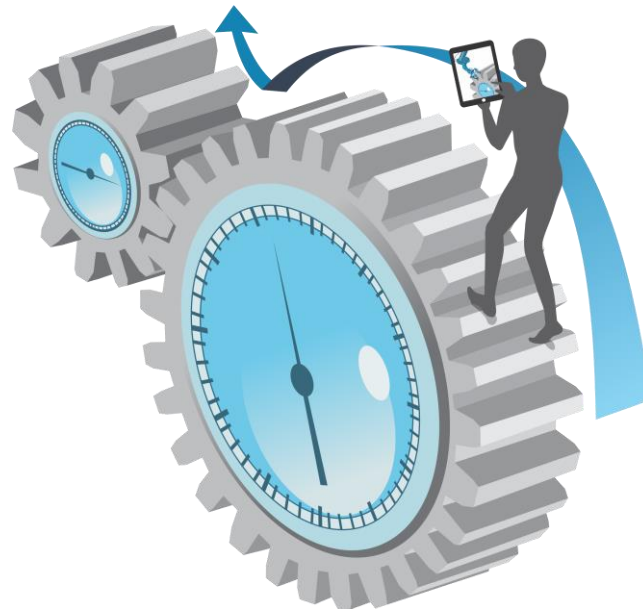


# ESTUDOS DE TEMPOS E MOVIMENTOS

UMA ABORDAGEM LEAN PARA AUMENTAR A  
A EFICIÊNCIA DE PROCESSOS FÍSICOS E DIGITAIS



# UNIDADE 2

---

## PROJETO E MELHORIA CONTÍNUA DE MÉTODOS

- Princípios da eliminação de desperdícios
- Análise do fluxo (Gráfico de fluxo, mapofluxograma do processo e mapa de fluxo de valor)
- Análise das operações em função do tempo (Gráficos de atividade e gráficos homem-máquina)
- Balanceamento de linha



# U2: PROJETO DE MÉTODOS

## FUNDAMENTOS DOS ESTUDOS DE TEMPOS E MOVIMENTOS

Encontrar o método adequado

**PROJETO DE MÉTODOS**

Determinar o tempo-padrão

MEDIDA DO TRABALHO

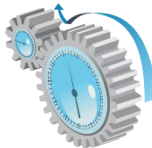
Criar padrões e treinar o operador

PADRONIZAÇÃO E TREINAMENTO

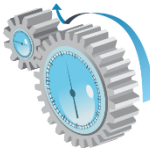
- **Capítulo 5:** Princípios da eliminação de desperdícios
- **Capítulo 6:** Análise do fluxo (gráfico de fluxo, mapofluxograma do processo e mapa de fluxo de valor)
- **Capítulo 7:** Análise das operações em função do tempo (gráficos de atividade e gráficos homem-máquina)
- **Capítulo 8:** Balanceamento de linha

# U2C4: Balanceamento de linha

- Antes do desenvolvimento da linha de montagem, Ford construía seus carros em galpões específicos para cada modelo (T, S, entre outros) na planta Piquette, em Detroit;
- Assim, os carros ficavam estacionários enquanto seus funcionários trabalhavam na fabricação;
- Antigamente não seria de se estranhar, pois, que uma pessoa pudesse montar um carro sozinha.



# U2C4: Balanceamento de linha

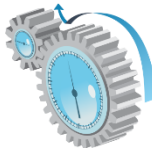


# U2C4: Balanceamento de linha

- Sob essa perspectiva, considerando hipoteticamente que um operador experiente, por exemplo, trabalhasse 8 horas por dia, 22 dias no mês e gastasse 44 horas na montagem de um automóvel, quantos operadores seriam necessários para suprir uma demanda de 80 carros por mês?

$$\frac{\text{Número de carros montados por operador} \times \text{Tempo disponível por mês}}{\text{Tempo necessário para montar um automóvel}} =$$

$$\frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \times 22 \frac{\text{dias}}{\text{mês}}}{44 \frac{\text{horas}}{\text{automóvel}}} = 4 \text{ automóveis por mês}$$



# U2C4: Balanceamento de linha

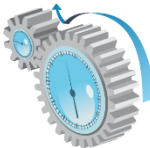
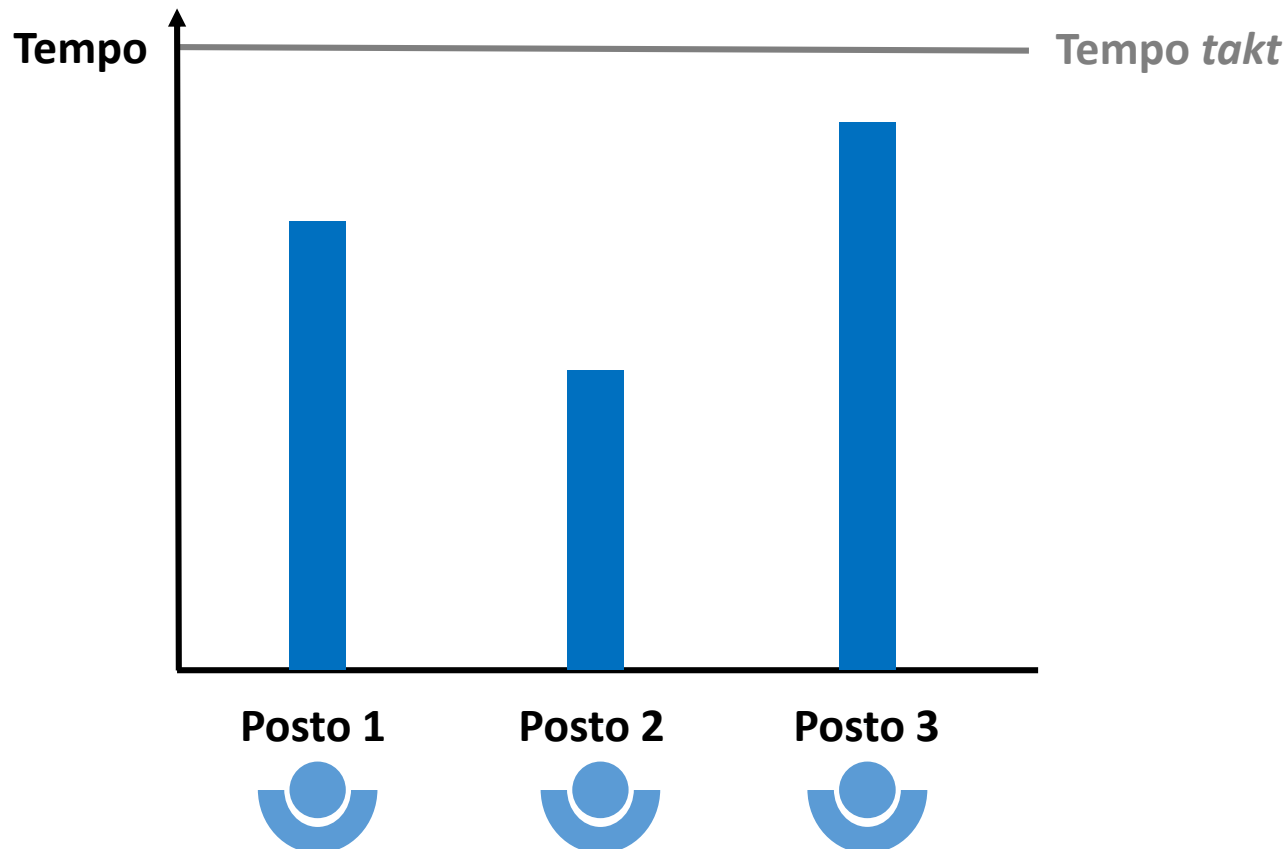
- Logo, para suprir a demanda de 80 carros por mês, seriam necessários vinte operadores:

$$\frac{80 \text{ carros/mês}}{4 \text{ carros/operador.mês}} = 20 \text{ operadores}$$

- No mundo atual, em que a maioria das empresas automotivas possui alta demanda de carros, essa estratégia não se mostra tão interessante: requer alto investimento em equipamentos, alta necessidade de espaço físico, elevado tempo de treinamento para que um operador aprenda a montar um carro sozinho, e até a dificuldade de se encontrarem pessoas com perfil tão específico;
- Solução: especialização do trabalho e balanceamento de linha.

# U2C4: Balanceamento de linha

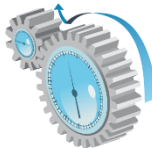
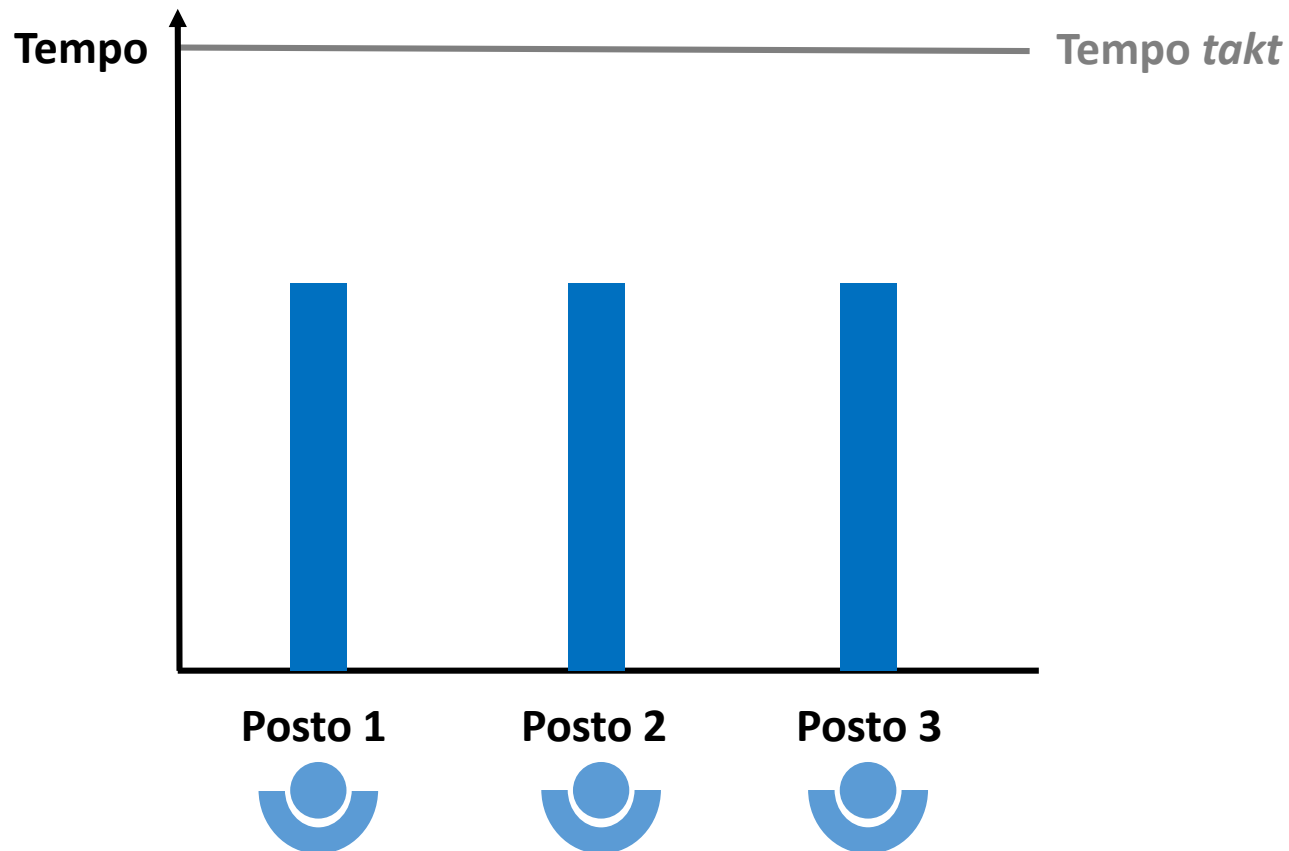
- Linha desbalanceada:





# U2C4: Balanceamento de linha

- Linha balanceada:



# U2C4: Balanceamento de linha

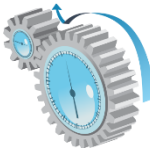
- Passo a passo;
- Exemplo (Adaptado de Enade 2017 – Engenharia de Produção);
- Ferramentas auxiliares no balanceamento de linha.



# U2C4: Balanceamento de linha

---

- Passo a passo;
- Exemplo (Adaptado de Enade 2017 – Engenharia de Produção);
- Ferramentas auxiliares no balanceamento de linha.



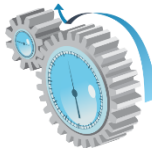
# Passo a passo: Adap. Enade 2017

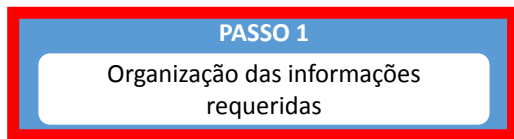
- Uma empresa produz circuitos eletrônicos integrados em um turno de trabalho de oito horas por dia. Essa empresa precisa produzir 1 200 peças em um mês com 25 dias úteis. Cada unidade produzida (circuito eletrônico) passa, em sua linha de montagem, por oito tarefas, as quais estão evidenciadas na tabela a seguir.



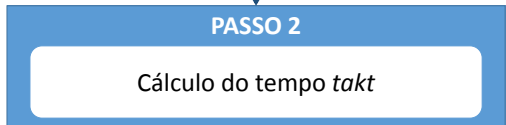
# Passo a passo: Adap. Enade 2017

TAREFA	DESCRIÇÃO DA TAREFA	DURAÇÃO	PRECEDÊNCIA
A	Receber os produtos e soltar os cabos	6	-
B	Posicionar os cabos e os ligantes de forma contígua	4	A
C	Inserir os ligantes nos terminais de diferenciação	3	B
D	Aplicar revestimento no ligante componente	5	C
E	Montar a base e posicionar os componentes	4	D
F	Fixar os aterradores de proteção	5	D
G	Lixar a base e aplicar adesivos	2	E, F
H	Fixar componentes na base e retirar rebarbas	1	G





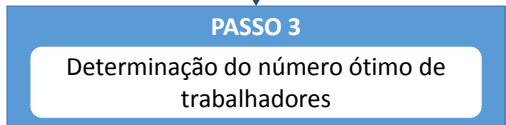
- Diagrama de precedência com os tempos dos elementos de trabalho (tarefas)
- Volume a ser produzido (demanda)
- Tempo total disponível para produção
- Somatório do tempo das tarefas



$$\text{Tempo takt} = \frac{1}{\text{Velocidade da linha}}, \text{ sendo que } \text{Velocidade da linha} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiência}}$$

OU

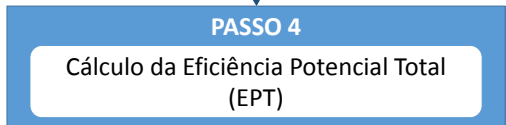
$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda}}$$



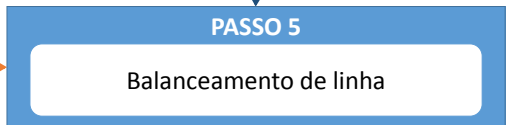
Maior número entre os dois cálculos abaixo:

- Cálculo 1: Número de operadores =  $\frac{\sum \text{Tempo das tarefas}}{\text{Tempo takt}}$

- Cálculo 2: Contagem do número de tarefas cujo tempo é superior à metade do tempo takt

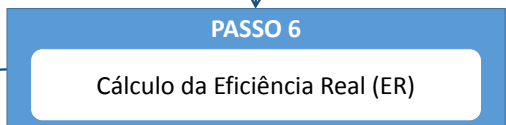


$$\text{Eficiência Potencial Total (EPT)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número ótimo de operadores})}$$

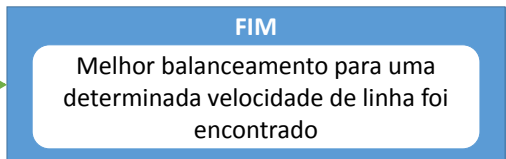


Alocação de tarefas aos postos de trabalho, sendo que:

- O número de agrupamentos deve ser igual ao número de operadores calculado no passo 3
- A soma dos tempos das tarefas agrupadas não pode ser superior ao tempo takt calculado no passo 2



$$\text{Eficiência Real (ER)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número real de operadores})}$$



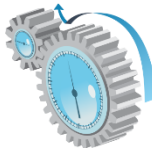
NÃO

SIM

# Passo a passo: Adap. Enade 2017

## 1. Organização das informações:

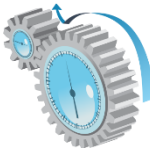
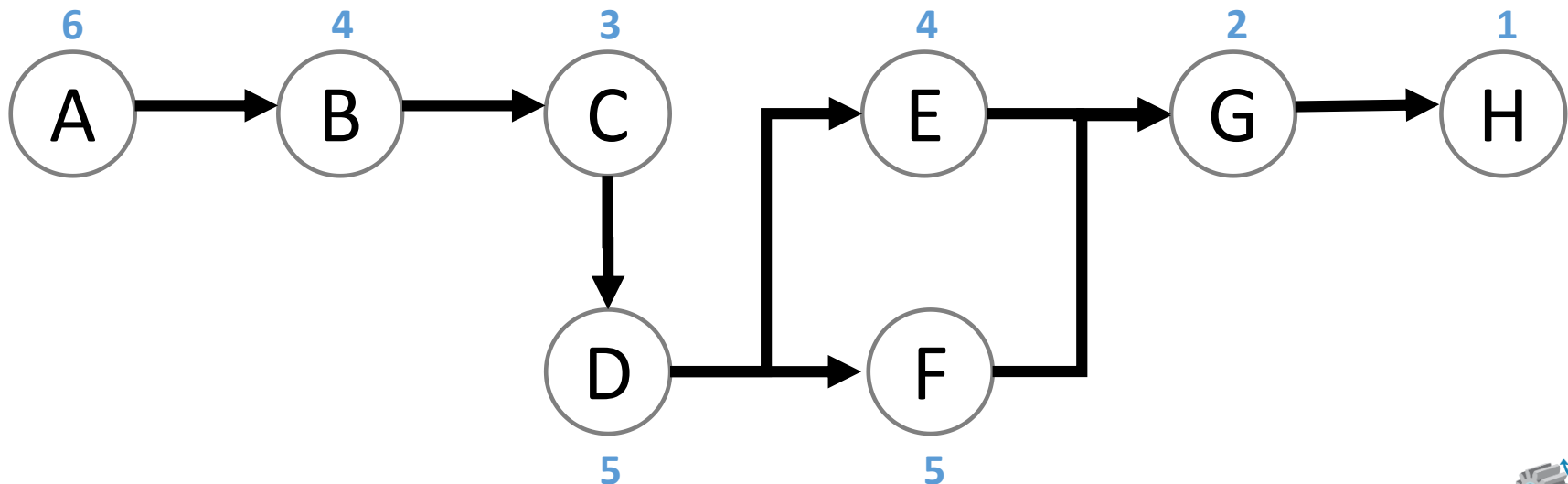
- Demanda mensal = 1200 peças por mês;
- Número de dias úteis = 25 dias úteis por mês;
- Número de turnos de trabalho = 1 turno por dia;
- Número de horas por turno = 8 horas por turno;
- $\Sigma(\text{Tempo das tarefas})=6+4+3+5+4+5+2+1=30$  minutos.



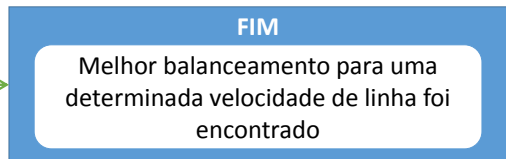
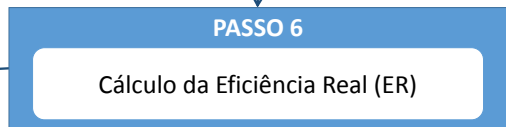
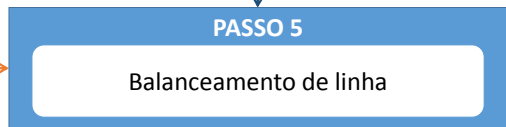
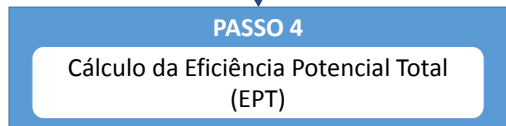
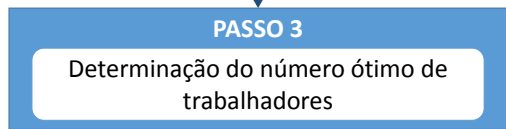
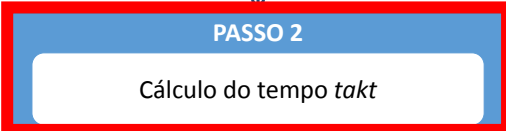
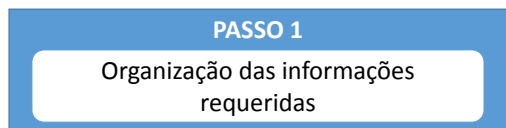
# Passo a passo: Adap. Enade 2017

## 1. Organização das informações:

- Construção do diagrama de precedência;







- Diagrama de precedência com os tempos dos elementos de trabalho (tarefas)
- Volume a ser produzido (demanda)
- Tempo total disponível para produção
- Somatório do tempo das tarefas

$$\text{Tempo takt} = \frac{1}{\text{Velocidade da linha}}, \text{ sendo que } \text{Velocidade da linha} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiência}}$$

OU

$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda}}$$

Maior número entre os dois cálculos abaixo:

- Cálculo 1: Número de operadores =  $\frac{\sum \text{Tempo das tarefas}}{\text{Tempo takt}}$

- Cálculo 2: Contagem do número de tarefas cujo tempo é superior à metade do tempo takt

$$\text{Eficiência Potencial Total (EPT)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número ótimo de operadores})}$$

Alocação de tarefas aos postos de trabalho, sendo que:

- O número de agrupamentos deve ser igual ao número de operadores calculado no passo 3
- A soma dos tempos das tarefas agrupadas não pode ser superior ao tempo takt calculado no passo 2

$$\text{Eficiência Real (ER)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número real de operadores})}$$

NÃO

SIM

# Passo a passo: Adap. Enade 2017

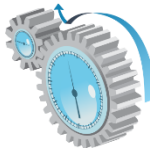
## 2. Cálculo do tempo *takt*:

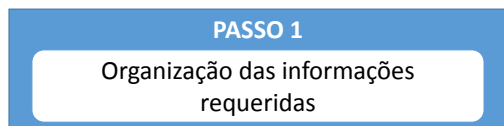
$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível (em um mês)}}{\text{Demanda mensal}} =$$

$$\frac{\text{Dias úteis/mês} \times \text{Turnos/dia} \times \text{Horas/turno}}{\text{Demanda mensal}} =$$

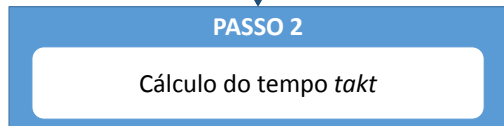
$$\frac{25 \text{ dias/mês} \times 1 \text{ turno/dia} \times 8 \text{ horas/turno} \times 60 \text{ minutos/hora}}{1\ 200 \text{ peças/mês}}$$

$$\text{Tempo takt} = 10 \text{ minutos/peça}$$





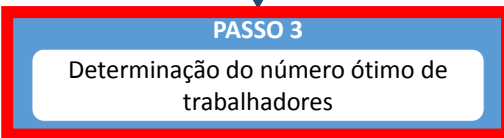
- Diagrama de precedência com os tempos dos elementos de trabalho (tarefas)
- Volume a ser produzido (demanda)
- Tempo total disponível para produção
- Somatório do tempo das tarefas



$$\text{Tempo takt} = \frac{1}{\text{Velocidade da linha}}, \text{ sendo que } \text{Velocidade da linha} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiência}}$$

OU

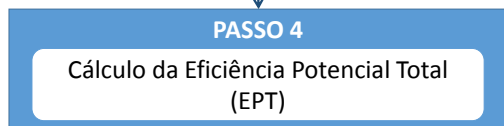
$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda}}$$



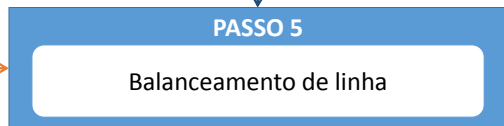
Maior número entre os dois cálculos abaixo:

- Cálculo 1: Número de operadores =  $\frac{\sum \text{Tempo das tarefas}}{\text{Tempo takt}}$

- Cálculo 2: Contagem do número de tarefas cujo tempo é superior à metade do tempo takt

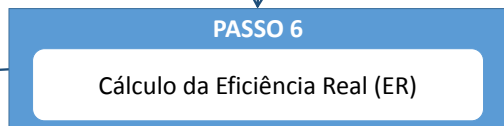


$$\text{Eficiência Potencial Total (EPT)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número ótimo de operadores})}$$

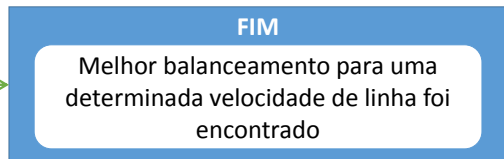


Alocação de tarefas aos postos de trabalho, sendo que:

- O número de agrupamentos deve ser igual ao número de operadores calculado no passo 3
- A soma dos tempos das tarefas agrupadas não pode ser superior ao tempo takt calculado no passo 2



$$\text{Eficiência Real (ER)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número real de operadores})}$$



NÃO

SIM

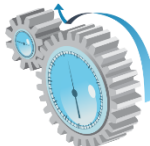
# Passo a passo: Adap. Enade 2017

## 3. Determinação do número ótimo de operadores:

– Cálculo 1: 3 pessoas;

$$\text{Número de operadores} = \frac{\sum \text{Tempo das tarefas}}{\text{Tempo takt}} =$$

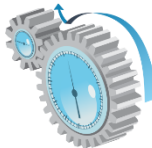
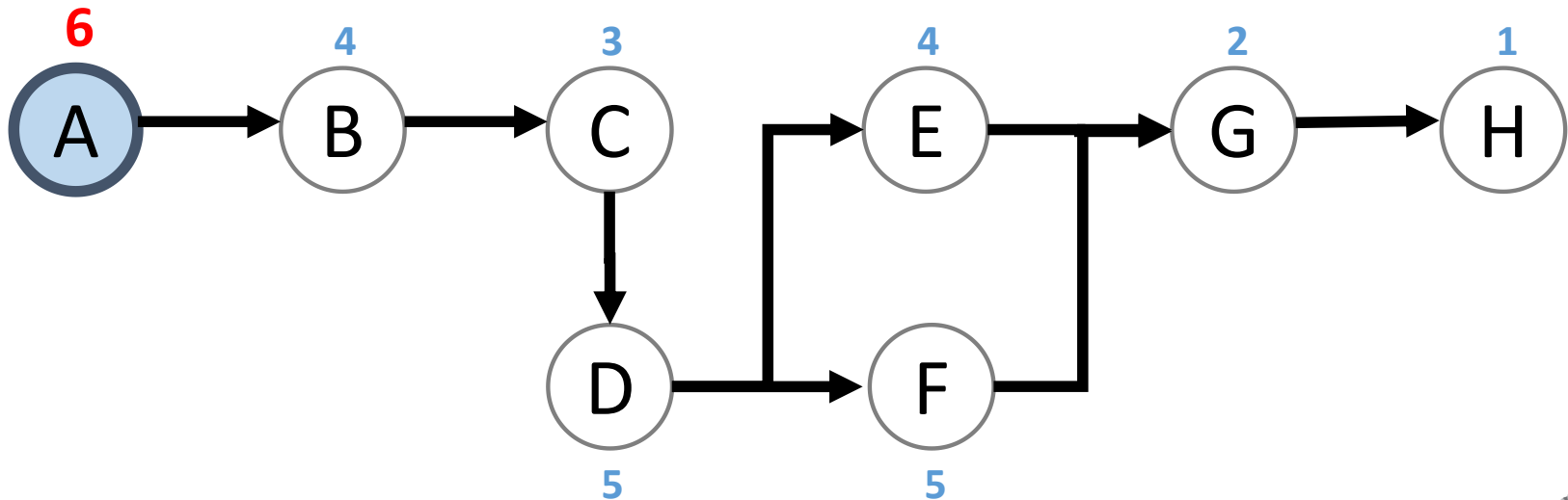
$$\frac{30}{10} = 3 \text{ pessoas}$$



# Passo a passo: Adap. Enade 2017

## 3. Determinação do número ótimo de operadores:

– Cálculo 2: 1 pessoa.  $\frac{1}{2} \text{ Tempo takt} = 5 \text{ minutos}$

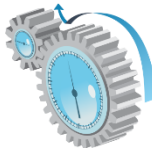


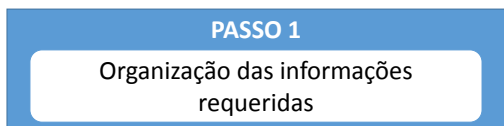
# Passo a passo: Adap. Enade 2017

3. Determinação do número ótimo de operadores: devemos escolher o maior valor encontrado nos cálculos 1 e 2.

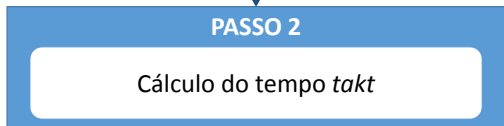
– Cálculo 1: 3 pessoas;

– Cálculo 2: 1 pessoa.





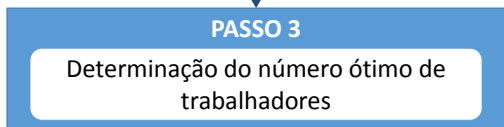
- Diagrama de precedência com os tempos dos elementos de trabalho (tarefas)
- Volume a ser produzido (demanda)
- Tempo total disponível para produção
- Somatório do tempo das tarefas



$$\text{Tempo takt} = \frac{1}{\text{Velocidade da linha}}, \text{ sendo que } \text{Velocidade da linha} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiência}}$$

OU

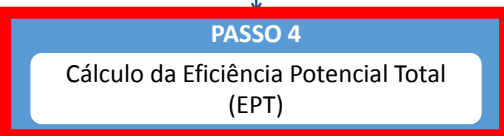
$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda}}$$



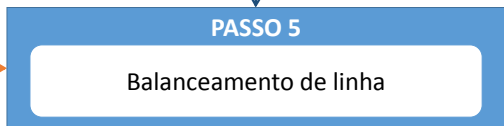
Maior número entre os dois cálculos abaixo:

- Cálculo 1: Número de operadores =  $\frac{\sum \text{Tempo das tarefas}}{\text{Tempo takt}}$

- Cálculo 2: Contagem do número de tarefas cujo tempo é superior à metade do tempo takt

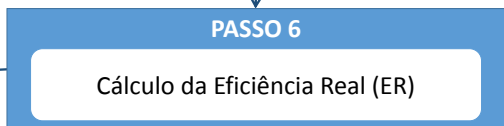


$$\text{Eficiência Potencial Total (EPT)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número ótimo de operadores})}$$

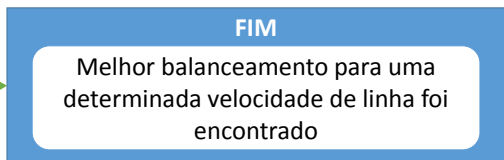


Alocação de tarefas aos postos de trabalho, sendo que:

- O número de agrupamentos deve ser igual ao número de operadores calculado no passo 3
- A soma dos tempos das tarefas agrupadas não pode ser superior ao tempo takt calculado no passo 2



$$\text{Eficiência Real (ER)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número real de operadores})}$$



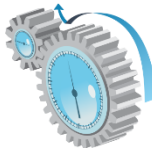
NÃO

SIM

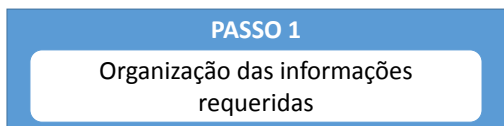
# Passo a passo: Adap. Enade 2017

## 4. Cálculo da Eficiência Potencial Total (EPT):

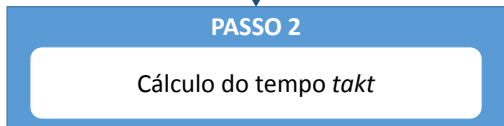
$$\begin{aligned} \text{Eficiência Potencial Total} &= \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número ótimo de operadores})} \\ &= \frac{30}{10 \times 3} = 1, \text{ ou seja, } 100\% \end{aligned}$$







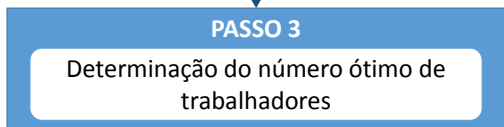
- Diagrama de precedência com os tempos dos elementos de trabalho (tarefas)
- Volume a ser produzido (demanda)
- Tempo total disponível para produção
- Somatório do tempo das tarefas



$$\text{Tempo takt} = \frac{1}{\text{Velocidade da linha}}, \text{ sendo que } \text{Velocidade da linha} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiência}}$$

OU

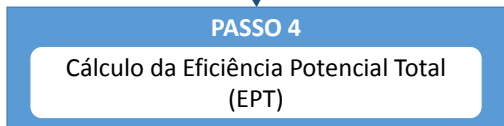
$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda}}$$



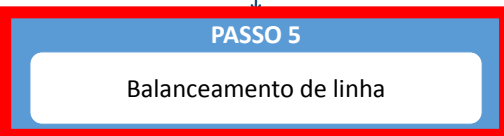
Maior número entre os dois cálculos abaixo:

- Cálculo 1: Número de operadores =  $\frac{\sum \text{Tempo das tarefas}}{\text{Tempo takt}}$

- Cálculo 2: Contagem do número de tarefas cujo tempo é superior à metade do tempo takt

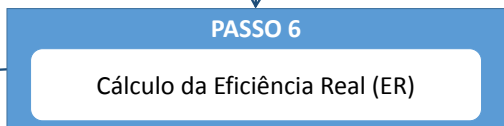


$$\text{Eficiência Potencial Total (EPT)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número ótimo de operadores})}$$

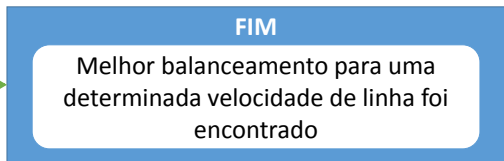


Alocação de tarefas aos postos de trabalho, sendo que:

- O número de agrupamentos deve ser igual ao número de operadores calculado no passo 3
- A soma dos tempos das tarefas agrupadas não pode ser superior ao tempo takt calculado no passo 2



$$\text{Eficiência Real (ER)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número real de operadores})}$$



NÃO

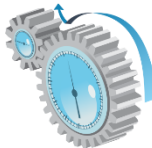
ER = EPT ?

SIM

# Passo a passo: Adap. Enade 2017

## 5. Balanceamento de linha:

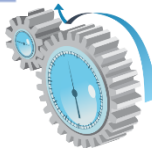
- O número de agrupamentos deve ser igual ao número de operadores calculado no passo 3 para que se alcance a EPT calculada;
- A soma dos tempos das tarefas agrupadas por posto de trabalho não pode ser superior ao tempo *takt* calculado no passo 2. Senão, a demanda do cliente não será atendida.



# Passo a passo: Adap. Enade 2017

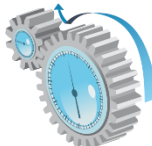
## 5. Balanceamento de linha:

<b>COMPLEXIDADE DO PROBLEMA</b>	<b>Alta</b>	Heurísticas e Meta-heurísticas	Simulação
	<b>Baixa</b>	Otimização (Pesquisa Operacional)	Processos Estocásticos
		<b>Baixa</b>	<b>Alta</b>
<b>NÍVEL DE ALEATORIEDADE</b>			



# Passo a passo: Adap. Enade 2017

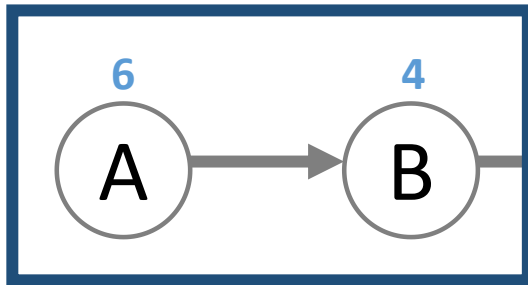
- Métodos heurísticos para balanceamento de linha:
  - Tarefa de mais longa duração (*longest operation time* ou *longest work element*);
  - Tarefa de mais curta duração (*shortest operation time* ou *shortest work element*);
  - Tarefa com maior número de tarefas subsequentes (*most following tasks* ou *most followers*);
  - Tarefa com menor número de tarefas subsequentes (*fewest following tasks* ou *fewest followers*);
  - Método do peso posicional (*ranked positional weight*).



# Passo a passo: Adap. Enade 2017

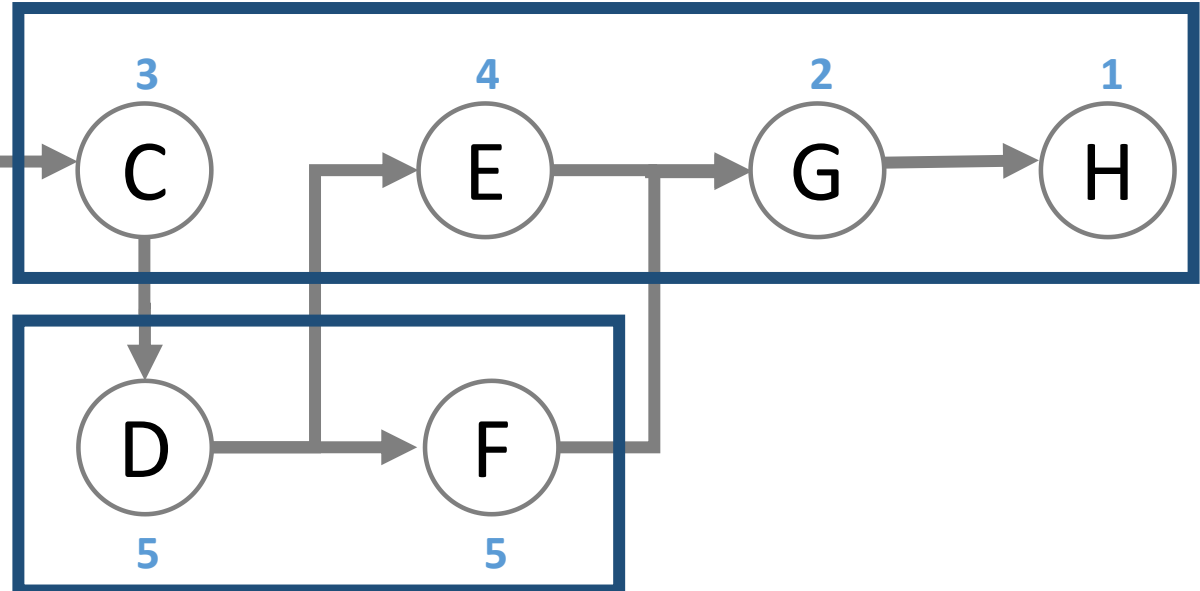
## Operador 1

Tarefas A e B = 10 minutos



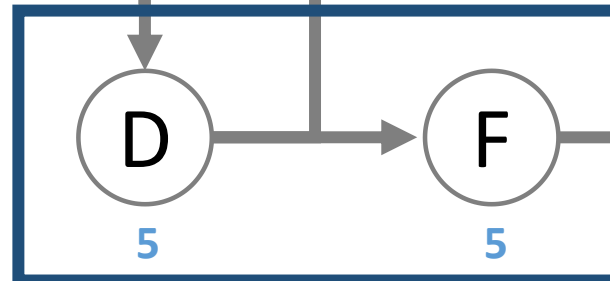
## Operador 2

Tarefas C, E, G e H = 10 minutos



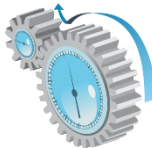
## Operador 3

Tarefas D e F = 10 minutos



# Passo a passo: Adap. Enade 2017

- Balanceamento de linha de forma ativa:
  - Realocação de tarefas;
  - Melhoria do método de trabalho;
  - Uso de estoques padronizados entre postos de trabalho;
  - Ajuste de velocidade de linha;
  - Compartilhamento de tarefas;
  - Alocação de múltiplos postos.

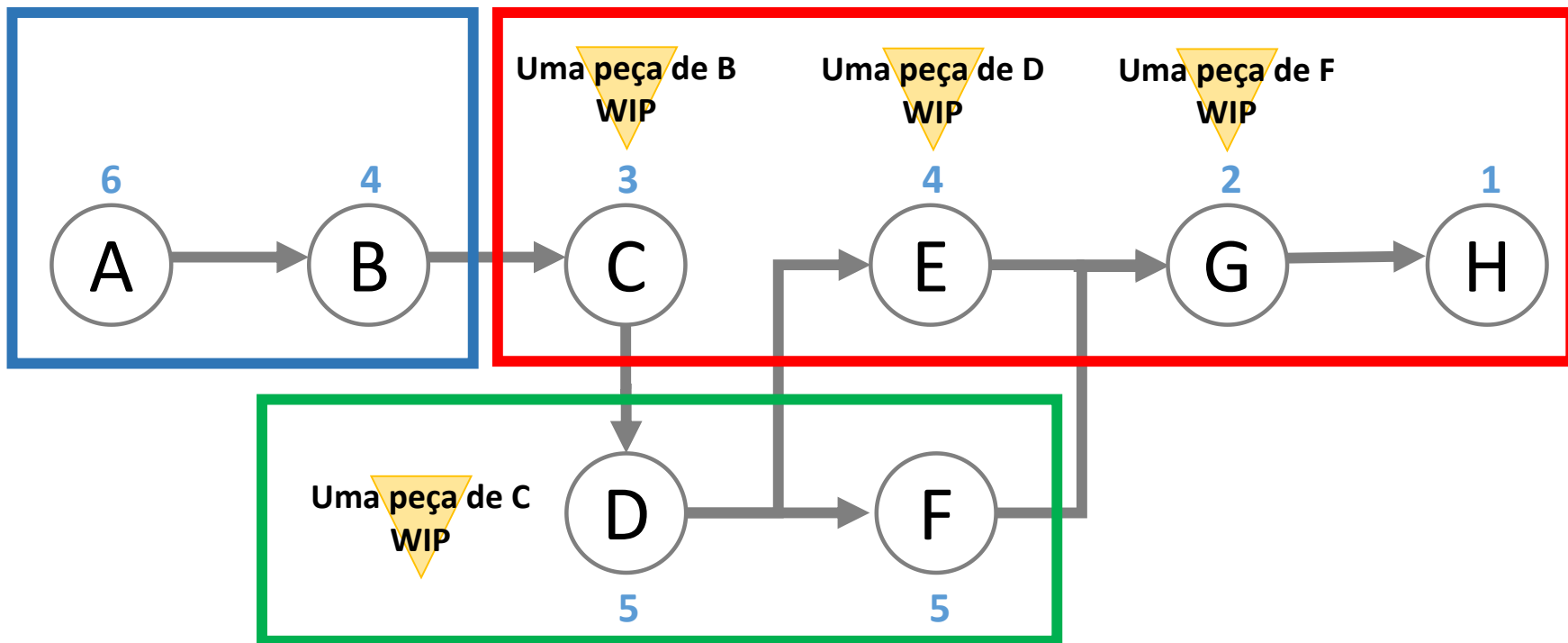


## Operador 1

Tarefas A e B = 10 minutos

## Operador 2

Tarefas C, E, G e H = 10 minutos

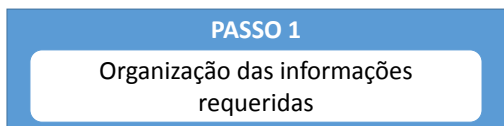


## Operador 3

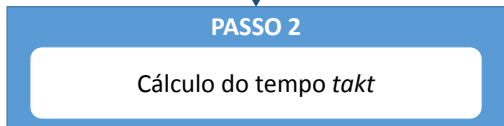
Tarefas D e F = 10 minutos

Tempo (em min)	Tarefa em execução			Descrição
	Op1	Op2	Op3	
0	A	C	D	Operador 1 (Op1) inicia a tarefa A Operador 2 (Op2) inicia a tarefa C Operador 3 (Op3) inicia a tarefa D
3	A	E	D	Op2 finaliza a tarefa C e inicia a tarefa E
5	A	E	F	Op3 finaliza a tarefa D e inicia a tarefa F
6	B	E	F	Op1 finaliza a tarefa A e inicia a tarefa B
7	B	G	F	Op2 finaliza a tarefa E e inicia a tarefa G
9	B	H	F	Op2 finaliza a tarefa G e inicia a tarefa H
10	Fim	Fim	Fim	Op1 finaliza a tarefa B Op2 finaliza a tarefa H Op3 finaliza a tarefa F





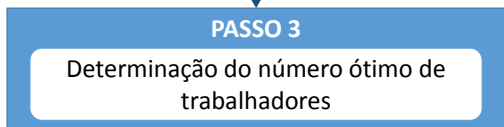
- Diagrama de precedência com os tempos dos elementos de trabalho (tarefas)
- Volume a ser produzido (demanda)
- Tempo total disponível para produção
- Somatório do tempo das tarefas



$$\text{Tempo takt} = \frac{1}{\text{Velocidade da linha}}, \text{ sendo que } \text{Velocidade da linha} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiência}}$$

OU

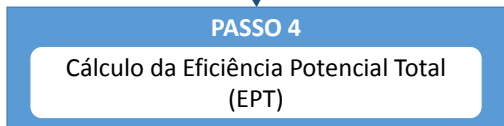
$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda}}$$



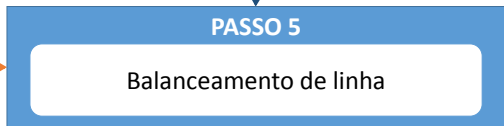
Maior número entre os dois cálculos abaixo:

$$\text{Cálculo 1: Número de operadores} = \frac{\sum \text{Tempo das tarefas}}{\text{Tempo takt}}$$

- Cálculo 2: Contagem do número de tarefas cujo tempo é superior à metade do tempo takt

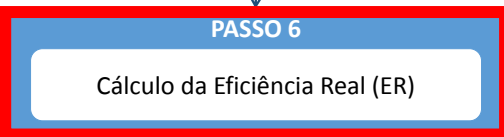


$$\text{Eficiência Potencial Total (EPT)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número ótimo de operadores})}$$

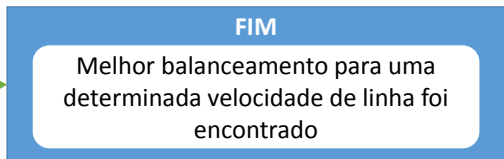


Alocação de tarefas aos postos de trabalho, sendo que:

- O número de agrupamentos deve ser igual ao número de operadores calculado no passo 3
- A soma dos tempos das tarefas agrupadas não pode ser superior ao tempo takt calculado no passo 2



$$\text{Eficiência Real (ER)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número real de operadores})}$$



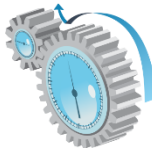
NÃO

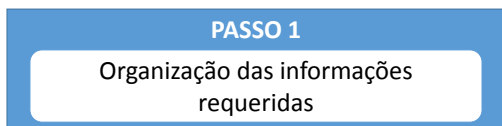
SIM

# Passo a passo: Adap. Enade 2017

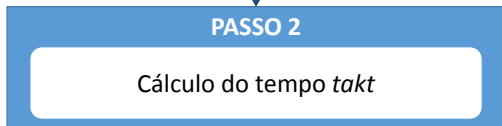
## 6. Cálculo da Eficiência Real (ER):

$$\begin{aligned} \text{Eficiência Real (ER)} &= \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número real de operadores})} \\ &= \frac{30}{10 \times 3} = 1, \text{ ou seja, } 100\% = \text{Eficiência Potencial Total} \end{aligned}$$





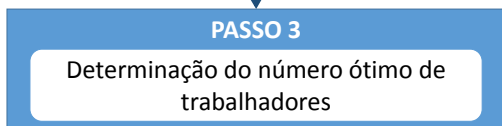
- Diagrama de precedência com os tempos dos elementos de trabalho (tarefas)
- Volume a ser produzido (demanda)
- Tempo total disponível para produção
- Somatório do tempo das tarefas



$$\text{Tempo takt} = \frac{1}{\text{Velocidade da linha}}, \text{ sendo que } \text{Velocidade da linha} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiência}}$$

OU

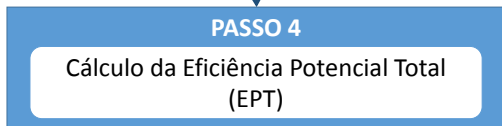
$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda}}$$



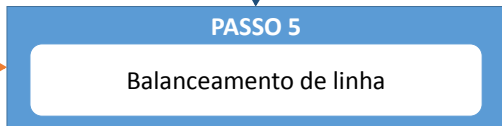
Maior número entre os dois cálculos abaixo:

- Cálculo 1: Número de operadores =  $\frac{\sum \text{Tempo das tarefas}}{\text{Tempo takt}}$

- Cálculo 2: Contagem do número de tarefas cujo tempo é superior à metade do tempo takt

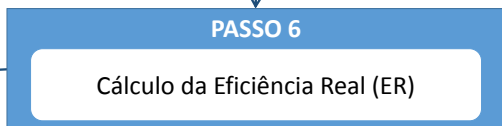


$$\text{Eficiência Potencial Total (EPT)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número ótimo de operadores})}$$

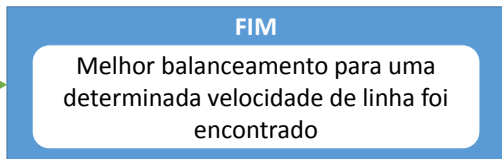


Alocação de tarefas aos postos de trabalho, sendo que:

- O número de agrupamentos deve ser igual ao número de operadores calculado no passo 3
- A soma dos tempos das tarefas agrupadas não pode ser superior ao tempo takt calculado no passo 2

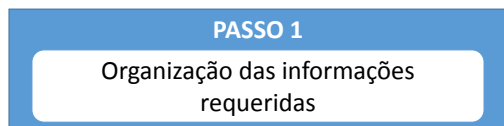


$$\text{Eficiência Real (ER)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número real de operadores})}$$

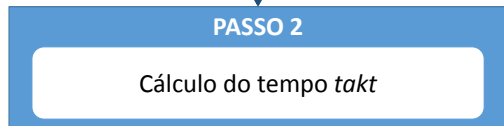


NÃO

SIM



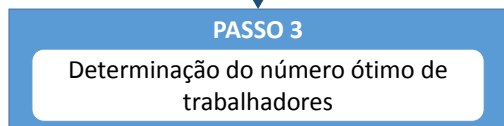
- Diagrama de precedência com os tempos dos elementos de trabalho (tarefas)
- Volume a ser produzido (demanda)
- Tempo total disponível para produção
- Somatório do tempo das tarefas



$$\text{Tempo takt} = \frac{1}{\text{Velocidade da linha}}, \text{ sendo que } \text{Velocidade da linha} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Eficiência}}$$

OU

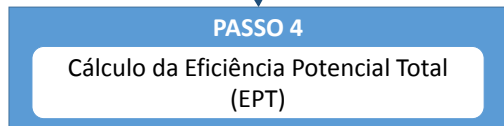
$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda}}$$



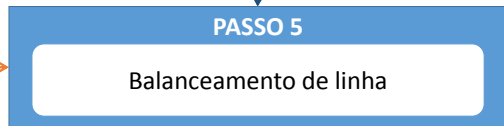
Maior número entre os dois cálculos abaixo:

- Cálculo 1: Número de operadores =  $\frac{\sum \text{Tempo das tarefas}}{\text{Tempo takt}}$

- Cálculo 2: Contagem do número de tarefas cujo tempo é superior à metade do tempo takt

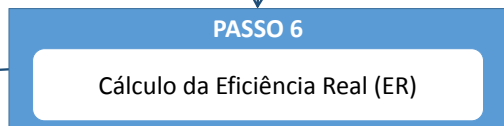


$$\text{Eficiência Potencial Total (EPT)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número ótimo de operadores})}$$



Alocação de tarefas aos postos de trabalho, sendo que:

- O número de agrupamentos deve ser igual ao número de operadores calculado no passo 3
- A soma dos tempos das tarefas agrupadas não pode ser superior ao tempo takt calculado no passo 2

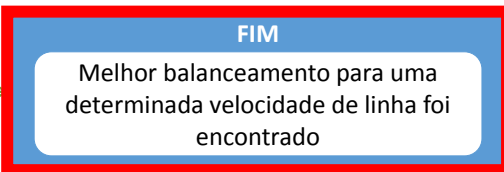


$$\text{Eficiência Real (ER)} = \frac{\text{Soma dos elementos de trabalho}}{(\text{Tempo takt}) \times (\text{Número real de operadores})}$$

NÃO

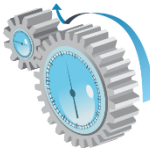
ER = EPT ?

SIM



# U2C4: Balanceamento de linha

- Passo a passo;
- Exemplo (Adaptado de Enade 2017 – Engenharia de Produção);
- Ferramentas auxiliares no balanceamento de linha.



# Ferramentas auxiliares: Yamazumi

