

OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS
PRODUTIVOS NA INDÚSTRIA 4.0

**INTRODUÇÃO AOS PROCESSOS
PRODUTIVOS
CHÃO DE FÁBRICA OTIMIZADA**

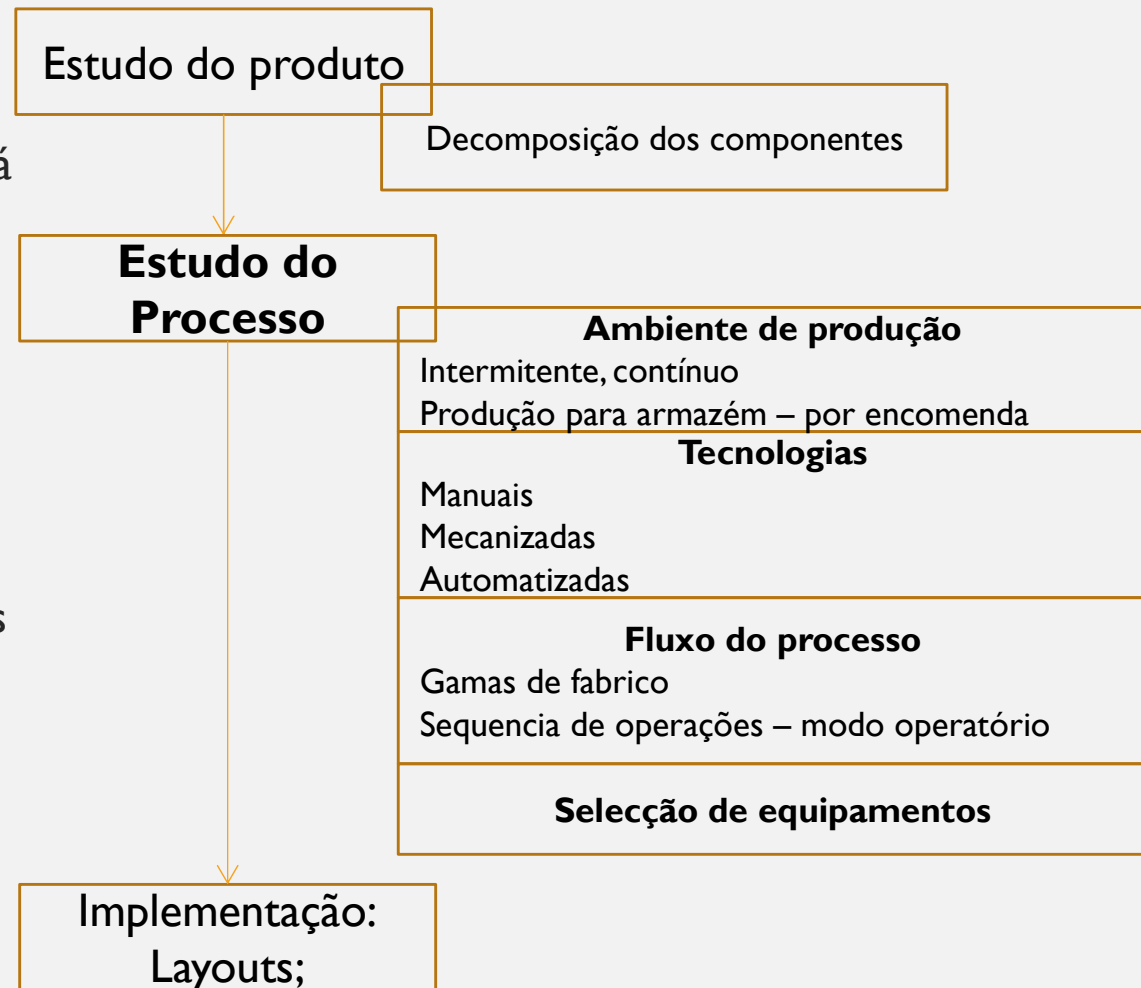
Por: Ana Moura

Slides desenvolvidos com base em:

Gestão das Operações uma abordagem integrada, de Victor Sequeira Roldão e Joaquim Silva Ribeiro, ISBN: 9789729413735

FACTORES DE DECISÃO NA ESCOLHA DE PROCESSOS E TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO

- Na sequência do estudo do produto e da definição dos respectivos componentes, há que determinar qual o processo de produção mais adequado.
- Com base nas quantidades a produzir, pode determinar-se qual o **tipo de ambiente e que tecnologias base** utilizar.
- Depois de determinados os equipamentos a utilizar, segue-se a definição da implementação fabril.
- Para isso, é necessário determinar o fluxo dos processos e produtos.

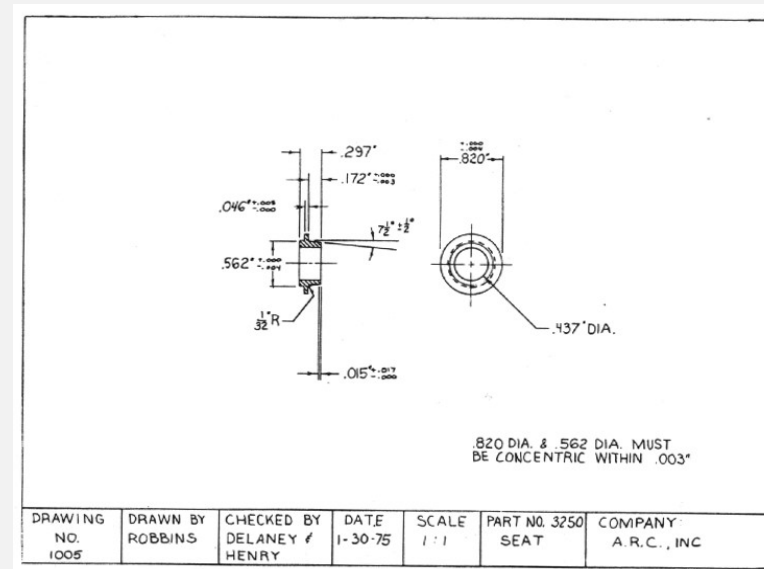
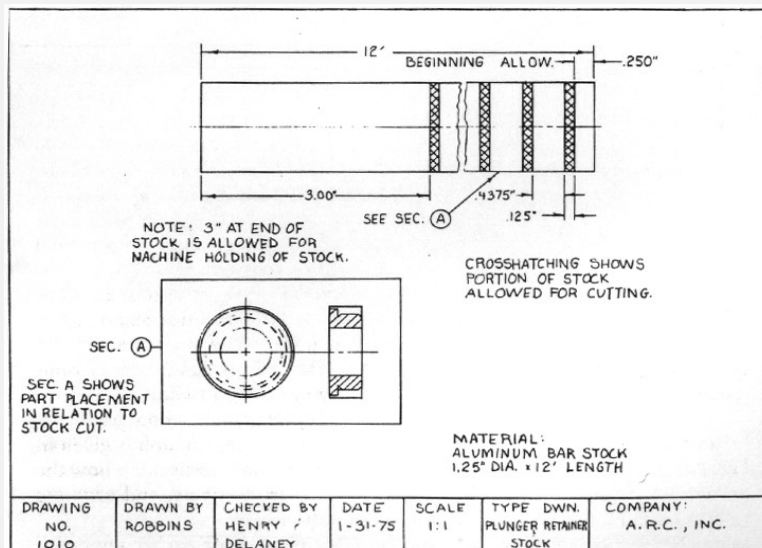


FATORES DE DECISÃO NA ESCOLHA DE PROCESSOS E TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO

- Estudo do produto e decomposição dos componentes:

Um conjunto de desenhos e especificações que mostram:

1. a forma do produto;
2. os materiais a utilizar;
3. as dimensões e tolerâncias.



FATORES DE DECISÃO NA ESCOLHA DE PROCESSOS E TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO

SELEÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

• Tipos de processo:

I. Processos contínuos

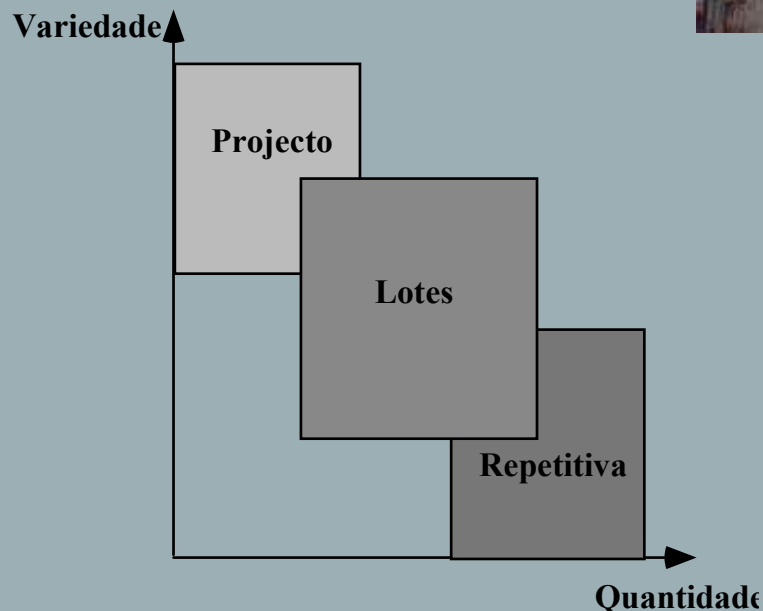


Produção contínua

- Produtos a granel
- Empresas de capital intensivo
- Problemas relacionados com a capacidade

II. Processos discretos

- Projeto
- *Job-shop*/Lotes
- Repetitivo / produção em massa/série



Resumo

Tipos de produção

Dimensão	<i>Job-shop</i>	Lotes	Repetitivo	Contínuo
Variedade de tarefas	Muito elevada	Moderada	Baixa	Muito baixa
Flexibilidade do processo	Muito elevada	Moderada	Baixa	Muito baixa
Custo unitário	Muito elevado	Moderado	Baixo	Muito baixo
Volume de output	Muito baixo	Baixo	Elevado	Muito elevado

Job-shop: Modelo de produção descontínua. Considera-se produção descontínua quando se tratam quantidades relativamente pequenas de vários produtos diferentes. Neste tipo de produção, os recursos são capazes de realizar um grande número de operações, que não são específicas para um determinado tipo de produto, o que lhes dá uma grande flexibilidade.

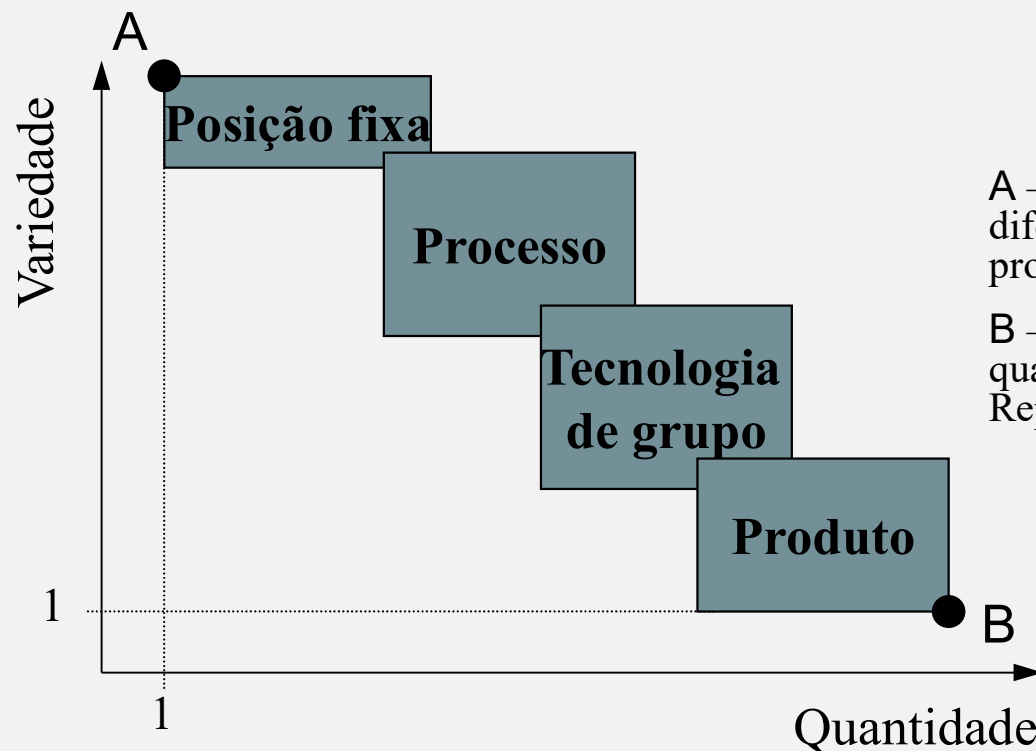
Lotes: Quantidade de produtos ou número de unidades produzidas com as mesmas características (utilizando os mesmos recursos, a mesma matéria-prima e o mesmo operador)

AMBIENTE DE PRODUÇÃO:

Organização dos sistemas produtivos (Layouts - Produção discreta)

A implantação está fortemente relacionada com o tipo produção e com o fluxo do processo produtivo.

Configurações básicas:



A – Produção de um grande número de produtos diferentes em lotes de uma unidade (produção por projeto)

B – Produção de um único produto em grandes quantidades (Produção em massa/série ou Repetitivo, no limite produção contínua)

IMPLANTAÇÃO POR PONTO FIXO / POSIÇÃO FIXA

- Quando os equipamentos de fabrico, os materiais e os trabalhadores são deslocados para junto do produto em construção.
- Produção por projeto.

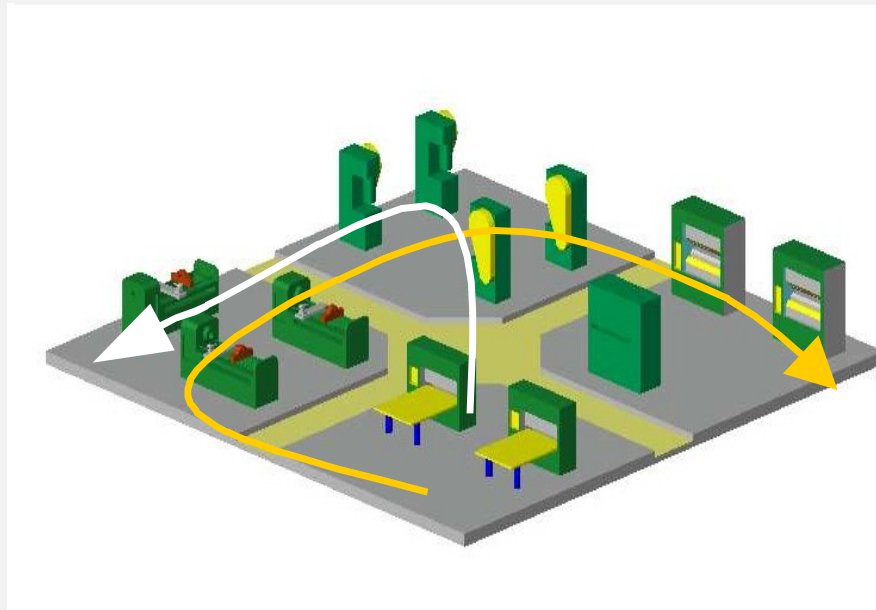
Exemplo: construção naval, construção civil, etc.



IMPLANTAÇÃO FUNCIONAL OU POR PROCESSO

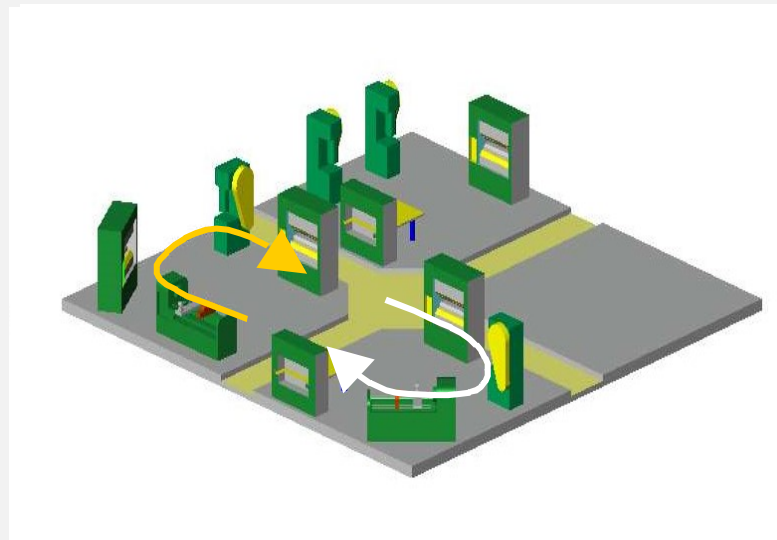
- Os equipamentos ou funções semelhantes estão agrupadas conjuntamente.
- Usado em processamento intermitente, Produção em **Job-shop** e **Lotes**

Exemplo: Metalomecânica, agrupar em secções os tornos, as prensas, etc.



IMPLANTAÇÃO CELULAR OU TECNOLOGIA DE GRUPO

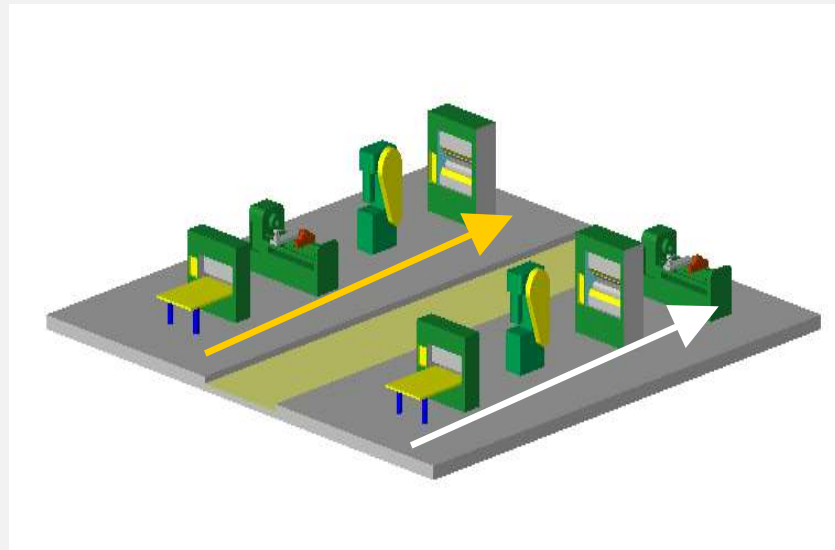
- **Produção celular:** Layout, onde os postos de trabalho estão agrupados em células que podem processar itens que têm requisitos de processamento similares;
- Este tipo de produção deve ter identificados grupos de itens com características de produção similares. Esta estratégia é conhecida por: **Tecnologia de grupo.**
- **Tecnologia de grupo:** Envolve a identificação e agrupamento de itens com similaridades tanto em características de design como características de produção e agrupa-los em famílias.



IMPLANTAÇÃO EM LINHA OU ORGANIZADO POR PRODUTO

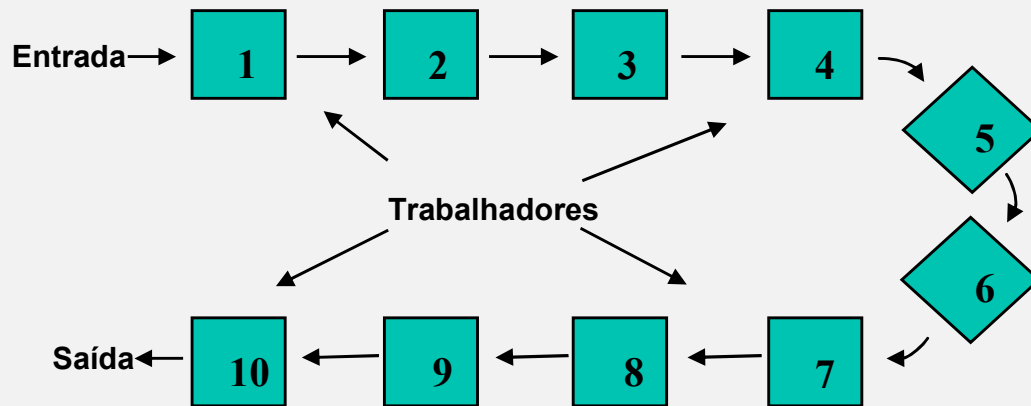
- Utilizada também em **processos contínuos ou repetitivos** em que os equipamentos são dedicados (específicos) às linhas de artigos estandardizados, sendo em muitos casos utilizados equipamentos em duplicado, para evitar que os materiais voltem a trás.
- Produção repetitiva ou em massa.

Exemplo: linhas de montagem de automóveis, petroquímicas, etc.

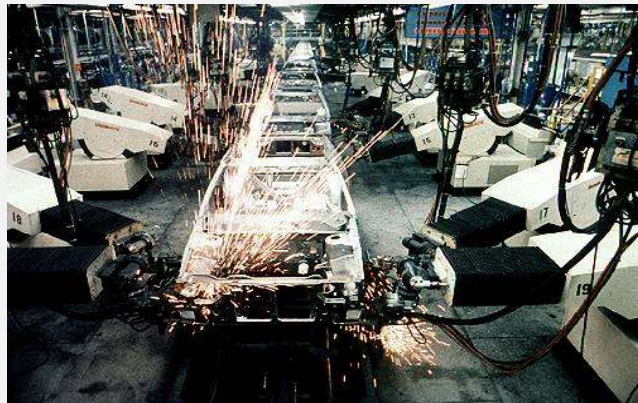


IMPLANTAÇÃO EM LINHA OU ORGANIZADO POR PRODUTO

Layout em U -> Melhora a eficiência



Linha de dois lados



OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS NA INDÚSTRIA 4.0

PLANEAMENTO DA PRODUÇÃO

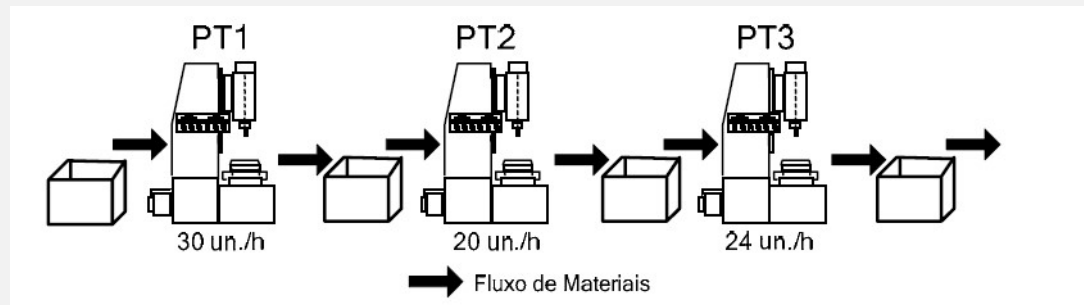
Por: Ana Moura

Slides desenvolvidos com base em:

Gestão das Operações uma abordagem integrada, de Victor Sequeira Roldão e Joaquim Silva Ribeiro, ISBN: 9789729413735

EXEMPLO, DE REPRESENTAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO SIMPLES

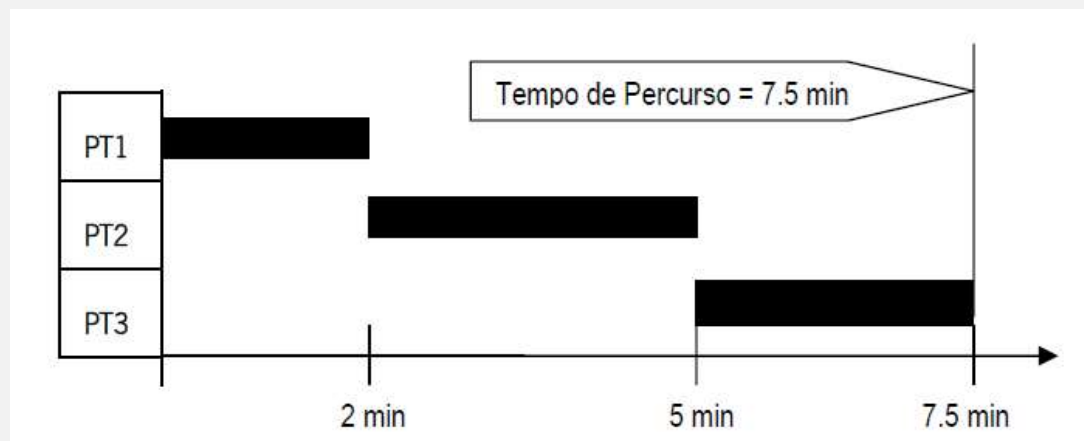
- 3 postos sequenciais com taxas de produção de 30, 20 e 24 un/h
- Espaços de armazenamento local, antes de cada posto de trabalho e no final do sistema
- Processamento de um único tipo de peça.



2 / 3 / 2.5 min/un

EXEMPLO, DE REPRESENTAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO SIMPLES

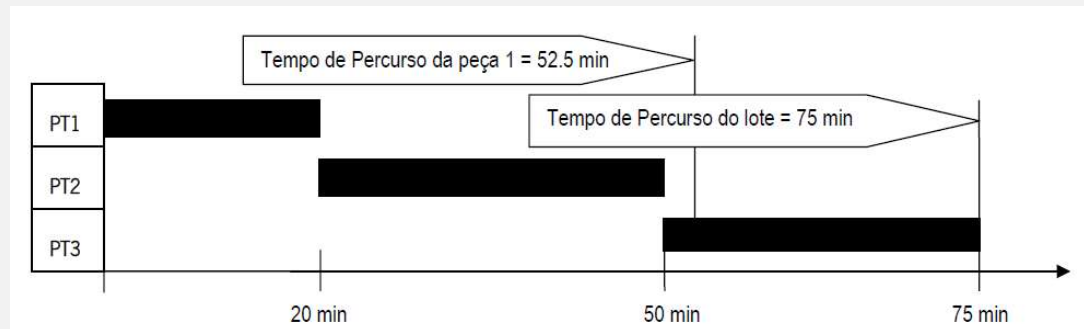
- DIFERENÇA ENTRE:
 - Tempo de processamento
 - Tempo de percurso ou lead time



PT1: 2 min/un
PT2: 3 min/un
PT3: 2.5 min/un

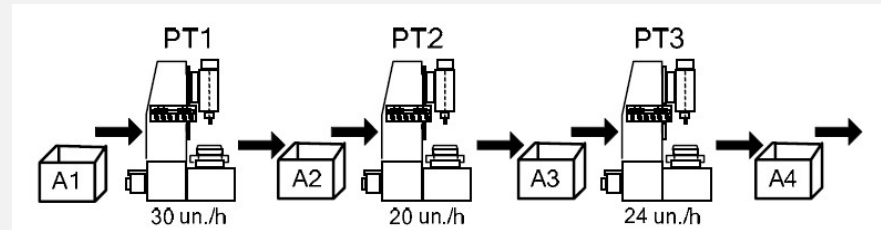
EXEMPLO, DE REPRESENTAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO SIMPLES

- Produção por lotes:
- (Considerando lotes de 10 peças)



EXEMPLO, DE REPRESENTAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO SIMPLES

- Supondo que A1 tem sempre peças para alimentar o PT1

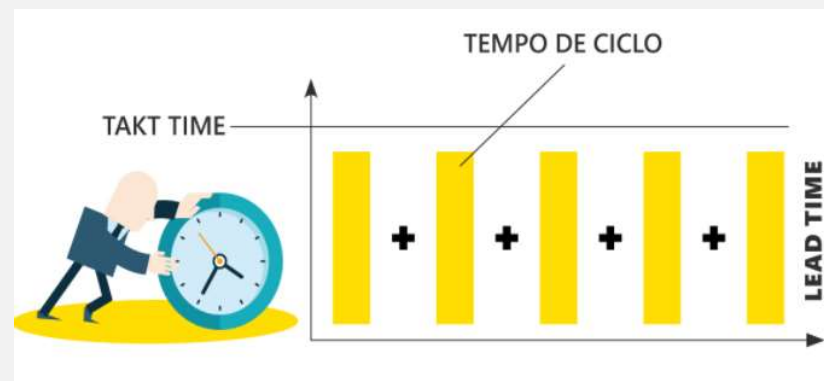


Tempo de Ciclo = Tempo de cada etapa de produção

Lead Time = Tempo total da produção

Bottleneck

Takt Time = é também um Tempo de Ciclo: ritmo da produção
($Tt = \text{tempo disponível} / \text{procura nesse tempo [tempo/unidade]}$)



PROGRAMAÇÃO DAS OPERAÇÕES

- A programação das operações tem como **principais objectivos**:
 - Cumprir prazos de entrega;
 - Reduzir os tempos de fluxo (melhorando a eficiência da utilização das máquinas);
 - Reduzir as existências em curso (recorrentes de trabalhos em curso).
- Para isso, deve-se definir prioridades para as ordens de fabrico que se encontram em **fila de espera**, sendo a maior parte dos métodos utilizados, dirigidos aos sistemas homem-máquina.
- Dos ambientes de operação estudados, verifica-se que a programação de processos intermitentes é mais exigente que a programação de processos contínuos, pois existem **muitas paragens e arranques**, os trabalhos em curso e as filas de espera avolumam-se e a programação torna-se complexa e difícil.

PROGRAMAÇÃO DAS OPERAÇÕES CONSIDERANDO GARGALOS NA PRODUÇÃO

- O problema mais simples de programação ou sequenciamento, consiste em sequenciar n tarefas¹ numa máquina só.
- A complexidade cresce quando se pretende sequenciar n tarefas, cada uma das quais composta por p operações em m máquinas.
- Mais complexo se torna ainda o problema, se a abordagem em vez de estática², for dinâmica³ e se em vez de determinística⁴ for estocástica⁵.

Nota¹: tarefa, consiste num conjunto ordenado de operações segundo um dado processo de fabrico.

Nota²: as tarefas estão todas disponíveis para processamento no momento zero.

Nota³: o nº de tarefas disponíveis para processamento varia com o tempo.

Nota⁴: os tempos de processamento são fixos e predeterminados.

Nota⁵: os tempos de processamento são variáveis e obedecem a distribuições de frequências.

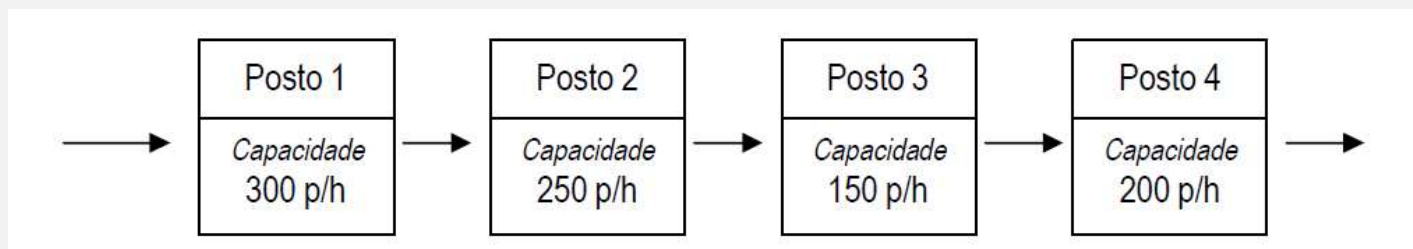
PROGRAMAÇÃO DAS OPERAÇÕES CONSIDERANDO GARGALOS NA PRODUÇÃO

TOC - Teoria das Restrições

- Esta filosofia baseia-se no pressuposto de que qualquer sistema produtivo é limitado por um ou mais fatores (estrangulamentos).
- Segundo esta filosofia, o lucro máximo de uma empresa será obtido quando esses estrangulamentos são usados na sua máxima eficiência.
- Associada a esta filosofia está também uma técnica de programação da produção conhecida por “**Drum-Buffer-Rope**”.

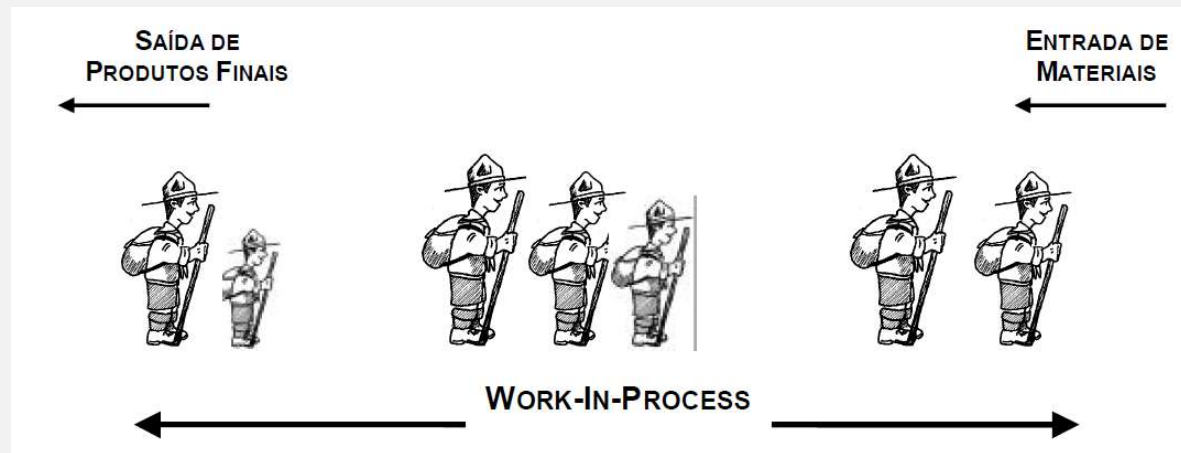
CONCEITO DE ESTRANGULAMENTO

- Considere este sistema produtivo simplista:



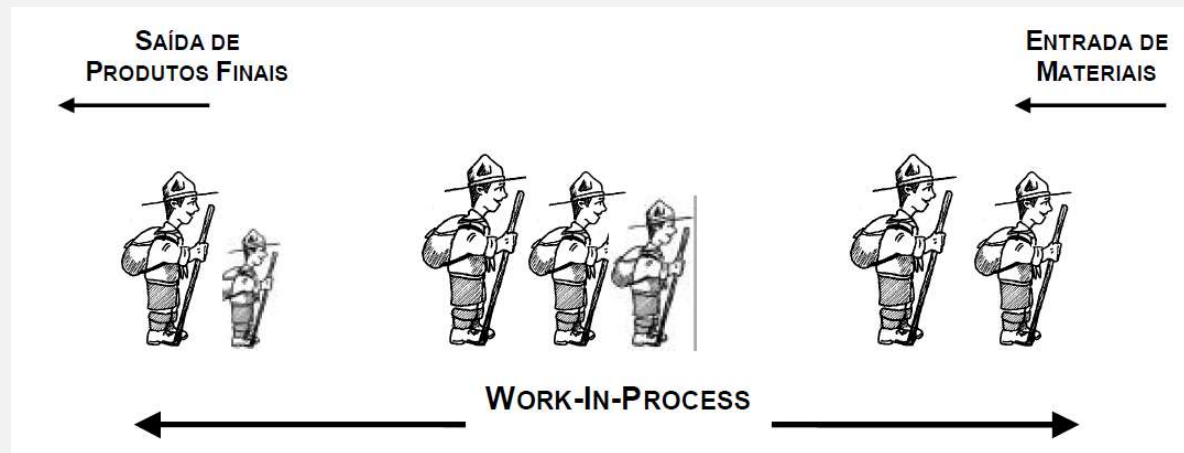
- Para este sistema produtivo podemos, em teoria, tecer as seguintes considerações:
 - Se a procura for de 100 p/h (peças por hora), o sistema produtivo permite responder à procura.
 - Se a procura for superior a 150 p/h então a linha tem um estrangulamento no posto 3
 - Se a procura for superior a 200 p/h então a linha tem dois estrangulamentos: posto 3 e posto 4

O CONCEITO DE DRUM-BUFFER-ROPE



- Se deixarmos que cada escuteiro caminhe com o seu passo natural e se permitirmos que se ultrapassem, sempre que quiserem, teremos uma tendência para ter o mais rápido à frente, o segundo mais rápido imediatamente a seguir e por aí adiante até ao mais lento.
- A distância entre eles irá aumentar naturalmente e toda a fila se irá dispersando ao longo do caminho da montanha.

O CONCEITO DE DRUM-BUFFER-ROPE



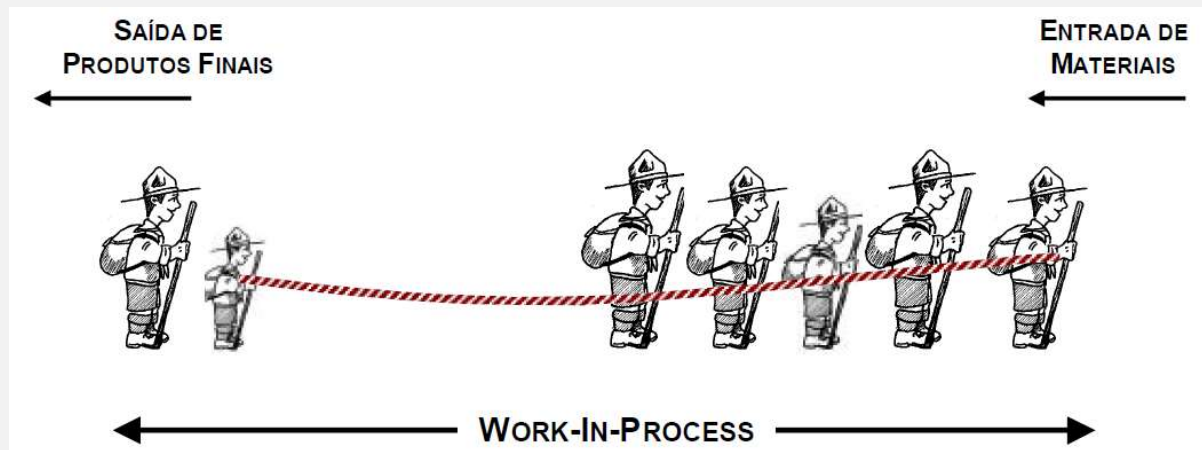
- A velocidade com que cada um caminha é equivalente à **taxa de produção** de um processador (máquina).
- A distância entre eles é equivalente ao **inventário** entre duas máquinas consecutivas.
- O **WIP** equivale à distância entre o primeiro e o último.

O CONCEITO DE DRUM-BUFFER-ROPE

- Quanto mais distantes estiverem os escuteiros uns dos outros maior será o WIP.
- Se pudermos reduzir essa distância sem diminuir a velocidade do mais lento estamos a **reduzir o WIP mantendo a taxa de produção**.
- É exatamente isto que queremos fazer nos nossos sistemas produtivos.
- Como podemos diminuir essa distância?
 - Limitando a velocidade de toda a equipa à velocidade do escuteiro mais lento.
- Como?

O CONCEITO DE DRUM-BUFFER-ROPE

- Uma forma de o fazer é ligar o escuteiro mais rápido ao mais lento com uma corda.



- O comprimento das cordas dita a distância máxima que podem ter uns dos outros.
- Nos sistemas produtivos a analogia da corda é conseguida com o **sistema Kanban**.
- O kanban dita o inventário máximo entre dois postos de trabalho.

O CONCEITO DE DRUM-BUFFER-ROPE

- O termo **Drum** diz respeito ao passo ditado pelo processador mais lento
- O termo **Buffer** diz respeito ao inventário que será criado a montante do processador mais lento
- O termo **Rope** diz respeito à limitação forçada pelo processador mais lento, a que fica sujeito o primeiro processador (processador mais a montante onde é levada a cabo a primeira operação).

SEQUENCIAMENTO DE TAREFAS EM 1 MÁQUINA

MODELOS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA PARA **PROBLEMAS REGULARES**

- Objetivo é minimizar o instante de término, tempo médio de fluxo, demora máxima, etc.
- Pressupostos:
 - n tarefas – 1 máquina
 - Todas as tarefas estão disponíveis para processamento no instante 0.
 - Não é permitida qualquer interrupção.

MODELOS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA PARA **PROBLEMAS REGULARES**

- Variáveis:
 - p_i – tempo de processamento da tarefa i
 - d_i – data de entrega da tarefa i
 - l_0 – tarefa fictícia que precede imediatamente a primeira tarefa e sucede imediatamente a última.
- Variáveis de decisão:
 - C_i = instante de término da tarefa i
 - T_i = atraso da tarefa i : $T_i = \max\{C_i - d_i, 0\}$
 - E_i = adiantamento da tarefa i : $E_i = \max\{d_i - C_i, 0\}$
 - L_i = grau de atraso (*Lateness*) da tarefa i , adiantado é negativo e atrasado positivo: $L_i = C_i - d_i$
 - $x_{ij} = 1$ se a tarefa i precede imediatamente a tarefa j e $x_{ij} = 0$ senão

MODELOS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA PARA PROBLEMAS REGULARES

- Minimizar tempo de fluxo total (regra SPT)

$$\min f(x) = \min \sum_{i=1}^n (C_i)$$

s.a:

$$\sum_{i \in N \cup \{0\}, i \neq j} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \cup \{0\} \quad (S1)$$

$$\sum_{j \in N \cup \{0\}, j \neq i} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \cup \{0\} \quad (S2)$$

$$C_j \geq C_i - M + (p_j + M)x_{ij} \quad \forall i \in N \cup \{0\}, \forall j \in N \quad (S3)$$

$$C_i \geq 0 \quad \forall i \in N, C_0 = 0 \quad (S4)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N \cup \{0\}, \forall j \in N \cup \{0\} \quad (S5)$$

(S1) e (S2) garantem que cada tarefa só tem uma imediatamente sucessora e predecessora

(S3) determina os instantes de término de cada tarefa

(S4) e (S5) definição das variáveis