

# Sistemas flexíveis de manufatura

## Um problema

**D**epois de muitos anos de trabalho e economia, você decidiu comprar seu primeiro carro zero quilômetro. Na agência, no entanto, o vendedor nem lhe deu tempo de respirar e foi logo disparando:

- Álcool ou gasolina? Motor 1.0, 1.4 ou 1.6? Interior em napa, couro ou corvim? Direção hidráulica? E ar-condicionado? Olha que o verão promete, hein! Vidros elétricos? Painel analógico ou digital? Digital vai parecer um avião. Rodas de ferro ou alumínio? Duas ou quatro portas?

Ainda completamente atordoado com tantas possibilidades, o vendedor levanta a cabeça da tabela de preços e lhe dá o golpe de misericórdia:

- E a cor?

### O outro lado da moeda

Na extremidade oposta ao do conceito de produção em massa, encontra-se a produção sob encomenda. Normalmente trata-se de um lote unitário, ou seja, composto por um único produto. O caso típico é o da noiva que contrata uma costureira para fazer seu vestido de casamento.

Ela deseja algo exclusivo, que retrate sua personalidade e ressalte suas qualidades. Para isso, terá que pagar mais e esperar mais tempo do que se comprasse um vestido pronto numa loja do ramo.

Começou-se, então, a estudar a viabilidade de métodos de fabricação que aliassem o baixo custo e o prazo de entrega da produção em massa com o respeito aos desejos íntimos do consumidor, típico da produção sob encomenda.

Esse meio-termo, constituído pela chamada produção em lotes, com quantidades inferiores a 50 peças, necessitava de formas de produção mais flexíveis. E flexibilidade, ou seja, capacidade de se adaptar rapidamente a mudanças é justamente a característica principal de uma máquina chamada computador.

Embora um sistema de fabricação flexível não precise necessariamente de computadores, sua presença, se bem explorada, acaba por aumentar a eficiência de produção. Em muitos casos, a flexibilidade propiciada pela utilização

dos computadores acaba se tornando até um fator de sobrevivência da empresa em face da concorrência cada vez maior.

### Sistemas flexíveis de manufatura

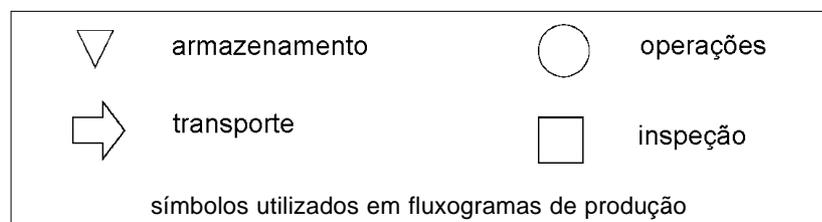
A palavra “sistema” significa um conjunto de elementos interligados, destinados a uma determinada função. No nosso caso, essa função é a produção de bens.

Costuma-se utilizar a palavra “manufatura” para significar produção, embora em seu sentido original – “fazer à mão” – a palavra não represente a realidade atual, em que cada vez mais as máquinas substituem a habilidade manual do artesão.

Assim, a expressão “sistema de manufatura” não é nova. A novidade está no adjetivo “flexível”. Essa característica foi se incorporando aos sistemas de produção à medida em que a presença dos computadores nesses sistemas se tornava mais freqüente.

Embora não haja consenso entre os vários autores quanto à origem do primeiro sistema flexível de manufatura, alguns consideram a indústria inglesa de máquinas-ferramenta Mollins como sendo a primeira a implantar, em 1968, um sistema desse tipo. Ele teria sido construído para fabricar uma grande variedade de componentes e poder operar, sem a presença do homem, por longos períodos.

Desde a década de 60, os sistemas flexíveis de manufatura tornaram-se cada vez mais sofisticados. Os pioneiros no estudo dos métodos e processos de produção criaram, no início do século, algumas formas de se representar os sistema de produção. Uma dessas formas é a dos chamados fluxogramas de produção. Com símbolos, conforme ilustra a figura a seguir, representavam-se as várias fases pelas quais passava o material ao ser processado.



Assim, podia-se indicar as operações, inspeções, transportes, armazenamentos e tempos de espera do material em processo. Em seguida, tentava-se reduzir ou eliminar as atividades que apenas aumentavam o custo do produto.

Os fluxogramas foram substituídos por formas mais modernas de representação, muitas delas realizadas com o auxílio do próprio computador. No entanto, se você observar as pessoas trabalhando numa fábrica hoje, perceberá que cada uma delas está envolvida numa atividade que pode ser representada por um dos símbolos da figura. Assim, se quisermos criar um sistema automatizado de manufatura, devemos considerar a possibilidade de automatizar cada uma dessas atividades, que são os elementos que compõem o sistema de manufatura.

## Operação

Operação é a atividade de adicionar um valor ao material em processo. Imagine uma fundição que decide comprar um robô industrial para rebarbar certo tipo de peça. Algum tempo depois, descobre que as rebarbas eram causadas por falhas no próprio processo de fundição. Solucionadas essas falhas, o robô torna-se desnecessário.

Na linha de evolução de um torno mecânico, por exemplo, notamos que os comandos numéricos deslocaram o torneiro da atividade principal de transformação para uma atividade secundária de carregamento e descarregamento da máquina.

Porém, se o que se deseja é chegar a um sistema de manufatura totalmente automático, sem interferência humana, esta situação ainda não é satisfatória. O próximo passo é retirar o homem de sua tarefa de carregar e descarregar o torno, substituindo-o por outra máquina: um robô industrial. Assim, o robô também pode ser um elemento de operação. Sua função é a de retirar a matéria-prima de um recipiente (caixa, pallet etc.) e colocá-la na máquina. Após a usinagem, deve retirar a peça da placa, depositando-a num outro local. Assim, o homem acabou de perder também a tarefa de carregar e descarregar a máquina. Agora, será encarregado apenas da verificação da qualidade do produto.

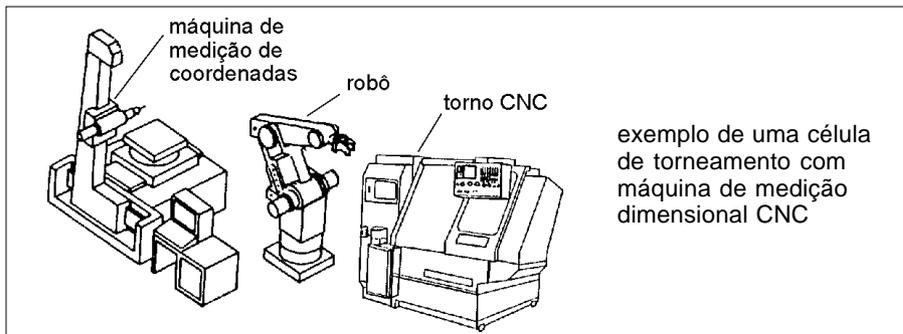
O conjunto formado por torno CNC, robô industrial, homem e dispositivos acessórios é um exemplo do que se denomina célula de manufatura. Mais especificamente, **célula de torneamento**.

A reunião de várias células de manufatura dá origem ao chamado **sistema de manufatura**.

## Inspeção

Continuando no processo de substituição do homem por dispositivos automáticos, queremos agora eliminar sua participação no controle de qualidade do produto. Controlar a qualidade significa, em primeiro lugar, medir a característica que define a qualidade desejada e, em seguida, atuar no processo para corrigir os desvios verificados.

Se quisermos medir as dimensões da peça produzida, podemos utilizar uma máquina de medição dimensional CNC. Esta máquina possui um sensor que, seguindo um programa predefinido, “apalpa” a peça em regiões determinadas. Como a máquina de medição e o torno estão conectados, a medida obtida é comunicada ao controle numérico do torno que faz, então, as correções necessárias.



Alguns tornos mais sofisticados possuem um sistema de medição integrado à própria máquina, dispensando assim o uso de uma máquina separada para realizar o controle dimensional.

A manipulação de material entre as máquinas e dispositivos acessórios é feita pelo robô industrial. Há, ainda, uma série de sensores espalhados pela célula destinados a garantir o trabalho harmônico entre as máquinas e prevenir acidentes.

### Transporte

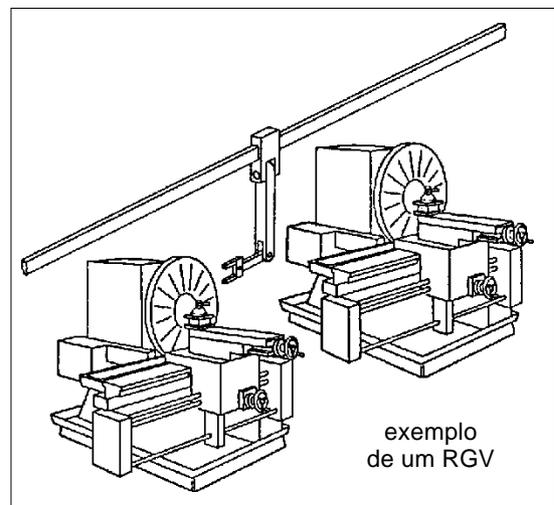
O operário a que usinava peças passou, sucessivamente, a carregar as peças na máquina e medi-las. Mas também foi substituído nessa tarefa. Resta-lhe, então, transportar a matéria-prima de um armazém até um local de onde o robô possa carregá-las na máquina. Mas, a caminho de um sistema flexível de manufatura, até mesmo dessa atividade ele será poupado. Há vários tipos de máquinas, controladas por computador, destinadas a transportar materiais. Entre elas, destacam-se os AGVs e os RGVs. Esses nomes estranhos, na verdade, são siglas de termos em inglês. Vejamos: AGV = *Automatically Guided Vehicle*, ou seja, Veículo Guiado Automaticamente; RGV = *Rail Guided Vehicle*, ou seja, Veículo Guiado por Trilho.



exemplo de um AGV

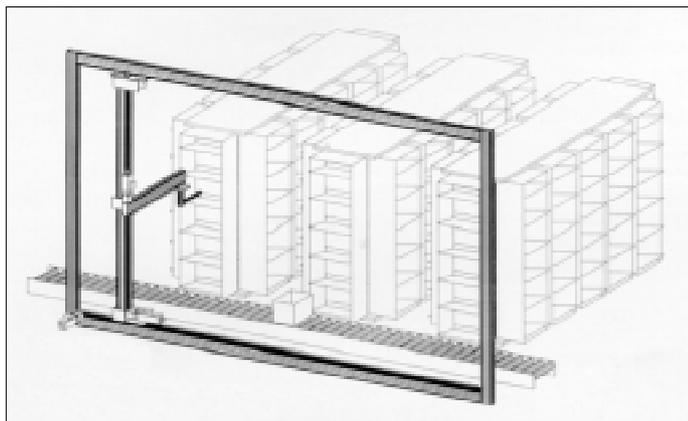
Os AGVs são pequenos carros sobre rodas. Eles apresentam um suporte para carga composto por mecanismos de elevação, correntes, correias ou simplesmente por roletes, sobre os quais é disposto o pallet, que é uma base de sustentação do material.

Os RGVs são veículos guiados por trilhos, como mostra a figura.



exemplo de um RGV

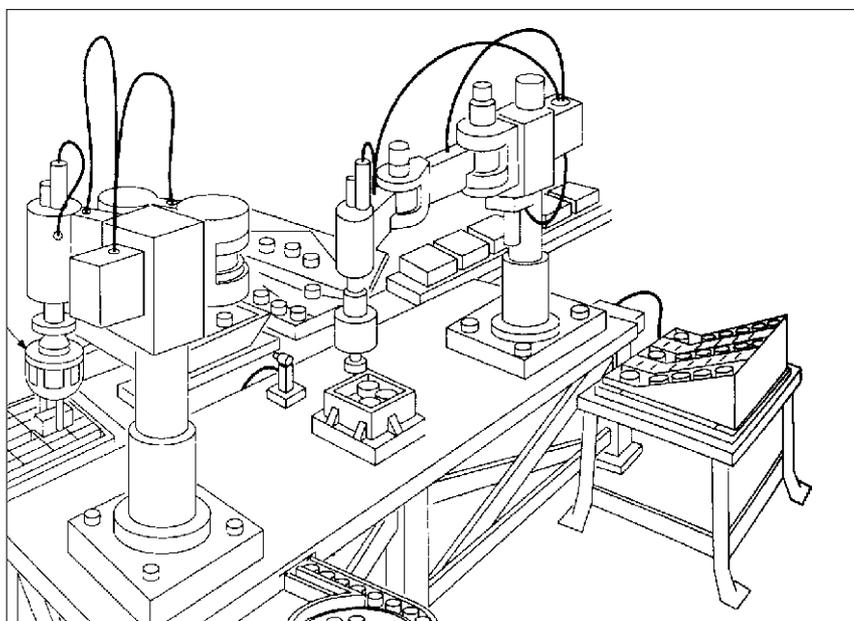
Normalmente, o sistema de controle deste tipo de veículo é mais simples, uma vez que sua trajetória já se encontra predefinida pelo próprio trilho. Os RGVs são muito utilizados para carga e descarga de pallets em armazéns verticais.



RGV trabalhando num armazém vertical

### Esteiras transportadoras

Embora não sejam tão flexíveis como os AGVs e RGVs, as esteiras transportadoras, como a apresentada abaixo, são meios baratos de transportar materiais por trajetórias fixas.

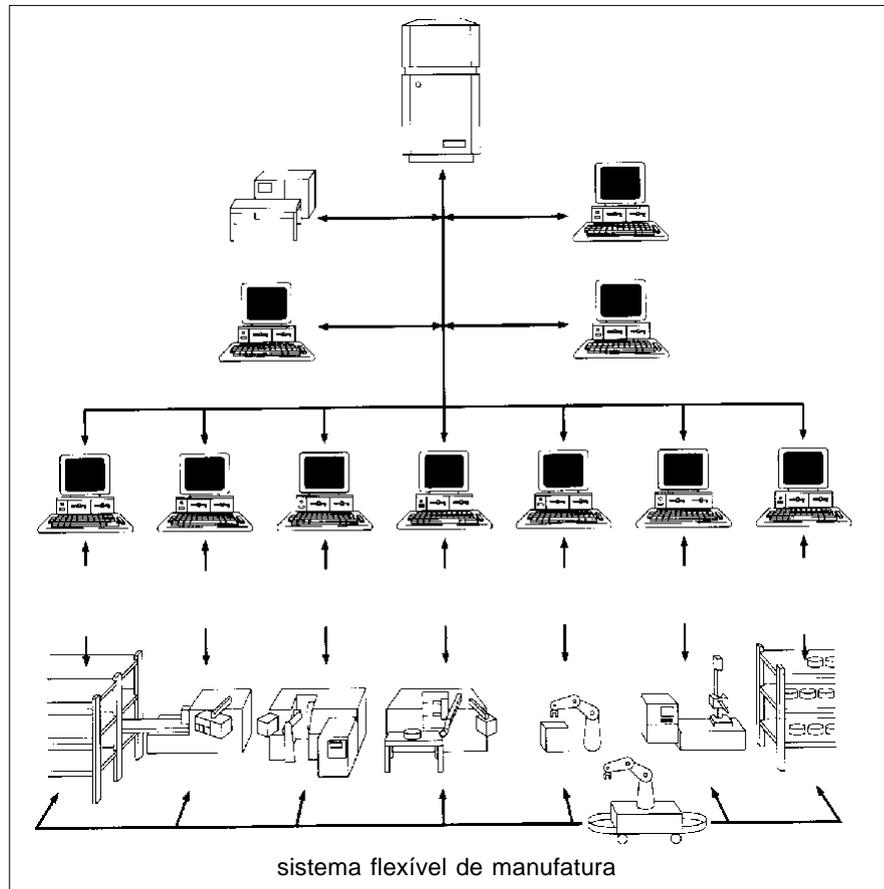


exemplo de esteira transportadora

As esteiras podem ser de vários tipos: correias, correntes, roletes etc. São utilizadas há muito tempo, desde a introdução das linhas de produção. Existem em sistemas rígidos de produção, onde a diversidade de produtos é pequena. Apesar disso, costumam aparecer como componentes acessórios em sistemas flexíveis de manufatura.

## Armazenamento

A atividade de armazenamento também pode ser automatizada por meio de depósitos atendidos por RGVs. O trabalho nas estações de carga é realizado pelo homem. O operador, de acordo com um plano de produção e contando com o auxílio de um RGV, preenche o depósito com a matéria-prima a ser processada. Esta atividade, embora também possa ser automatizada por meio de robôs, não costuma dispensar o homem, principalmente se é grande o número de variáveis envolvidas, como ocorre quando se fixam peças em dispositivos para usinagem.

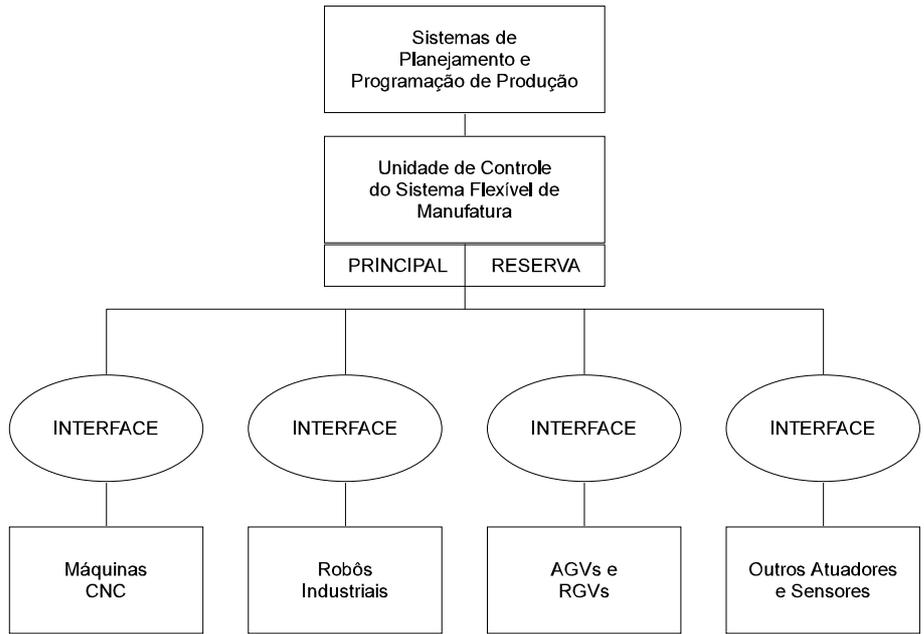


## Integração e comunicação

Para que os equipamentos de produção trabalhem de forma cooperativa, é necessário que estejam integrados, ou seja, conectados a um controle central, encarregado de comandá-los de forma harmônica.

Este controle central deve enviar ordens aos controladores de cada equipamento e deles receber informações sobre o que se passa no processo de produção (número de peças produzidas, desgaste de ferramentas, falhas de máquinas etc). O controle central troca informações com os controladores dos equipamentos de produção por meio de uma rede de comunicação.

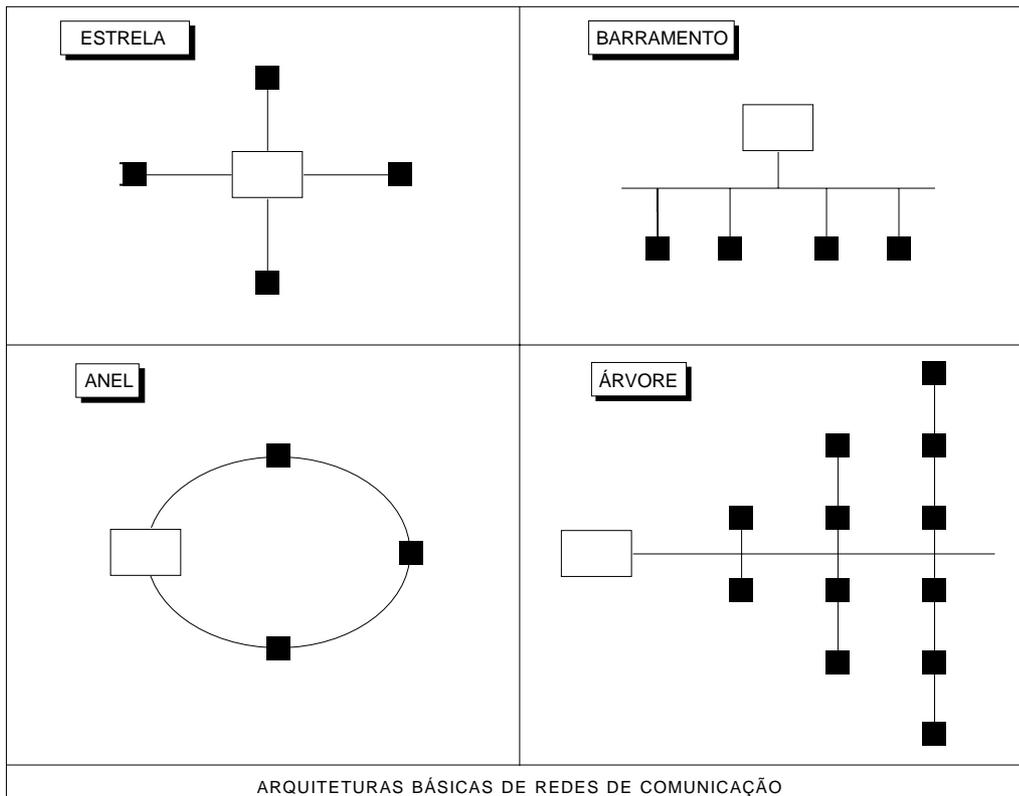
Os controladores são computadores, conversam por meio de sinais elétricos. Assim, uma rede de comunicação conta, em primeiro lugar, com cabos elétricos ligando os controladores. Quando o volume de dados ou as distâncias entre os equipamentos são grandes, podem-se utilizar cabos ópticos.



esquema de uma rede de comunicação

Além dos cabos, os controladores que desejam se comunicar devem ser equipados com hardware (placas eletrônicas para comunicação de dados) e software (programas de comunicação) adequados.

A distribuição, ao longo da rede, dos controladores dos equipamentos em relação ao computador central pode se dar de várias maneiras. Cada uma dessas maneiras denomina-se arquitetura da rede de comunicação. Há quatro arquiteturas básicas para redes de comunicação: estrela, barramento, anel e árvore.



ARQUITETURAS BÁSICAS DE REDES DE COMUNICAÇÃO

## Máquinas integradas, homens separados

Embora o ser humano continue sempre a aprimorar suas invenções, a integração e comunicação entre equipamentos de produção é um assunto tecnicamente já solucionado.

No entanto, para aumentar as possibilidades de êxito na implantação de sistemas flexíveis de manufatura, só a integração de máquinas não é suficiente. Os departamentos da empresa e as pessoas que nela trabalham também devem estar unidos num mesmo objetivo.

Essa é uma tarefa mais difícil, porque as pessoas não podem ser programadas, nem obedecem à lógica típica dos sistemas eletrônicos. São condicionadas por fatores psicológicos, políticos e culturais.

Se o projetista não conversa com o analista de processo e se o programador de máquinas CNC não compartilha das preocupações e dificuldades do pessoal da produção, integrar máquinas é uma tarefa dispendiosa e inútil.

Um bom torneiro teria sua habilidade manual inutilizada pela introdução de um torno CNC. No entanto, seus conhecimentos do processo de fabricação ainda continuariam sendo úteis. Assim, ele poderia ser aproveitado, após o devido treinamento, como analista de métodos e processos de fabricação ou como programador de comando numérico.

Além disso, a automação de processos abre novos campos de trabalho. Primeiramente, nas empresas que fabricam os equipamentos automáticos e, num segundo momento, na manutenção, corretiva ou preventiva, desses equipamentos.

Essa possibilidade depende, no entanto, de aspectos políticos e econômicos do país e das empresas. O que fica claro, no entanto, é que um processo de automação bem-sucedido necessita de mão-de-obra qualificada, devido à mudança de foco de uma tarefa manual para uma atividade mental.

Mas um torneiro, por exemplo, não precisaria ser transformado num operador de estação de carga. Provavelmente, seria aproveitado em outra função mais digna de seus conhecimentos. E outro operário de função menos especializada seria treinado para operar a estação de carga. Se a função da automação industrial é, de fato, auxiliar no progresso do homem, parece que este é um caminho satisfatório.

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios e confira suas respostas com as do gabarito.



Marque com X a resposta correta.

## Exercícios

### Exercício 1

O contrário de uma produção em massa pode ser a produção:

- a)  em série;
- b)  exclusiva;
- c)  com intervalos;
- d)  em lote.

### Exercício 2

A manufatura se tornou flexível com a presença do:

- a)  robô;
- b)  computador;
- c)  CNC;
- d)  controle programável.

### Exercício 3

Uma das formas de representar a produção chama-se:

- a)  fluxograma;
- b)  diagrama;
- c)  cronograma;
- d)  sociograma.

### Exercício 4

O conjunto formado por torno CNC, robô industrial, homem e dispositivos acessórios recebe o nome de:

- a)  sistema de torno;
- b)  célula unitária;
- c)  célula de torneamento;
- d)  sistema sensorial.

### Exercício 5

O meio mais barato de transportar materiais segundo trajetórias fixas denomina-se:

- a)  carregamento;
- b)  esteira transportadora;
- c)  rolamento;
- d)  carriola.

