista, juntamente

com o encarregado do departamento, é examinar se a operação está suficientemente preparada para o estudo de tempos, pois o tempo padrão determinado para uma tarefa não será correto se o método de execução da tarefa passou por mudanças, se os materiais utilizados diferirem das especificações, se as velocidades da máquina forem alteradas ou ainda se outra condição de trabalho for diferente das vigentes quando o estudo de tempos foi realizado.

Nesse sentido, o analista deve examinar a operação com o objetivo de sugerir qualquer alteração que julgue necessária, antes da execução do estudo de tempos. O Quadro 8.1, apresenta algumas perguntas que devem ser formuladas pelo analista, com o objetivo de examinar cada fase do trabalho.

Quadro 8.1: exemplos de perguntas que o analista pode fazer para examinar a operação que será objeto de estudo de tempos.

1	Pode-se aumentar a velocidade de rotação ou avanço da máquina sem se afetar a vida ótima da ferramenta ou sem alterar negativamente a qualidade do produto?
2	Pode-se reduzir o tempo do ciclo com a introdução de alterações nas ferramentas?
3	Pode-se aproximar os materiais da área de trabalho a fim de reduzir o tempo de manuseio?
4	O equipamento está operando corretamente e o produto apresenta a necessária qualidade?
5	As condições de segurança são satisfatórias na operação?

Fonte: BARNES (1977).

As alterações sugeridas pelo analista devem ser aceitas pelo mestre e adotadas antes do início do estudo. Ambos devem discutir cada elemento da operação e concordar que a operação está pronta para o estudo de tempos. Assim, se as mudanças necessárias forem relativamente pequenas, normalmente prefere-se que elas sejam instaladas antes que a operação seja submetida ao estudo de tempos.

Por outro lado, se for necessário implementar uma mudança de maior proporção na operação e caso seja necessário um tempo maior para instalação do novo método, pode ser preferível executar-se um estudo de tempos para o método atual e, depois disso, após a instalação dos melhoramentos, realizar um novo estudo da operação, a fim de se estabelecer o tempo padrão adequado.

Determinação do tempo cronometrado

Na folha de observações, deve haver uma descrição completa e detalhada do método da operação que é objeto de estudo. Essa descrição será usada pelo departamento de estudo de tempos se o mesmo for solicitado a avaliar se execução da operação pelo operador está semelhante ao vigente na ocasião da realização de tal estudo. Dessa forma, a informação registrada na folha de observações é a descrição mais completa do método que o departamento de estudo de tempos possui para fazer a verificação.

Segundo Barnes (1977), a divisão da operação em elementos curtos e a cronometragem individual de cada um deles é uma parte essencial do estudo de tempos. A seguir, serão elencados os motivos para dividir a operação em elementos.

- Para descrever corretamente uma operação é necessário subdividi-la em um número definido de elementos mensuráveis e descrever cada um deles separadamente. Normalmente, especifica-se primeiro os elementos da operação que ocorrem regularmente e, após eles, seguem-se todos os outros elementos que integram a tarefa em estudo. Os pontos inicial e final para cada elemento devem ser indicados.
- A determinação dos tempos padrão para os elementos da operação permite a determinação do tempo padrão total para uma operação.
- Um estudo de tempos pode apontar um tempo excessivo na execução de certos elementos da operação ou, ao contrário, o uso de muito pouco tempo em outros elementos. A análise dos elementos de uma operação pode mostrar ligeiras variações no método que dificilmente seriam identificadas em um estudo geral.
- O ritmo de trabalho de um operador pode variar durante o ciclo. O estudo de tempos permite que se avaliem os ritmos para cada um dos elementos da operação.

Você viu na Aula 6 que todo trabalho manual pode ser dividido em movimentos fundamentais da mão ou *therbligs*. Na maioria das vezes, essas divisões têm duração excessivamente curta para serem cronometradas. No entanto é necessário agrupar algumas delas em elementos de duração suficiente para que possam ser adequadamente cronometradas. Segundo Barnes (1977), três regras básicas devem ser aplicadas na divisão de uma operação em elementos, são elas:

- os elementos devem ser tão curtos quanto o compatível com uma medida precisa;

- o tempo de manuseio deve ser separado do tempo-máquina;
- os elementos constantes devem ser separados dos elementos variáveis.

Dessa forma, pode-se afirmar que um estudo de tempos é um estudo dos elementos da operação e não simplesmente um registro do tempo total necessário por ciclo. No entanto, se os elementos forem excessivamente curtos, será difícil garantir precisão na cronometragem.



Uma indústria têxtil realizou um estudo de tempo de costura de uma camiseta. Para cronometrar o tempo, foi necessário dividir a operação em elementos, pois seria difícil cronometrar todas as atividades de maneira independente e detalhada, dado o pequeno espaço de tempo que cada atividade demanda. Assim é possível dividir a operação nos elementos seguintes.

- **Elemento 1:** costura dos ombros (costura da frente com as costas unindo os ombros);
- **Elemento 2:** costura das mangas (costura fechando as duas mangas independentes);
- **Elemento 3:** costura das mangas no conjunto frente e costas;
- **Elemento 4:** fechamento de frente e costas nas laterais (abaixo das mangas);
- **Elemento 5:** costura da barra das mangas;
- **Elemento 6:** costura da barra inferior do corpo;
- **Elemento 7:** colocação da ribana (uma tira de tecido especial que serve para fazer o colarinho em uma camiseta).

Fonte: PEINADO; GRAEML, 2007.

Na divisão da operação em elementos, é necessário separar os elementos constantes dos elementos variáveis de um ciclo. O termo *elemento constante* refere-se aos elementos cuja duração independe da dimensão, peso, comprimento e forma da peça. Para exemplificar, podemos citar a soldagem das costuras de latas feitas à mão, no qual o tempo

para se encostar o ferro à barra de soldar é uma constante, enquanto que o tempo para soldar a junção lateral da lata é variável, pois depende diretamente do comprimento da costura (BARNES, 1977).

O analista deve atentar para indicar elementos com o início e o término em pontos bem definidos no ciclo. Torna-se necessária a memorização desses pontos para que o analista observe sempre no cronômetro exatamente o mesmo ponto do ciclo, pois de outra maneira, o tempo para os elementos será incorreto.

Atividade 1

Atende ao Objetivo 1

Por que a operação deve ser dividida em elementos?

Resposta comentada

Porque a cronometragem de uma operação inteira como um único elemento dificilmente será satisfatória. A divisão da operação em elementos curtos e a cronometragem individual de cada um deles são partes fundamentais do estudo de tempos, pois permitem uma descrição detalhada dos elementos de uma operação, e os pontos inicial e final para cada elemento podem ser indicados. A divisão em elementos pode demonstrar que se está tomando tempo excessivo na execução de certos elementos da operação ou que ao contrário, dispende-se muito pouco tempo em outros elementos; ou seja, aponta um desbalanceamento. O ritmo de trabalho de um operador pode variar durante o ciclo, assim, a divisão da operação em elementos permite avaliar o ritmo para cada um deles.



Coleta e registro de dados

Os dois métodos mais comuns para a leitura do cronômetro são a leitura contínua e a leitura repetitiva.

Utilizando a leitura contínua, o observador começa a cronometragem no início do primeiro elemento e mantém o cronômetro acionado durante o período de estudo. O observador verifica a leitura do cronômetro ao fim de cada elemento e registra essa leitura na folha de observações, em frente ao respectivo elemento.



A cronometragem da operação *Fazer macho para moldura de manivela* exemplifica a leitura contínua. A operação foi dividida em quatro elementos. O observador acionou seu cronômetro no início do primeiro elemento, leu-o ao fim do primeiro elemento e registrou a observação na coluna vertical, linha inferior. De forma semelhante, o cronômetro ao fim de cada elemento foi observado, registrando as leituras para o primeiro ciclo na coluna 1. Assim, posteriormente o tempo para cada elemento foi determinado por subtração. Podemos observar que a coluna da velocidade está vazia, pois o passo seguinte depois de determinar o tempo cronometrado para cada elemento será a definição do fator de velocidade.

Elementos	Veloc.	1
Encher caixa de macho com três punhados de areia. Comprimir a areia cada vez.		,09
		,09
Prensar a areia com um golpe de colher. Limpar com um movimento de colher.		,06
		,15
Obter e colocar chapa em cima da caixa de macho, virar, raspar e retirar a caixa.		,13
		,28
Transportar chapa, com macho. Transferir para o carrinho que entrará na estufa.		,04
		,32

Fonte: BARNES (1977).

A leitura repetitiva é o método em que os ponteiros do cronômetro são retornados ao zero ao fim de cada elemento. No início do primeiro elemento, o observador aciona o ponteiro que está zerado e ao final do primeiro elemento, o analista lê o cronômetro, retorna o ponteiro ao zero e registra a leitura. Do mesmo modo, os tempos dos demais elementos também são anotados. Este método de leitura fornece tempos diretos sem necessidade de subtrações e os dados são registrados na folha de observações imediatamente após terem sido lidos no cronômetro.

Números de ciclos a serem cronometrados

O tempo necessário para a execução dos elementos de uma operação pode variar de um ciclo para outro, ou seja, mesmo que o operador desempenhe seu trabalho a um ritmo constante, dificilmente executará cada elemento de ciclos consecutivos exatamente no mesmo tempo.

Nesse sentido, os autores Peinado e Graeml (2007) afirmam que apenas uma tomada de tempo não é suficiente para determinar o tempo de uma atividade. Torna-se necessário realizar várias tomadas de tempo para obtenção de uma média aritmética destes tempos. Você deve estar se perguntando qual é número ideal de tomadas de tempo para que a média obtida seja estatisticamente aceitável. É necessário utilizar um cálculo estatístico para determinar o número de observações. A seguir será apresentado o procedimento citado por Barnes (1977). O método contempla seis etapas e usa como referências os dados da **Tabela 8.2**.

- Cronometre: (a) dez leituras para ciclos de 2 min ou menos; (b) cinco leituras para ciclos de mais de 2 min;
- Determine a amplitude R. Esta é obtida pela diferença entre o maior valor H e o menor valor L ($H-L=R$);
- Determine a média X. Esta é a soma das leituras dividida pelo número total de observações (que será 5 ou 10);
- Determine R/X , ou seja, amplitude dividida pela média;
- Determine o número de leituras necessárias da **Tabela 8.2**. Leia na primeira coluna o valor R/X ; na coluna relativa à dimensão da amostra, será encontrado o número de observações necessárias (para um nível de confiança de 95% e um erro relativo de $\pm 10\%$, divida o número encontrado por 4);
- Continue as observações até que seja obtido o número requerido.

Tabela 8.2: número de leituras do estudo de tempos requerido para erro relativo de $\pm 5\%$ e nível de confiança de 95%.

R/X	Dados da Amostra		R/X	Dados da Amostra		R/X	Dados da Amostra	
	5	10		5	10		5	10
0,10	3	2	0,42	52	30	0,74	162	93
0,12	4	2	0,44	57	33	0,76	171	98
0,14	6	3	0,46	63	36	0,78	180	103
0,16	8	4	0,48	68	39	0,80	190	108
0,18	10	6	0,50	74	42	0,82	199	113
0,20	12	7	0,52	80	46	0,84	209	119
0,22	14	8	0,54	86	49	0,86	218	125
0,24	17	10	0,56	93	53	0,88	229	131
0,26	20	11	0,58	100	57	0,90	239	138
0,28	23	13	0,60	107	61	0,92	250	143
0,30	27	15	0,62	114	65	0,94	261	149
0,32	30	17	0,64	121	69	0,96	273	156
0,34	34	20	0,66	129	74	0,98	284	162
0,36	38	22	0,68	137	78	1,00	296	169
0,38	43	24	0,70	145	83			
0,40	47	27	0,72	153	88			

Fonte: BARNES (1977).



A seguir, um exemplo de como determinar o número de ciclos a serem cronometrados, de uma operação que foi dividida em três elementos, para um nível de confiança de 95% e um erro relativo de $\pm 5\%$. A **Tabela 8.3** apresenta a leitura dos dez ciclos dos três elementos da operação.

Tabela 8.3: leitura de dez ciclos dos três elementos da operação.

Elemento 1	0,07	0,09	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,09	0,07
Elemento 2	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12	0,11	0,13	0,12
Elemento 3	0,56	0,57	0,55	0,56	0,57	0,56	0,54	0,56	0,56	0,55

1. Vamos usar como exemplo os dez ciclos cronometrados para o elemento 1 apresentado na **Tabela 8.3**.
 2. Calculamos a amplitude (R) para o elemento 1.
 $R = H - L = 0,09 - 0,06 = 0,03$ de minuto.
 3. Determinamos a média (X).
 $X = 0,76/10 = 0,076$ de minuto.
 4. Obtemos o valor dividindo a amplitude (R) pela média (X).
 $R/X = 0,03/0,076 = 0,395$.
 5. O valor de 0,395 deve ser arredondado para 0,40 e, em seguida, localizar na **Tabela 8.2** o valor equivalente a 0,40. Assim, o número total contempla 27 leituras.
 6. Devemos continuar a cronometragem até completar 27 leituras.
Fonte: BARNES (1977).
-

Após os dados terem sido obtidos, calcula-se o tempo cronometrado para cada elemento. Para a determinação do tempo representativo para o elemento, o método mais utilizado é a média aritmética das leituras do cronômetro.

Depois de determinado o tempo para cada elemento, o passo seguinte no estabelecimento do tempo padrão é a determinação do fator de ritmo.

=====**Atividade 2**=====

Atende ao Objetivo 1

Para estabelecer o tempo padrão de uma operação, foi realizada uma cronometragem preliminar com cinco tomadas de tempo de uma operação. O tempo padrão deve ter 95% de probabilidade e apresentar erro relativo de 5%. Calcular o número de cronometragens.

Dados em minutos:

Cronometragem	Tempo (Min)
1	1,5
2	1,4
3	1,7
4	1,8
5	1,8

Resposta comentada

$R = H - L = 1,8 - 1,4 = 0,4$ de minuto.

Determine a média X .

$X = 8,2 \div 5 = 1,64$ de minuto.

Determine o valor $R/X = 0,4 \div 1,64 = 0,243$

Determine o número de leituras necessárias da **Tabela 8.2**. Temos 0,243, que é o mais próximo de 0,24. Assim, o número de leituras correspondente a 0,24 é 17.

Deverão ser realizadas 17 cronometragens.

Determinação do tempo normal

Para os autores Peinado e Graeml (2007) e Barnes (1977), a avaliação da velocidade ou ritmo com o qual o operador trabalha é uma etapa importante e de maior complexidade na execução do estudo de tempos, pois a velocidade do operador é determinada subjetivamente pelo analista, enquanto faz o estudo.

A **avaliação de ritmo**, segundo Barnes (1977), é o processo por meio do qual o analista de estudos de tempos compara o ritmo do operador em observação com o seu próprio conceito de ritmo normal. Posteriormente, este fator de ritmo será aplicado ao tempo cronometrado para determinar o tempo normal para esta tarefa.

A avaliação do ritmo depende do julgamento pessoal do analista de estudo de tempos e, infelizmente, não há maneira de se estabelecer

Avaliação

Processo mental pela qual um observador treinado compara o ritmo do operador com o seu entendimento conceitual de ritmo normal, registrado no cérebro, pelo treinamento, como padrão comparativo.

Fonte: FULLMANN (2009).

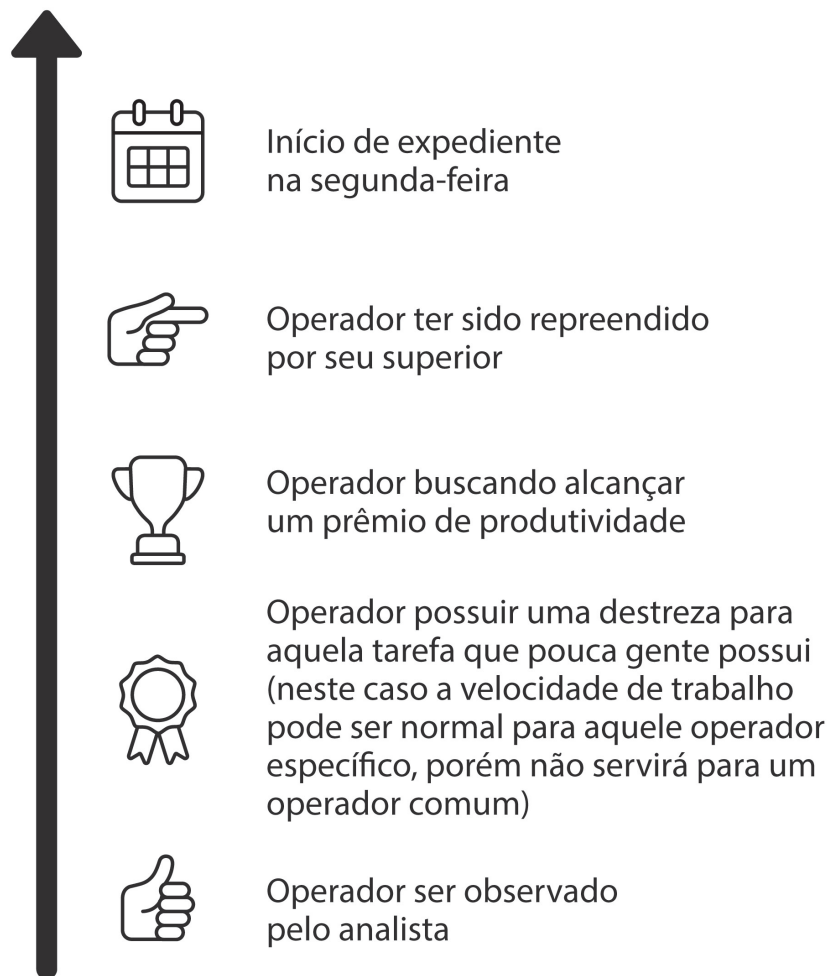
Ritmo

Velocidade instantânea de produção de um efeito útil. Essa velocidade resulta, principalmente, da rapidez e da precisão dos movimentos realizados seguindo um modelo definido.

Fonte: FULLMANN (2009).

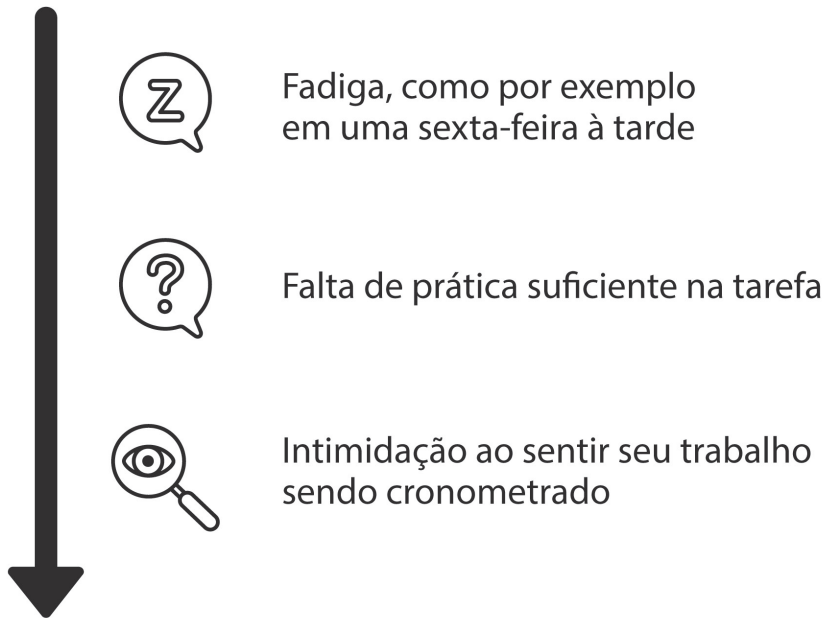
um tempo padrão para uma operação sem que se baseie no julgamento do analista.

Segundo Peinado e Graeml (2007), diversos motivos podem fazer com que o operador que está sendo avaliado trabalhe acima da velocidade normal, tais como os que se seguem.



Nessa situação, o tempo cronometrado encontrado deverá ser ajustado para cima, já que outros operadores não conseguirão repetir esse desempenho.

Em relação à velocidade abaixo do normal, os autores afirmam que o operador pode realizar a tarefa que está sendo cronometrada em velocidade lenta pelos seguintes motivos:



Nessa situação, o tempo cronometrado encontrado deverá ser ajustado para baixo, já que menos tempo será necessário para que outros operadores realizem a mesma tarefa.

Dessa forma, você deve entender que a velocidade de operação normal do operador é atribuída uma taxa de velocidade, ou ritmo, de 100%. Velocidade acima do normal caracteriza um valor superior a 100% e velocidade abaixo do normal apresenta valor inferior a 100%. A aplicação do fator de ritmo é aplicado ao tempo cronometrado para fornecer o tempo normal.



Fórmula Tempo normal

$$TN = TC \times V$$

onde:

TN = Tempo normal

TC = Tempo cronometrado

V = Velocidade do operador



Aplicação do Fator de Ritmo

Em uma operação de montagem de um interruptor elétrico, o operador executou a tarefa, consistentemente, durante todo o ciclo e durante todo o estudo. O tempo cronometrado total foi 0,80 de minuto, com o fator de ritmo para o estudo de 110%. Qual é o tempo normal?

$$TN = 0,80 \times 110/100 = 0,88 \text{ de minuto.}$$

O tempo normal é 0,88. Ele representa o tempo que um operador qualificado e treinado, trabalhando com um ritmo normal, levaria para completar um ciclo da operação. Ele não é o tempo padrão para a tarefa, pois é necessário adicionar-se as tolerâncias a tempo normal a fim de se obter o tempo padrão.

Fonte: BARNES (1977).

Atividade 3

Atende ao Objetivo 2

A tabela abaixo apresenta a coleta de tempos em minutos, realizada num posto de trabalho, para medir o tempo que um trabalhador leva para executar a Operação A. Com base na coleta de tempos, o tempo:

Operação A	Coleta de tempo					
Amostra	1	2	3	4	5	Ritmo do Trabalhador
Tempo medido (min)	3,0	3,5	5,4	2,6	3,5	95%

- (a) normal é 3,60 minutos
- (b) normal é 3,42 minutos
- (c) normal é 3,52 minutos
- (d) padrão é 3,60 minutos
- (e) padrão é 3,42 minutos

Resposta comentada

A resposta correta é a letra B.

Para determinar o tempo normal deve-se aplicar a velocidade, ou seja, o fator de ritmo ao tempo cronometrado. O tempo cronometrado é a média dos tempos coletados.

$$TN = TC \times V$$

$$TC = (3 + 3,5 + 5,4 + 2,6 + 3,5) \div 5 = 18 \div 5 = 3,6$$

$$TN = 3,6 \times (95 \div 100) = 3,6 \times 0,95 = 3,42 \text{ minutos}$$

Determinação do tempo-padrão

O tempo normal é o tempo necessário para que um operador qualificado execute a operação trabalhando em um ritmo normal. No entanto, segundo Barnes (1977), não podemos imaginar que uma pessoa trabalhe o dia inteiro sem algumas interrupções; o operador pode despende seu tempo em necessidades pessoais, descansando ou por motivos fora de seu controle. As tolerâncias para essas interrupções da produção podem ser classificadas em:

- tolerância pessoal;
- tolerância para a fadiga;
- tolerância de espera.

Segundo Peinado e Graeml (2007), a tolerância pessoal refere-se ao atendimento das necessidades fisiológicas do organismo e deve ser considerada em primeiro lugar. A duração desta tolerância pode ser definida através de levantamento contínuo ou por amostragem do trabalho.

Para trabalho leve, na qual o operador tem uma jornada de trabalho de oito horas diárias, sem intervalos de descanso pré-estabelecidos (exceto almoço, naturalmente) o tempo médio de parada, geralmente utilizado, varia de 10 a 24 minutos, ou seja, de 2% a 5% da jornada de trabalho. É relevante você entender que esta tolerância pode variar de indivíduo para indivíduo, de país para país e de acordo com a natureza e ambiente do trabalho. Em geral, trabalhos mais pesados e ambientes quentes e úmidos requerem maior tempo para estas necessidades (PEINADO E GRAEML, 2007; BARNES, 1977).

Para Peinado e Graeml (2007), a fadiga é resultante da natureza do trabalho e das condições ambientais do local de trabalho. A programação de períodos de descanso, durante os quais não se permite que os operários trabalhem, na visão de Barnes (1977), constitui uma das melhores soluções para a fadiga. A duração ótima e o número de períodos de descanso precisam ser determinados. O plano normalmente fornece um período de descanso durante o meio da manhã e um durante o meio da tarde. A duração desses períodos, geralmente, varia de 5 a 15 minutos cada um.

Neste contexto, Peinado e Graeml (2007) afirmam que na prática das empresas brasileiras, o que se tem usado é a aplicação de uma tolerância entre 15% e 20% do tempo para trabalhos normais, em condições de ambiente normais.

O terceiro tipo de tolerância que deve ser considerado na definição do tempo padrão é para a espera, ou seja, são as esperas inevitáveis causadas pela máquina, pelo operador ou por alguma força externa. Para Peinado e Graeml (2007), as esperas podem ter diversos motivos, dentre eles pode-se citar:



Necessidades de pequenos ajustes de máquina



Interrupções do trabalho pelo próprio supervisor



Falta de material



Falta de energia e necessidades de manutenção preventiva

Assim, a determinação dessas esperas pode acontecer por meio de estudos contínuos ou de amostragem do trabalho, feitas ao longo de um período de tempo suficientemente grande para validar os valores encontrados.

O tempo padrão é calculado multiplicando-se o tempo normal por um fator de tolerância para compensar o período em que o trabalhador, efetivamente, não trabalha. O cálculo é feito utilizando-se a Fórmula:



Tempo padrão

$$TP = TN \times (1 + \text{tolerância, em \%})$$

Onde:

TP = Tempo Padrão

TN = Tempo Normal



Aplicação das Tolerâncias

Podemos exemplificar o cálculo do tempo padrão para a operação de montagem de um interruptor elétrico com a introdução de uma tolerância de 5% para as necessidades pessoais.

O cálculo do tempo padrão seria realizado da seguinte forma:

$$TP = 0,88 \times (1 + 5\%) = 0,88 \times (1 + 0,05) = 0,88 \times 1,05 = 0,924 \text{ de minuto.}$$

Fonte: Barnes (1977).

Dessa forma, entende-se que o tempo padrão deve incluir a duração de todos os elementos da operação e, além disso, aplica-se ao tempo

cronometrado o fator de ritmo, para chegar ao tempo normal. O tempo padrão é igual ao tempo normal mais as tolerâncias. Tolerância não é uma parte do fator de ritmo e resultados mais satisfatórios serão obtidos se ela for aplicada separadamente.

==== **Atividade 4** =====

Atende ao Objetivo 3

Numa empresa de confecção, no início do expediente da sexta-feira, a costureira Maria Aparecida interrompeu a produção, pois a máquina de costura estava com problemas e precisou de manutenção. Após retornar às atividades, ela deixou seu posto de trabalho quatro vezes, três para ir ao banheiro e uma para prestar esclarecimentos ao chefe em relação à produção. Como o ar condicionado da fábrica estava quebrado e era verão, o calor no ambiente de trabalho chegou a 40°C. Analise o caso e verifique quais tolerâncias devem ser aplicadas.

Resposta comentada

Podemos aplicar os três tipos de tolerância: tolerância pessoal, tolerância para a fadiga e tolerância de espera. A tolerância pessoal refere-se ao atendimento das necessidades fisiológicas do organismo; nesse exemplo, as três vezes em que a costureira ausentou-se do seu posto de trabalho para ir ao banheiro. A tolerância para a fadiga é resultante da natureza do trabalho e das condições ambientais do local de trabalho. No exemplo, a tolerância para a fadiga aplica-se ao ambiente da empresa de confecção, no qual a temperatura chegou a 40° C, graças ao ar condicionado quebrado. E por fim, a tolerância de espera, que são as esperas inevitáveis causadas pela máquina, pelo operador

ou por alguma força externa. Na execução do trabalho da costureira Maria Aparecida, a tolerância de espera identificou-se na manutenção da máquina de costura e na ausência do posto de trabalho para prestar esclarecimentos ao chefe.

Conclusão

De modo geral, o estudo de tempos é usado na determinação do tempo necessário para uma pessoa qualificada e bem treinada, trabalhando em ritmo normal, executar uma tarefa específica. O resultado desse estudo é chamado de tempo padrão para a operação. O estudo de tempos envolve medida, ou seja, é usado para se medir o trabalho; e o principal método utilizado é a cronometragem direta.

Além da definição do tempo padrão, o estudo de tempos também pode ser utilizado na elaboração de programas de produção, determinação da capacidade produtiva da empresa, determinação do valor da mão-de-obra direta no cálculo do custo do produto vendido, estimativa do custo de um novo produto durante seu projeto, criação e balanceamento de linhas de produção e montagem.

Atividade Final

Atende ao Objetivo 4

Num estudo de tempos de uma operação de preparação, uma máquina foi cronometrada cinco vezes, obtendo-se os tempos em minutos apresentados a seguir. A velocidade do operador avaliada pelo cronometrista foi de 90%. A empresa concede 30 minutos para lanches e 25 minutos para atrasos inevitáveis em um dia de oito horas de trabalho, representando um fator de tolerâncias de 13% sobre o tempo normal. Determine o tempo normal e o tempo padrão da operação.

Tempos cronometrados (minutos): 22,7 – 22,2 – 23,9 – 25,4 – 24,6.

Resposta Comentada

TC = média das observações = 23,76 minutos

TN = TC x V

TN = 23,76 x (90 ÷ 100) = 21,384 minutos

TP = TN x (1 + tolerância, em %)

TP = 21,384 x (1 + (13 ÷ 100)) = 21,384 x 1,13 = 24,164 minutos

Resumo

O resultado do estudo de tempos é o tempo que um operador adaptado ao trabalho e totalmente treinado no método específico gastará para executar a tarefa, trabalhando em um ritmo considerado normal. Esse tempo é chamado de *tempo padrão para a operação*.

Os equipamentos necessários à execução de um estudo de tempos consistem de um cronômetro, uma filmadora, uma prancheta e uma folha de observação.

A primeira etapa na execução do estudo de tempos é o registro das informações sobre a operação e o operador em estudo. Deve-se registrar na folha de observações uma descrição completa e detalhada do método.

A próxima etapa consiste na divisão da operação em elementos curtos, pois a cronometragem individual de cada um deles é uma parte essencial do estudo de tempos. Algumas regras devem ser seguidas na divisão de uma operação em elementos. São elas: os elementos devem ser tão curtos quanto for compatível com uma medida precisa; o tempo de manuseio deve ser separado do tempo-máquina; e os elementos constantes devem ser separados dos elementos variáveis.

Em seguida, ocorre a observação e registro o tempo gasto pelo operador. Os dois métodos mais comuns para a leitura do cronômetro são a leitura contínua e a leitura repetitiva. O estudo de tempos é um processo de amostragem. Consequentemente, quanto maior o número de ciclos cronometrados, tanto mais representativos serão os resultados. Dessa forma, torna-se necessário definir o número de ciclos a serem cronometrados. Após os dados terem sido obtidos, calcula-se o tempo

cronometrado para cada elemento. O método mais utilizado é a média aritmética das leituras do cronômetro para a determinação do tempo representativo para o elemento.

A próxima etapa consiste na avaliação do ritmo do operador. É o processo por meio do qual o analista de estudos de tempos compara o ritmo do operador em observação com o seu próprio conceito de ritmo normal. Posteriormente, este fator de ritmo será aplicado ao tempo cronometrado para determinar o tempo normal para esta tarefa.

O tempo padrão é calculado multiplicando-se o tempo normal por um fator de tolerância para compensar o período que o trabalhador, efetivamente, não trabalha. As tolerâncias para essas interrupções da produção podem ser classificadas em: tolerância pessoal, tolerância para a fadiga e tolerância de espera.

Informações sobre a próxima aula

Na próxima aula, veremos os sistemas pré-determinados de tempos sintéticos, com ênfase no Sistema MTM. Até lá!

Referências

BARNES, R. M. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. Tradução da 6ª Edição Americana. São Paulo: Blucher, 1977.

FULLMANN, C. *O trabalho: mais resultado com menos esforço, custo: passos para a produtividade*. São Paulo: Educator, 2009.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.

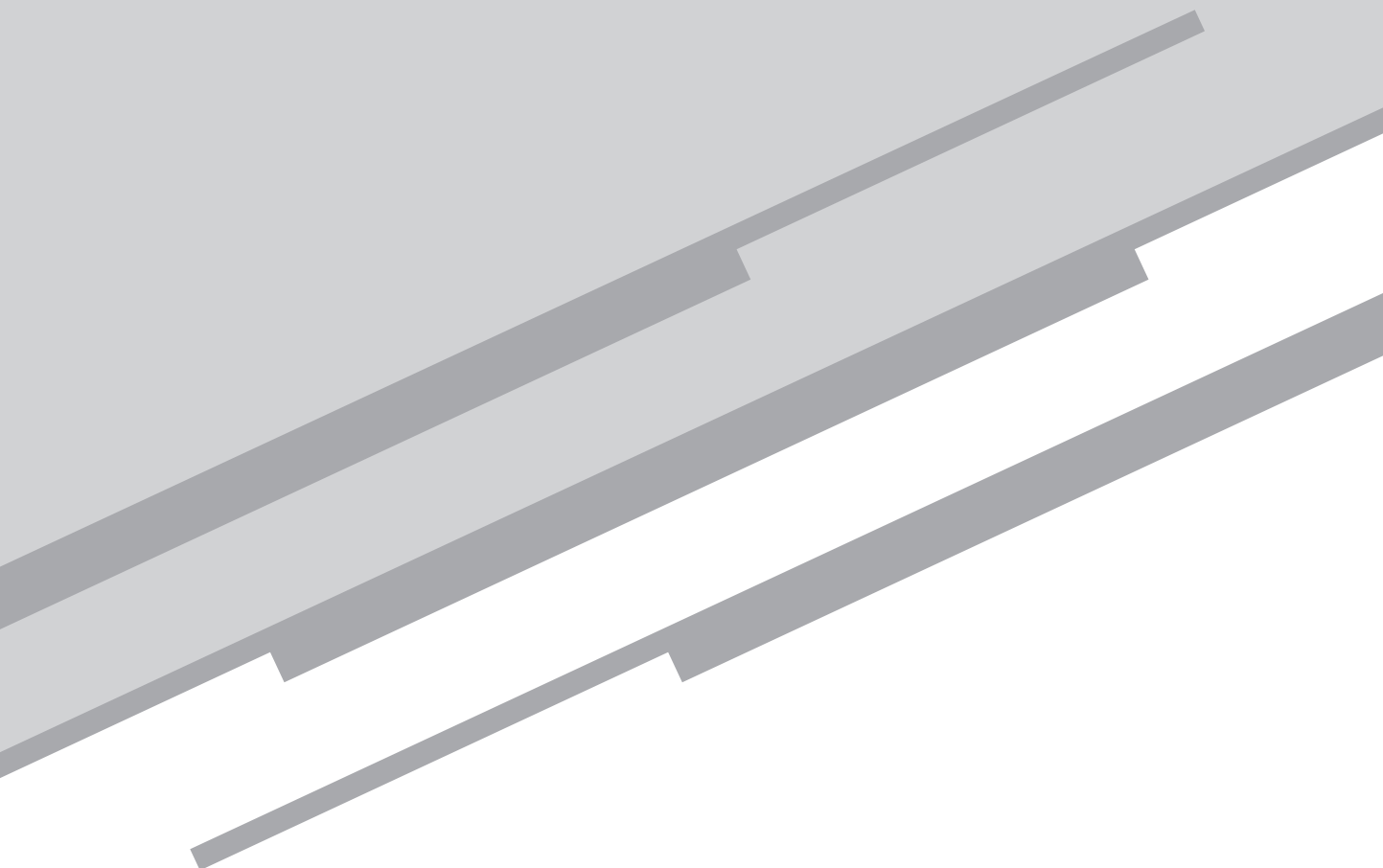
Leituras recomendadas

ANTUNES; J. et al. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto de gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

Aula 9

Sistemas Pré-determinados de Tempos Sintéticos



Meta

Apresentar os sistemas pré-determinados de tempos sintéticos com ênfase no Sistema MTM.

Objetivos

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta aula, você seja capaz de:

1. Identificar os sistemas pré-determinados de tempos sintéticos;
2. Analisar o Sistema MTM.

Introdução

Na aula 08 você aprendeu a calcular o tempo padrão a partir do método da cronometragem direta. No entanto, outros métodos e mecanismos, tais como, tempos pré-determinados, tempos sintéticos e amostragem do trabalho podem ser usados na medida do trabalho.

No livro *Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços*, os autores Peinado e Graeml (2007), explicam que com o passar do tempo uma empresa que executa estudos de tempos dispõem de um vasto registro de **tempos elementares**. Este registro possibilita que vários tempos elementares e que são semelhantes a outras operações possam ser utilizados, sem a necessidade de realizar nova cronometragem. Desta forma, a principal vantagem da utilização de tempos pré-determinados é o levantamento do tempo de execução de novo produto mesmo antes de iniciar sua produção. Ou seja, é possível a pré-determinação do tempo-padrão de uma atividade, desde que sejam conhecidas as características dos movimentos.



Na aula 08 você viu a necessidade de dividir a operação em elementos no estudo de tempos. Os tempos padrão resultante para os elementos de uma operação são chamados de tempos elementares.

Na aula de hoje, você verá os sistemas pré-determinados de tempos sintéticos com ênfase no sistema MTM.

Sistemas pré-determinados de tempos sintéticos

Os tempos sintéticos, segundo Fullmann (2009), são normas de tempos construídas e sintetizadas em fichários e catálogos a partir de tempos elementares obtidos previamente por estudo de tempos diretos.

Os sistemas de tempos sintéticos, para Barnes (1977), tornam-se superiores aos métodos de cronometragem, pois elimina a opinião pessoal do analista na definição do ritmo.



Claudiney Fullmann, é um especialista brasileiro em Racionalização do Trabalho e Produtividade, professor, executivo de vivência internacional e consultor conhecido e respeitado em estratégias empresariais, mentor de executivos e palestrante. Ele relata que devido ao sucesso que apresentou no interior de algumas empresas e pelo interesse de alguns pesquisadores, os tempos sintéticos ultrapassaram as barreiras no âmbito empresarial e passaram a ter uma nova conceituação na determinação de tempos de movimentos padrões, evitando a cronometragem e a avaliação de ritmo, usando tempos de movimentos mais curtos, cuja aglutinação permite reconstituir qualquer atividade manual e obter seu tempo de execução, de maneira predeterminada.

Fonte: Fullmann (2009).

Barnes (1977) apresenta nove sistemas de tempos sintéticos e resalta a dificuldade de mensurar a quantidade de sistemas distintos de tempos sintéticos estão sendo utilizados nas organizações devido à falta de informação publicada e as especificidades de cada método criado ou adaptado para cada empresa em particular. De fato, apesar da especificidade de cada método, todos eles possuem similaridades.

O **quadro 9.1** elenca alguns dos sistemas de tempos sintéticos.

Quadro 9.1: Sistemas de tempos sintéticos.

Nome do Sistema	Data da Primeira Aplicação	Como foram obtidos os dados originais	Autor(es)
Análise do tempo para movimentos (MTA)	1924	Filmagem e análise de micro-movimentos	A. B. Segur
Movimentos dos membros do corpo	1938	Desconhecido	W.G.Holmes
Dados sintéticos para trabalho de montagem (obter e colocar)	1938	Estudo de tempos, filmagem de operações de fábricas e estudos de laboratório	Harold Engstrom; H. C. Seppinger e outros membros da fábrica de Bridgeport da General Electric Co.
O sistema fator-trabalho	1938	Estudo de tempos, filmagem de operações de fábrica e estudo de movimentos	J. H. Quick; W. J. Shea; R. E. Koehler
Tempos-padrão elementares para trabalho básico manual	1942	Filmagem de operações industriais e estudos com registro elétrico do tempo	Western Electric Co.
Methods-time measurement (MTM)	1948	Estudo de tempos e filmagem de operações de fábrica	H. B. Maynard; G. J. Stegemerten; J. L. Schwab
Estudo de tempos por movimentos básicos (BMT)	1950	Estudo de laboratório	Ralph Presgrave; G. B. Bailey; J. A. Lowden
Tempos de movimentos dimensionais (DMT)	1952	Estudo de tempos, filmagem e estudos de laboratório	H. C. Geppinger
Tempos pré-determinados para trabalho humano	1952	Filmagem de operações de fábrica	Irvin P. Lazarus

Fonte: Barnes (1977).

==== **Atividade 1** =====

Atende ao Objetivo 1

1. Faça a correspondência entre nomes dos sistemas de tempos sintéticos e suas respectivas características, enumerando as linhas da segunda tabela.

1	Análise do tempo para movimentos (MTA)	()	Aplicado pela primeira vez em 1950 e os dados foram obtidos em estudos de laboratório
2	O sistema fator-trabalho	()	Desenvolvido em 1952 por H. C. Geppinger
3	Methods-time measurement (MTM)	()	Os dados foram obtidos em filmagem e análise de micromovimentos por A. B. Segur
4	Tempos-padrão elementares para trabalho básico manual	()	Os dados foram obtidos em estudo de tempos e estudo de movimentos e aplicado pela primeira vez em 1938
5	Estudo de tempos por movimentos básicos (BMT)	()	Foi desenvolvido pelos autores Maynard; Stegemerten; Schwab resultado de estudo de tempos e filmagem de operações de fábrica
6	Tempos de movimentos dimensionais (DMT)	()	Filmagem de operações industriais e estudos com registro elétrico do tempo e aplicado pela primeira vez em 1942

Resposta

- (5) Aplicado pela primeira vez em 1950 e os dados foram obtidos em estudos de laboratório
- (6) Desenvolvido em 1952 por H. C. Geppinger
- (1) Os dados foram obtidos em filmagem e análise de micromovimentos por A. B. Segur
- (2) Os dados foram obtidos em estudo de tempos e estudo de movimentos e aplicado pela primeira vez em 1938
- (3) Foi desenvolvido pelos autores Maynard; Stegemerten; Schwab resultado de estudo de tempos e filmagem de operações de fábrica
- (4) Filmagem de operações industriais e estudos com registro elétrico do tempo e aplicado pela primeira vez em 1942

Sistema Methods-Time Measurement (MTM)

O sistema *Methods-Time Measurement* (MTM) é o mais utilizado e amplamente citado na literatura técnica de engenharia de produção. Ele utiliza as tabelas de tempos elementares padrão, desenvolvidas em 1948, nos Estados Unidos, pelo Methods Engineering Council (Conselho de Engenharia de Métodos). Barnes (1977) complementa que o MTM

analisa qualquer operação manual ou método em movimentos básicos requeridos para sua execução, associando a cada movimento um tempo sintético determinado pela natureza do movimento e pelas condições sob as quais ele é executado. Ou seja, o sistema MTM identifica, inicialmente, os micromovimentos que um operador executa para fazer uma operação. Para cada micromovimento foram atribuídos tempos, em função da distância e da dificuldade do movimento, que se encontram tabelados. O tempo padrão é obtido somando-se os tempos de todos os micromovimentos. (PEINADO, GRAEML, 2007).



A unidade de tempo para cada micromovimento é a TMU (Time Measurement Unit). A unidade de tempo é um centésimo milésimo de hora (0,00001 h), sendo designada uma unidade de medida (TMU). Portanto um TMU vale 0,0006 min.

1 TMU = 0,0006 minutos = 0,00001 horas

A **Tabela 9.1** apresenta uma representação resumida e simplificada do sistema MTM.

TABELA DE ALCANÇAR: alcançar é o elemento básico usado quando a finalidade principal é transportar a mão ou o dedo a um destino.

Distância		TMU				
pol ¹² .	cm.	A	B	C ou D	E	
1	2,54	2,5	2,5	3,6	2,4	Caso A: alcançar um objeto que está em posição fixa, ou um objeto na outra mão ou sobre o qual a mão descansa.
2	5,08	4,0	4,0	5,9	3,8	
3	7,62	5,3	5,3	7,3	5,3	
4	7,62	6,1	6,4	8,4	6,8	Caso B: alcançar um objeto cuja posição pode variar ligeiramente em cada ciclo.
5	12,7	6,5	7,8	9,4	7,4	
6	15,24	7,0	8,6	10,1	8,0	Caso C: alcançar um objeto que está dentro de um grupo de objetos.
7	17,78	7,4	9,3	10,8	8,7	
8	20,32	7,9	10,1	11,5	9,3	
9	22,86	8,3	10,8	12,2	9,9	Caso D: alcançar um objeto muito pequeno ou quando se exige precisão no agarrar.
10	25,40	8,7	11,5	12,9	10,5	
16	40,64	11,4	15,8	17,0	14,2	Caso E: alcançar um objeto em posição não definida.
20	50,80	13,1	18,6	19,8	16,7	
24	60,96	14,9	21,5	22,5	19,2	
30	76,20	17,5	25,8	26,7	22,9	

TABELA DE MOVIMENTAR: movimentar é o elemento básico usado quando a finalidade principal é o transporte do objeto a um destino.

Distância		TMU		
pol.	cm.	A	B	C
1	2,54	2,5	2,9	3,4
2	5,08	3,6	4,6	5,2
3	7,62	4,9	5,7	6,7
4	7,62	6,1	6,9	8,0
5	12,7	7,3	8,0	9,2
6	15,24	8,1	8,9	10,3
7	17,78	8,9	9,7	11,1
8	20,32	9,7	10,6	11,8
9	22,86	10,5	11,5	12,7
10	25,40	11,3	12,2	13,5
16	40,64	16,0	15,8	18,7
20	50,80	19,2	18,2	22,1
24	60,96	22,4	20,6	25,5
30	76,20	27,1	24,3	30,7

Caso A: movimentar objeto para outra mão ou de encontro a um batente.

Caso B: movimentar objeto para localização aproximada ou indefinida.

Caso C: movimentar objeto para localização exata.

Tabela válida para movimentar objetos com, no máximo, 1.134 gramas.

TABELA DE GIRAR: compreende o movimento de rotação da mão, pulso e antebraço, tendo como eixo o próprio antebraço. A mão pode estar vazia ou carregada.

Peso	Tempo em TMU para grau de giro							
	30º	45º	60º	75º	90º	120º	150º	180º
1. Menor que 0,9 kg	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,8	8,1	9,4
2. Entre 0,9 e 4,5 kg	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	10,6	12,7	14,8
3. Entre 4,5 e 15,87 kg	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	20,4	24,3	28,2

TABELA DE SOLTAR: significa abandonar o controle exercido pelos dedos ou mãos sobre um objeto.

Caso	TMU	Descrição
1	2,0	Soltar abrindo os dedos ou a mão
2	0,0	Soltar de contato (o soltar se inicia e termina no instante em que o próximo alcançar tem início)

TABELA DE AGARRAR: agarrar é o elemento básico quando a finalidade é assegurar controle suficiente de um ou mais objetos com os dedos ou a mão para a execução do próximo passo.

Caso	TMU	
1A	2,0	Objetos facilmente agarrados
1B	3,5	Objetos muito pequenos
1C1	7,3	Objetos cilíndricos: diâmetro superior a ½ pol (1,27 cm)
1C2	8,7	Objetos cilíndricos: diâmetro de ¼ a ½ pol (0,64 cm a 1,27 cm)
1C3	10,8	Objetos cilíndricos: diâmetro inferior a ¼ pol (0,64 cm)
2 e 3	5,6	Reagarrar, agarrar e transferir
4A	7,3	Objetos misturados com outros maiores que 1" x 1" x 1" (é necessário procurar)
4B	9,1	Objetos misturados com outros de ¼ x ¼ x 1/8 a 1" x 1" x 1" (é necessário procurar)
4C	12,9	Objetos misturados com menores que ¼ x ¼ x 1/8 (é necessário procurar)
5	0	Contato, escorregar e enganchar

TABELA DE POSICIONAR: significa alinhar, orientar e montar um objeto com outro objeto. Para distância máxima de 1 pol (2,54 cm).

Classe de ajuste	Simetria ¹³	TMU	
		Fácil manuseio	Difícil manuseio
1. Frouxo	S	5,6	11,2
	SS	9,1	14,7
	SN	10,4	16,0
2. Justo	S	16,2	21,8
	SS	19,7	25,3
	SN	21,0	26,6
3. Exato	S	43,0	48,6
	SS	46,5	52,1
	SN	17,8	53,4

TABELA DE DESMONTAR: significa quebrar o contato entre dois objetos. Inclui o movimento involuntário resultante da quebra da resistência.

Classe de ajuste	TMU	
	Fácil manuseio	Difícil manuseio
1. Frouxo	4,0	5,7
2. Justo	7,5	11,8
3. Exato	22,9	34,7

TEMPO PARA OS OLHOS: na maioria das vezes, o tempo de deslocamento e focalização dos olhos não afeta o tempo da operação. Entretanto, quando os olhos dirigem os movimentos das mãos ou do corpo, este tempo tem que ser levado em consideração, sendo:

Tempo de focalização dos olhos: Valor máximo = 7,3 TMU

Tempo de movimentação dos olhos:

$$15,2 \times (T/D) \text{ TMU}$$

onde: T = distância dos pontos entre os quais os olhos se movimentam

D = Distância perpendicular dos olhos à linha de movimentação T

valor máximo = 20,0 TMU

Fonte: Adaptação de Peinado e Graeml (2007).



Nos Anais Eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), disponível em: <http://www.abepro.org.br/publicacoes/> você encontra artigos sobre MTM. Entre na aba “Pesquisa de Trabalho” e siga as instruções a seguir:

- No 1º campo - selecione o evento: ENEGEP 2015
- No 2º campo – selecione a área: 1.2 Engenharia de Métodos

- No 3º campo – pesquisa: MTM

- No 4º campo – autor: não preencher e clicar em OK

Você localizará o artigo intitulado: Aplicação do Methodos Time Measurement (MTM) para o Diagnóstico e Melhorias do Setor de Estofaria de uma Empresa do Ramo de Equipamentos Odontológicos e Médicos da Grande Florianópolis.

Boa Leitura!!!

A aplicação do sistema MTM será exemplificada para dobrar uma carta e guardá-la em um envelope que se encontram ambos sobre a mesa. A **Tabela 9.2** apresenta o gráfico de operações também conhecido por gráfico das duas mãos. Em seguida utilizando a tabela de tempos sintéticos MTM determinamos o tempo padrão, conforme mostra a **Tabela 9.3**.

Tabela 9.2: Gráfico de Operações - Dobrar uma carta e guardá-la em um envelope

MÃO ESQUERDA		MÃO DIREITA	
Nº	Descrição da atividade	Descrição da atividade	Nº
1	Deslocamento para carta	Deslocamento para carta	1
2	Preposiciona carta para 1ª dobra	Preposiciona carta para 1ª dobra	2
3	Executa 1ª dobra	Executa 1ª dobra	3
4	Preposiciona carta para 2ª dobra	Preposiciona carta para 2ª dobra	4
5	Executa 2ª dobra	Executa 2ª dobra	5
6	Deslocamento para envelope	Aguarda (segura carta dobrada)	6
7	Agarra envelope	Aguarda	7
8	Deslocamento para Área de trabalho	Aguarda	8
9	Preposiciona envelope na carta	Preposiciona carta no envelope	9
10	Coloca carta no envelope	Coloca carta no envelope	10
11	Aguarda (segura envelope com carta)	Deslocamento para bastão de cola	11
12	Aguarda	Colhe tubo de cola	12
13	Deslocamento para tampa tubo de cola	Deslocamento para área de trabalho	13
14	Abre tubo de cola	Abre tubo de cola	14
15	Deslocamento para envelope com carta	Deslocamento para envelope com carta (leva tubo de cola)	15

16	Segura carta	Deslocamento para cola no envelope	16
17	Deslocamento para tampa tubo de cola	Segura tubo de cola	17
18	Fecha tubo de cola	Fecha tubo de cola	18
19	Deslocamento para envelope	Deslocamento para mesa (leva tubo de cola)	19
20	Aguarda	Solta tubo de cola sobre a mesa	20
21	Aguarda	Deslocamento para envelope	21
22	Fecha envelope	Fecha envelope	22

Fonte: Adaptação de Peinado e Graeml (2007).

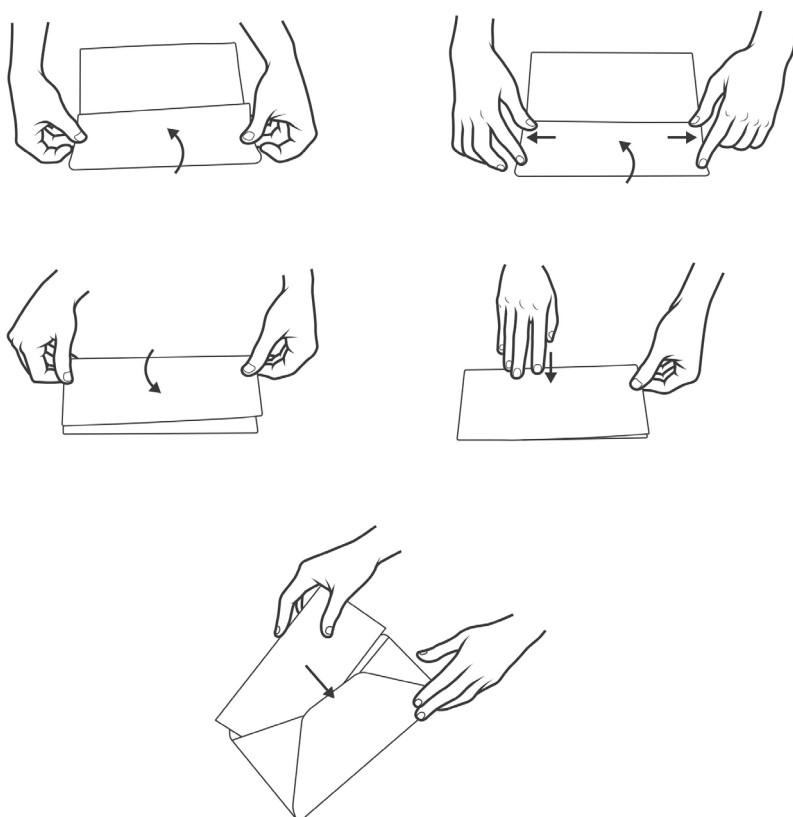


Figura 9.1: Execução da 1ª dobra até a colocação do papel no envelope.

Fonte: Adaptado de <https://pt.wikihow.com/Dobrar-e-Inserir-uma-Carta-em-um-Envelope>

Tabela 9.3: Cálculo dos tempos

Atividade	Tabela Utilizada	TMU
1	Alcançar 8 pol. (20 cm) caso A	7,9
2	Tempo de focalização dos olhos – valor máximo 7,3 TMU	3,0*
3	Girar e aplicar pressão. Caso 1 180°	9,4

4	Tempo de focalização dos olhos – valor máximo 7,3 TMU	3,0*
5	Girar e aplicar pressão. Peso pequeno 180°	9,4
6	Alcançar 12 pol. (30 cm) caso A	9,6
7	Agarrar caso 1A (objeto facilmente agarrado)	2,0
8	Alcançar 12 pol. (30 cm) caso A	9,6
9	Tempo de focalização dos olhos – valor máximo 7,3 TMU	3,0*
10	Posicionar classe de ajuste frouxo	5,6*
11	Alcançar 8 pol. (20 cm) caso A	7,9
12	Agarrar caso 1A (objeto facilmente agarrado)	2,0
13	Alcançar 8 pol. (20 cm) caso A	7,9
14	Desmontar ajuste frouxo	4,0*
15	Alcançar 8 pol. (20 cm) caso A	7,9
16	Movimentar 8 pol. (20 cm) caso A	9,7
17	Alcançar 2 pol. (5 cm) caso A	4,0
18	Tabela de posicionar classe de ajuste frouxo	5,6*
19	Alcançar 8 pol. (20 cm) caso A	7,9
20	Soltar caso normal	2,0
21	Alcançar 8 pol. (20 cm) caso A	7,9
22	Girar e aplicar pressão. Peso pequeno 180°	9,4
	Total	138,7

Nota: 138,7 TMUs = 138,7 x 0,0006 = 0,0832 minutos = 5,0 segundos

* Valores estimados dentro de uma faixa com certo grau de subjetividade
 Fonte: Adaptação de Peinado e Graeml (2007).

══════════════════ **Atividade 2** ══════════════════

Atende ao Objetivo 2

Qual é a medida de tempo utilizada no sistema MTM? Qual seu valor?

Resposta comentada

A unidade de tempo utilizada para cada micromovimento é o TMU (Time Measurement Unit). Um TMU vale 0,0006 minutos ou 0,00001 horas.

Conclusão

De modo geral, é possível concluir que o cálculo do tempo padrão de uma operação pode ser realizado a partir dos sistemas pré-determinados de tempos sintéticos.

A falta de informação publicada e as especificidades de cada método criado ou adaptado para cada empresa dificultam precisar a quantidade de sistemas de tempos sintéticos utilizados nas organizações. Dentre os apresentados na literatura, destaca-se o Methods-time measurement (MTM). Ele analisa qualquer operação manual em movimentos básicos requeridos para sua execução, associando a cada movimento um tempo sintético determinado pela natureza do movimento e pelas condições sob as quais ele é executado, utilizando as tabelas de tempos elementares padrão, desenvolvidas em 1948, nos Estados Unidos, pelo Methods Engineering Council (Conselho de Engenharia de Métodos).

Atividade Final

Atende ao Objetivo 1 e 2

Em relação aos sistemas pré-determinados de tempos sintéticos, pode-se afirmar que estão corretas as afirmativas, EXCETO:

- (A) Uma das vantagens da utilização de tempos pré-determinados é o levantamento do tempo de execução de novo produto mesmo antes de iniciar sua produção.
- (B) O sistema MTM analisa qualquer operação manual em movimentos básicos requeridos para sua execução, associando a cada movimento um tempo sintético determinado pela natureza do movimento e pelas condições sob as quais ele é executado.

(C) Os sistemas de tempos sintéticos são semelhantes aos métodos de cronometragem, pois torna-se necessário a avaliação do ritmo pelo analista.

(D) A falta de informação e a especificidade de cada método criado ou adaptado para cada empresa dificulta mensurar a quantidade de sistemas distintos de tempos sintéticos estão sendo utilizados nas organizações.

(E) Alcançar é um elemento básico do MTM cuja finalidade principal é transportar a mão ou o dedo a um destino.

Resposta comentada

01. A resposta correta é a letra C.

Nos sistemas de tempos sintéticos não é necessário a definição do ritmo pelo analista, tornando-o superior ao método de cronometragem pois elimina a opinião pessoal do profissional.

Resumo

Os tempos sintéticos são normas de tempos elaboradas em tabelas a partir de tempos elementares obtidos previamente por estudo de tempos cronometrados.

Alguns dos sistemas de tempos sintéticos, são:

Análise do tempo para movimentos (MTA);

- Movimentos dos membros do corpo;
- Dados sintéticos para trabalho de montagem (obter e colocar);
- Sistema fator-trabalho;
- Tempos-padrão elementares para trabalho básico manual;
- Methods-time measurement (MTM);
- Estudo de tempos por movimentos básicos (BMT);
- Tempos de movimentos dimensionais (DMT);
- Tempos pré-determinados para trabalho humano.

Dentre eles, destaca-se o sistema Methods-Time Measurement (MTM) que analisa qualquer operação manual em movimentos básicos necessários na sua execução, associando a cada movimento um tempo sintético determinado pela natureza do movimento e pelas condições sob as quais ele é executado. A unidade de tempo para cada micromovimento é a TMU (Time Measurement Unit). A unidade de tempo é um centésimo milésimo de hora (0,00001 h), sendo designada uma unidade de medida (TMU). Portanto um TMU vale 0,0006 min.

Referências bibliográficas

BARNES, R. M. *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. Tradução da 6ª Edição Americana. São Paulo: Editora Blucher, 1977.

FULLMANN, C. *O trabalho: mais resultado com menos esforço, custo: passos para a produtividade*. São Paulo: Educator, 2009.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba : UnicenP, 2007.

Leituras recomendadas

ANTUNES; J. et al. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto de gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

