

Planejamento e Controle da Capacidade

Depto. de Engenharia de Produção
Escola Politécnica da USP
Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

2023

Planejamento da Capacidade

■ Medição da capacidade

- Simples para produção repetitiva de um bem ou serviço padronizado
- Complexa para produção de um mix de diferentes itens

■ Natureza das medidas de capacidade

- Medidas de capacidade de insumos (recursos):** Ex. N^o de leitos num hospital; N^o de assentos num teatro; área de vendas numa loja; N^o de vagas num estacionamento; N^o de ramais de uma rede telefônica; N^o de salas de aula numa universidade.
- Medidas de capacidade de volume de produção:** Ex. N^o de unidades de produzidas por uma fábrica numa semana; Megawatts-hora de eletricidade gerada por uma usina; hectolitros ou toneladas de material processado por dia numa planta; N^o de estudantes formados por ano.



Planejamento da Capacidade

- Políticas alternativas de capacidade
 - a) **Política de capacidade constante**: ignorar as flutuações e manter os níveis das atividades constantes
 - b) **Política de acompanhamento da demanda**: ajustar a capacidade para refletir as flutuações da demanda
 - c) **Política híbrida**: combinar as duas políticas anteriores evitando ajustes frequentes da capacidade e manter uma capacidade constante após cada ajuste
 - d) **Gestão da demanda**: tentar mudar a demanda para ajustá-la à disponibilidade da capacidade

Políticas de Planejamento e Gestão da Capacidade de Produção

Políticas de ajuste da capacidade

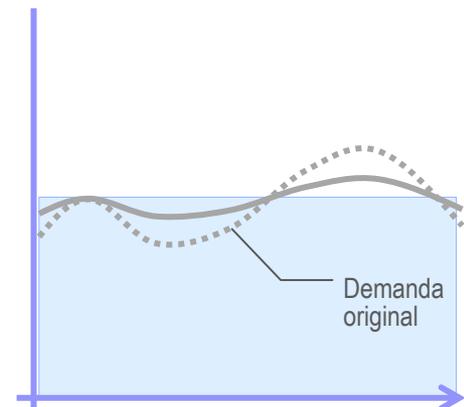
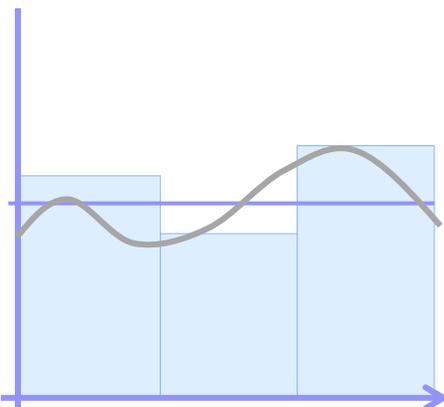
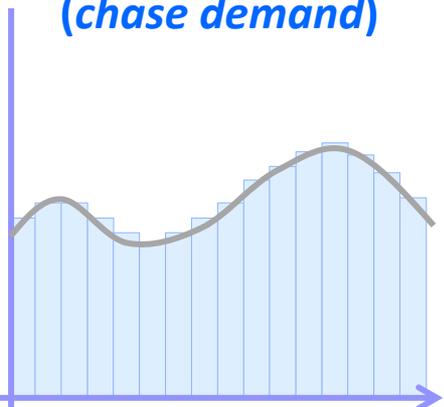
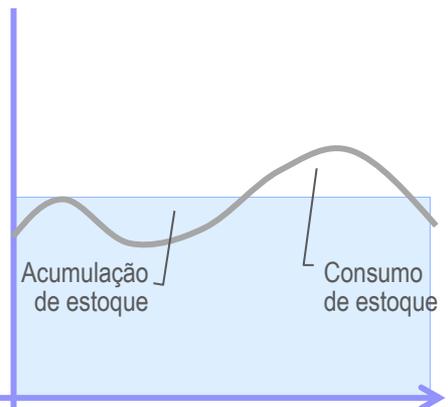
Política de atuação sobre a demanda

política de capacidade constante

política de acompanhamento da demanda (*chase demand*)

política híbrida/ combinada

política de gestão da demanda



Ignorar flutuação da demanda e manter a capacidade constante

adequação da capacidade para refletir as flutuações da demanda

combinação das políticas de acompanhamento e de nivelamento

tentar mudar a demanda para ajustá-la à disponibilidade da capacidade

— demanda
 ■ capacidade de produção

Políticas de Planejamento e Gestão da Capacidade de Produção

Métodos de ajuste da capacidade

que podem ser aplicados pela gerência da função Produção:

- ▶ Extensão do dia de trabalho com **horas extras**
- ▶ Variação do **número de dias úteis**
- ▶ Variação do **tamanho da força de trabalho**
- ▶ Uso de **pessoal em tempo parcial**
- ▶ **Subcontratação** da capacidade de outra organização

☞ Implica em aumentar a capacidade durante um determinado período de tempo e depois reduzir

Políticas de Planejamento e Gestão da Capacidade de Produção

Métodos de alteração da demanda

que podem ser aplicados pela gerência da função

Marketing e/ou Vendas:

- ▶ Aumento da **propaganda** em períodos de baixa demanda
- ▶ **Preços** mais vantajosos fora dos períodos de pico
- ▶ Lançamento de **produtos** novos ou promocionais

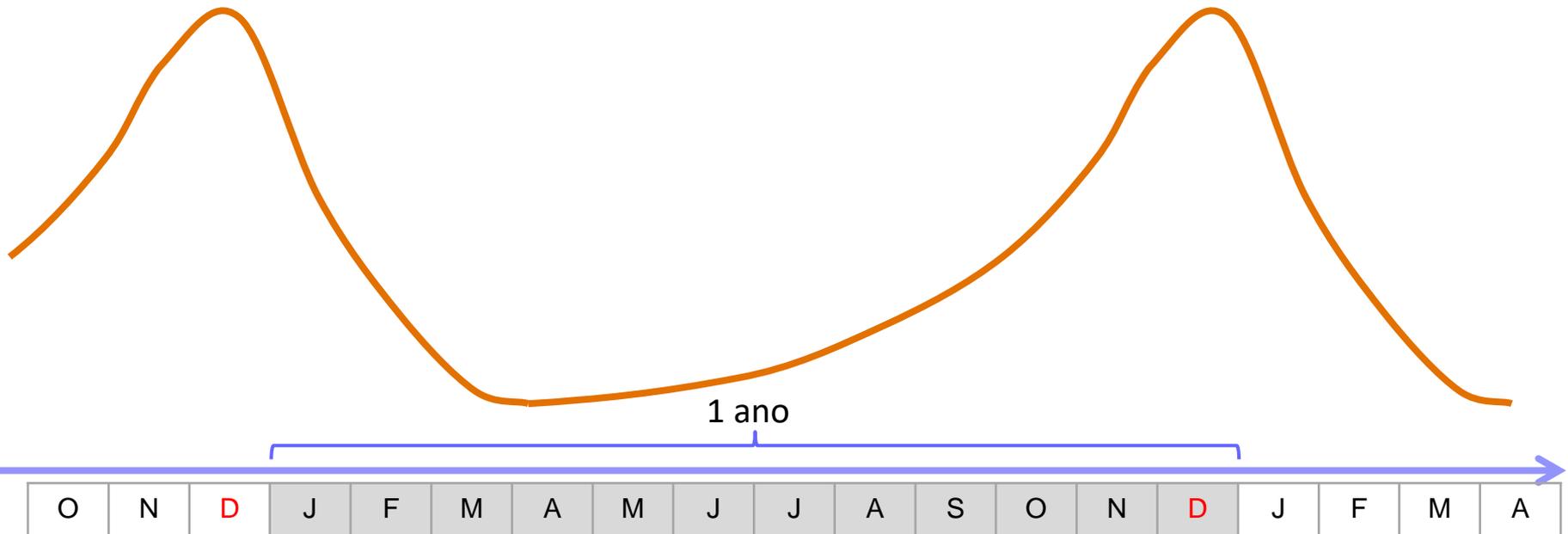
☛ Lógica de transferir parte da demanda dos períodos de pico para períodos mais tranquilos ou de estimular uma demanda maior em períodos de baixa demanda



Demanda x Capacidade



Ex. Demanda sazonal de chocolate no varejo



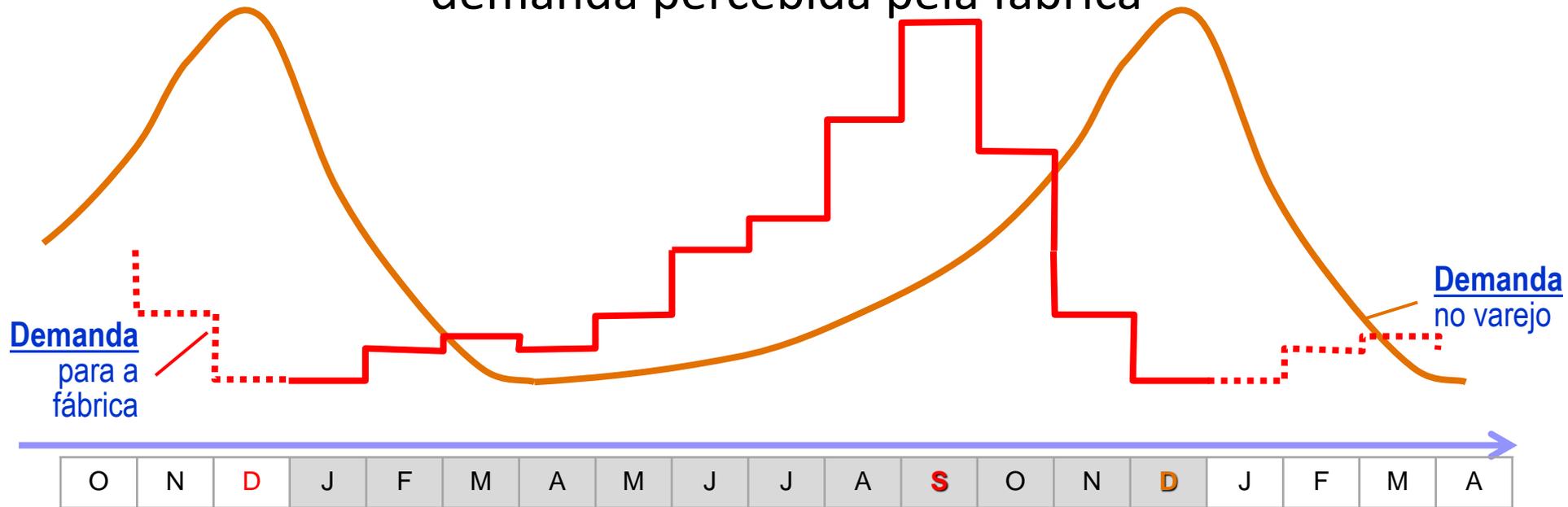
- ▶ Demanda sazonal de determinados produtos de chocolate produzidos por uma empresa alimentícia na Inglaterra.
- ▶ Pico de demanda no varejo ocorre no mês de **dezembro**
- ▶ Como produzir para atender esta demanda?



Demanda x Capacidade



Ex. Demanda sazonal de chocolate no varejo e demanda percebida pela fábrica



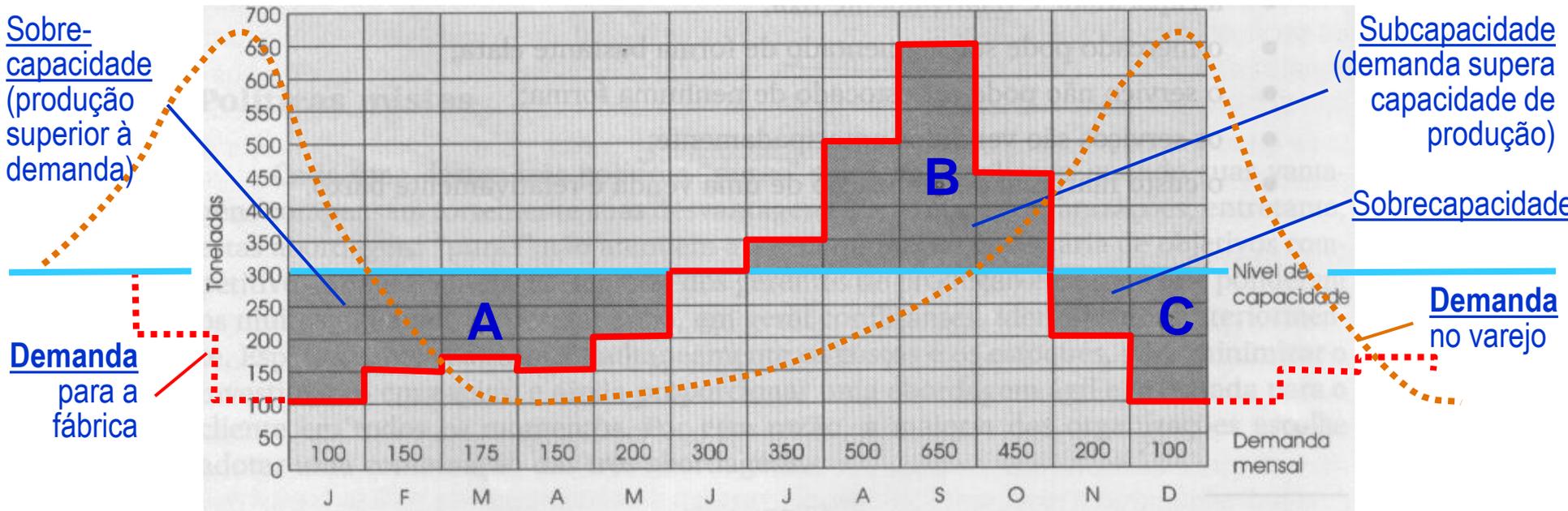
- ▶ A demanda de chocolate a ser atendida pela fábrica ocorre com um comportamento sazonal semelhante ao da demanda no varejo, mas com o pico ocorrendo com uma antecedência de cerca de 3 meses
- ▶ Pico de demanda percebida pela fábrica ocorre antes no mês de **setembro**



Demanda x Capacidade



Ex. Demanda sazonal de chocolate / Política de capacidade constante



Se a área **A** + área **C** = área **B**, esta política seria adequada para se atender à demanda?

Há alguns problemas nesta forma de representação:

- ▶ Sugere capacidade de produção mensal constante (mas o número de dias de produção varia conforme mês)
- ▶ Ser capaz de atender a demanda “depois” de sua ocorrência pode não ser admissível. Na situação acima, a demanda superior da área **B** precisaria ser atendida com a produção excedente acumulada na área **A**, mas se esta não for suficiente, pode não ser viável cobrir a diferença com atraso, utilizando a produção excedente da área **C**

Fonte: adaptada da Fig. 11.8 Nigel Slack et al. (1999) Administração da produção - Edição compacta, Cap.11.

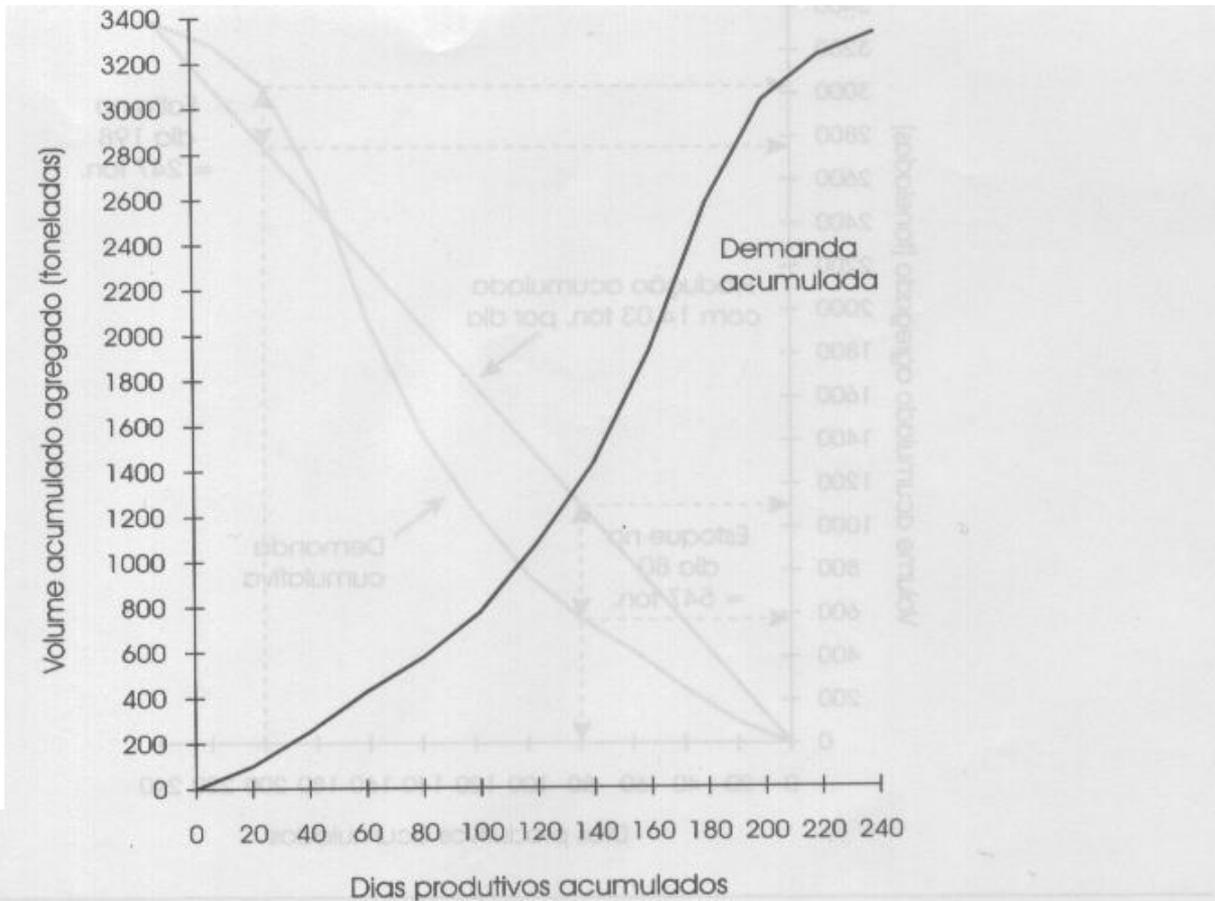
Representação gráfica da demanda acumulada para a fábrica

Neste exemplo, o mês em que ocorre o pico de demanda mensal não coincide com o mês em que ocorre o pico de demanda diária



Maior demanda mensal = 6,5 x Menor demanda mensal

Maior demanda diária = 10 x Menor demanda diária



	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Demanda (toneladas/mês)	100	150	175	150	200	300	350	500*	650	450	200	100
Dias produtivos	20	18	21	21	22	22	21	10	21	22	21	18
Demanda (toneladas/dia)	5	8,33	8,33	7,14	9,52	13,64	16,67	50	30,95	20,46	9,52	5,56
Dias acumulados	20	38	59	80	102	124	145	155	176	198	219	237
Demanda acumulada	100	250	425	575	775	1075	1425	1925	2575	3025	3225	3325

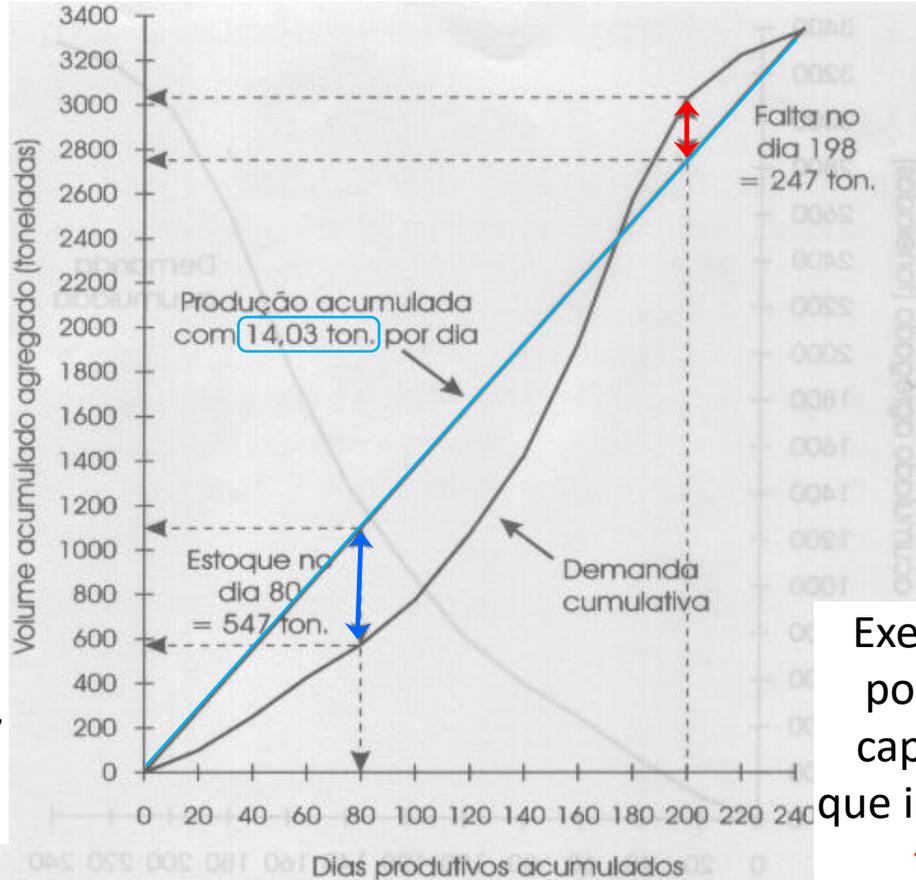
* Mês com menos dias produtivos devido ao período das férias de verão na Europa

Fonte: adaptada da Fig. 11.9 Nigel Slack et al. (1999) Administração da produção - Edição compacta, Cap.11.

Representação gráfica da demanda e produção acumuladas

Taxa de produção constante de $3325 \text{ t} / 237 \text{ dias} = 14,03 \text{ t/dia}$

(produzir num ritmo constante ao longo dos 237 dias de produção para atingir um volume de produção anual equivalente à demanda anual)



Exemplo de política de capacidade que incorre em **faltas**

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Demanda (toneladas/mês)	100	150	175	150	200	300	350	500	650	450	200	100
Dias produtivos	20	18	21	21	22	22	21	10	21	22	21	18
Demanda (toneladas/dia)	5	8,33	8,33	7,14	9,52	13,64	16,67	50	30,95	20,46	9,52	5,56
Dias acumulados	20	38	59	80	102	124	145	155	176	198	219	237
Demanda acumulada	100	250	425	575	775	1075	1425	1925	2575	3025	3225	3325
Produção acumulada (toneladas)	281	533	828	1122	1431	1740	2023	2175	2469	2778	3073	3325
Estoque final (toneladas)	181	283	403	547	656	715	609	250	(106)	(247)	(150)	0
Produção (toneladas/mês)	281	252	295	294	309	309	283	152	294	309	295	252

subcapacidade

Fonte: adaptada da Fig. 11.10 Nigel Slack et al. (1999) Administração da produção - Edição compacta, Cap.11.

Representação gráfica da demanda e produção acumuladas

Taxa de produção constante de $3025/198 = 15,28 \text{ t/dia}$

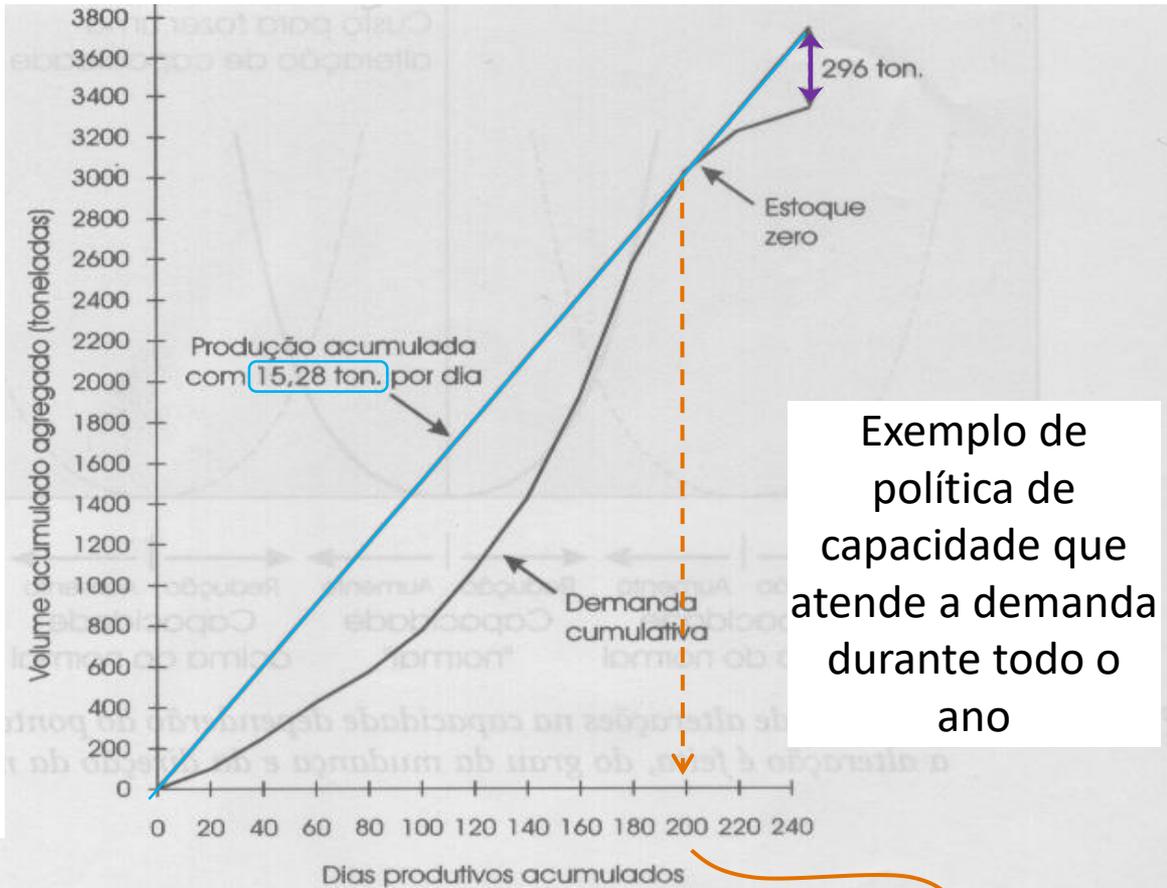
Custo de estocagem diário = £ 2 / tonelada.dia

Custo total de estoque por ano = £ 191.608



Estoque médio = $(\text{Estoque inicial no mês} + \text{Estoque final no mês}) / 2$

Custo de manutenção de estoque em cada mês = $\text{Estoque médio no mês} \times \text{Custo de estocagem por dia} \times \text{Número de dias do mês}$



Exemplo de política de capacidade que atende a demanda durante todo o ano

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Demanda (toneladas/mês)	100	150	175	150	200	300	350	500	650	450	200	100
Dias produtivos	20	18	21	21	22	22	21	10	21	22	21	18
Demanda (toneladas/dia)	5	8,33	8,33	7,14	9,52	13,64	16,67	50	30,95	20,46	9,52	5,56
Dias acumulados	20	38	59	80	102	124	145	155	176	198	219	237
Demanda acumulada	100	250	425	575	775	1075	1425	1925	2575	3025	3225	3325
Produção acumulada (toneladas)	306	581	902	1222	1559	1895	2216	2368	2689	3025	3346	3621
Estoque final (toneladas)	206	331	477	647	784	820	791	443	114	0	121	296
Estoque médio (toneladas)	103	270	404	562	716	802	806	617	279	57	61	209
Custo de estoques por mês (£)	4120	9720	16968	23604	31504	35288	33852	12340	11718	2508	2562	7524

Representação gráfica da demanda e produção acumuladas

Política 1: produção de 8,7 t/dia até dia 124; 29 t/dia do dia 125 ao 194; 8,7 t/dia no restante do ano

Custo de alteração de 8,7 para 29 t/dia = **£ 110.000**

Custo de alteração de 29 para 8,7 t/dia = **£ 60.000**

Política 2: produção de 12,4 t/dia até dia 170; 29 t/dia do dia 171 ao 190; 12,4 t/dia no restante do ano

Custo de alteração de 12,4 para 29 t/dia = **£ 35.000**

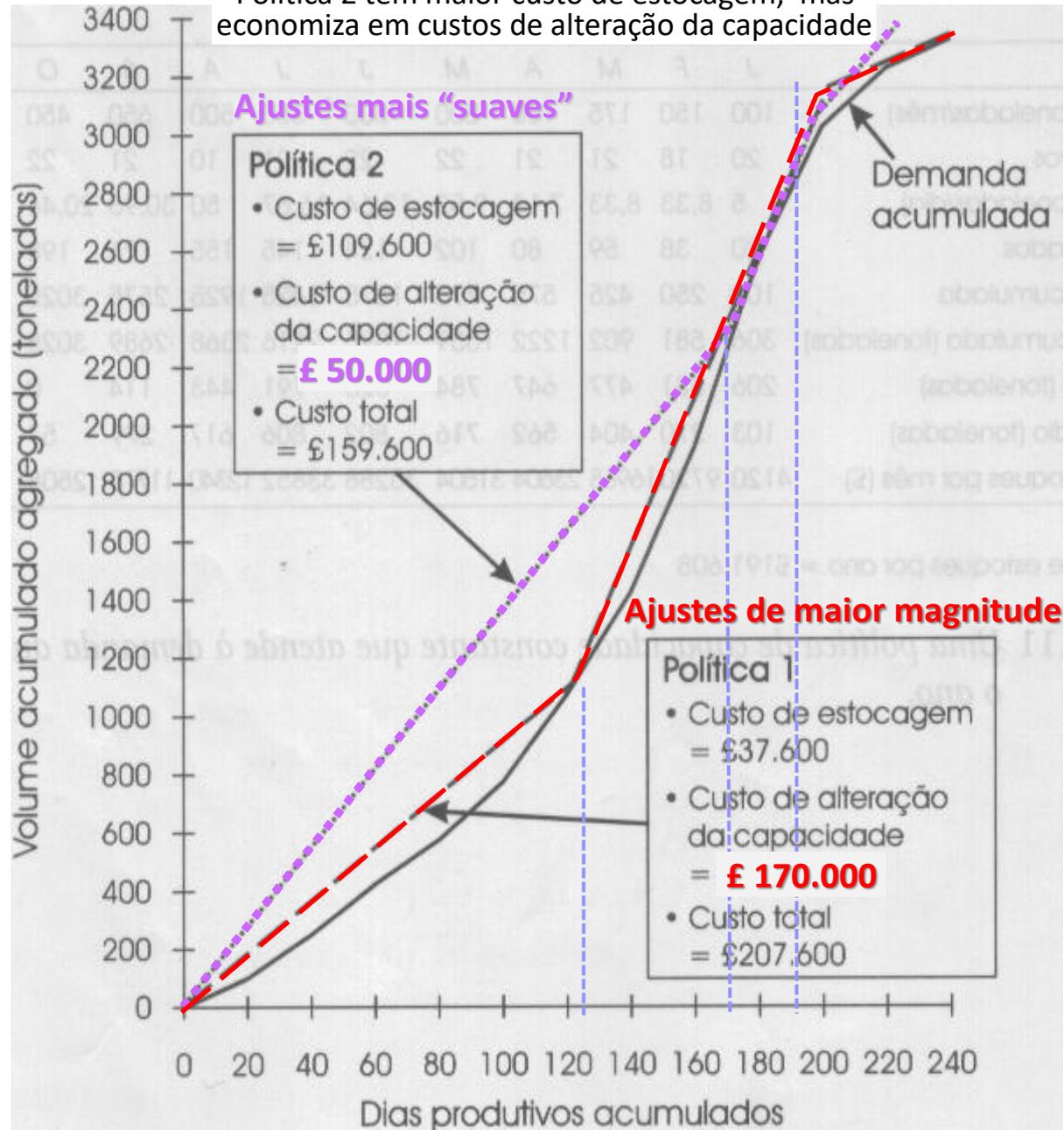
Custo de alteração de 29 para 12,4 t/dia = **£ 15.000**

Fonte: adaptada da Fig. 11.13

Nigel Slack et al. (1999)

Administração da produção - Edição compacta, Cap.11.

Política 2 tem maior custo de estocagem, mas economiza em custos de alteração da capacidade



Métricas para avaliação do aproveitamento da capacidade de produção

- ▶ Utilização

- ▶ Eficiência

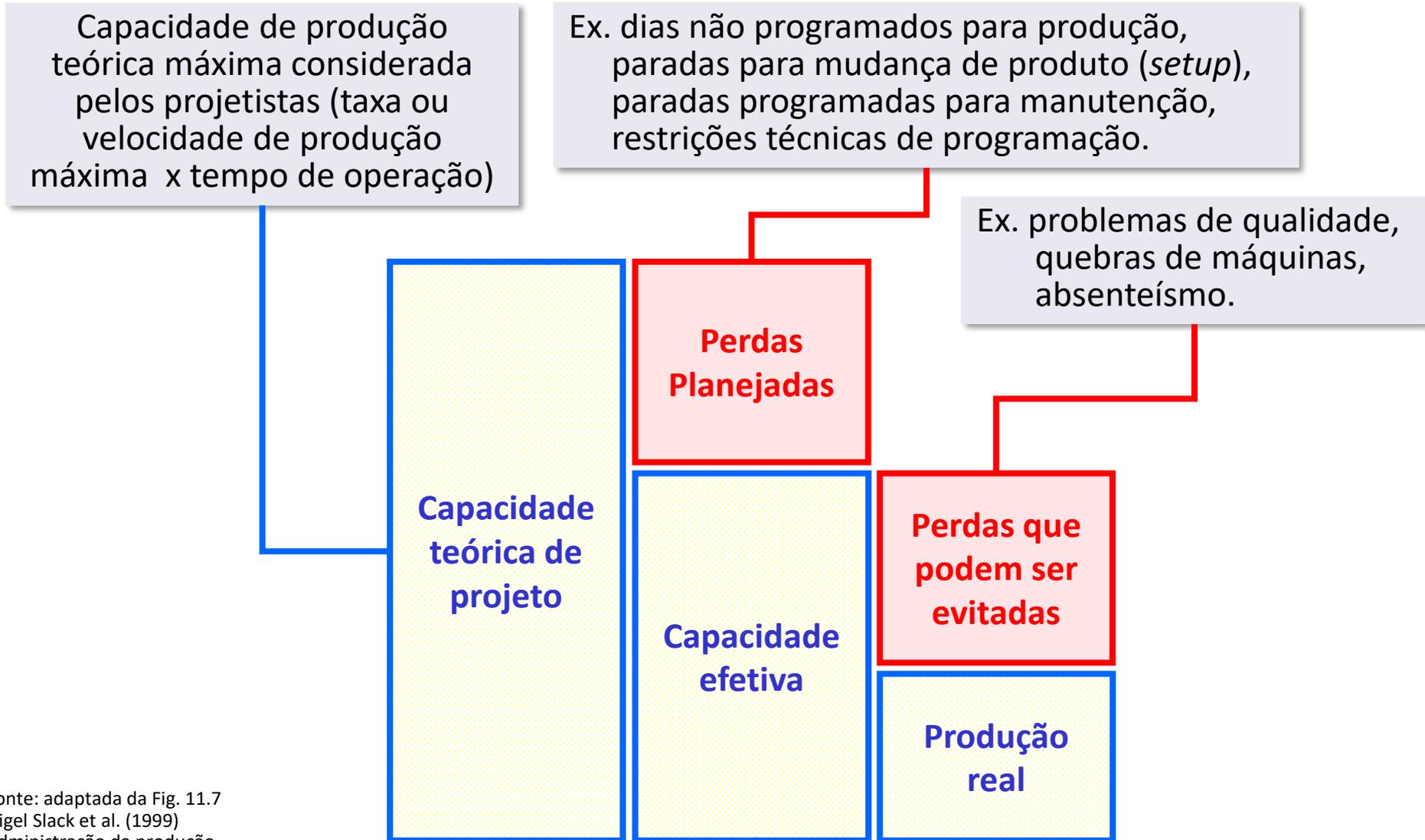
- ▶ *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

- ▶ Índice de Tempo Operacional

- ▶ Índice de Desempenho Operacional

- ▶ Índice de Produtos Aprovados

Avaliação do aproveitamento da capacidade



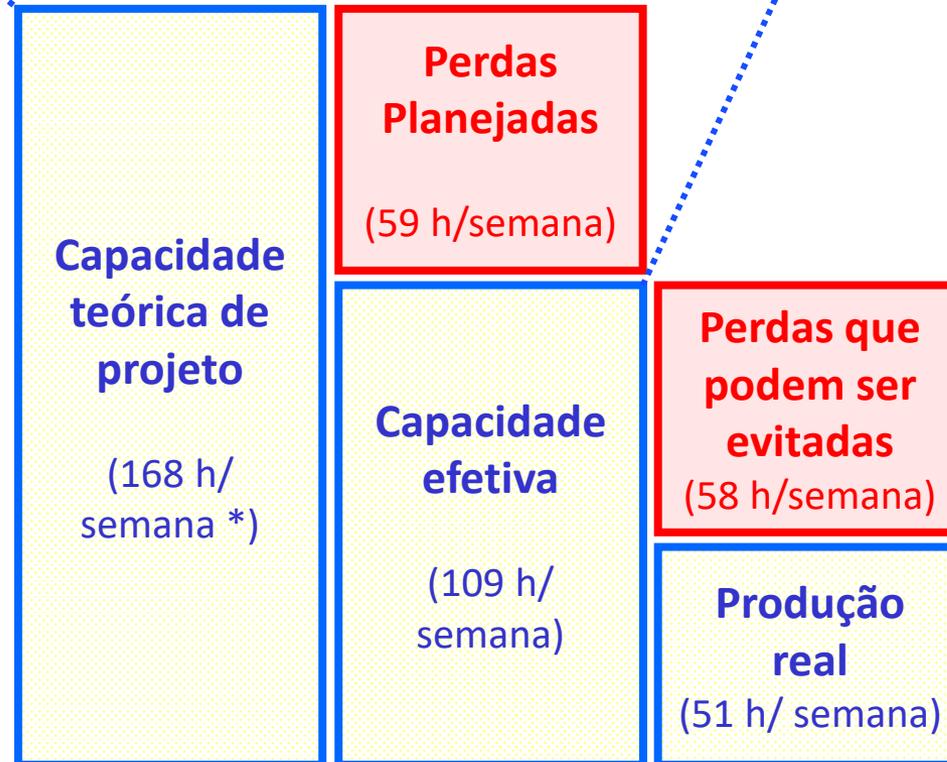
Fonte: adaptada da Fig. 11.7
 Nigel Slack et al. (1999)
 Administração da produção -
 Edição compacta, Cap.11.

Avaliação do aproveitamento da capacidade

$$\begin{aligned} \text{Utilização} &= \frac{\text{Volume de produção real}}{\text{Capacidade teórica de projeto}} \\ &= \frac{51}{168} = 0,304 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eficiência} &= \frac{\text{Volume de produção real}}{\text{Capacidade efetiva}} \\ &= \frac{51}{109} = 0,468 \end{aligned}$$

Definição e exemplo de cálculo dos níveis de Utilização e Eficiência de um recurso para o qual as perdas que ocorreram no decorrer de uma semana estão indicadas no gráfico ao lado



* 168 h/semana
= 24 h/dia x 7 dias/semana

Métricas para avaliação do aproveitamento da capacidade de produção

- ▶ Utilização

- ▶ Eficiência

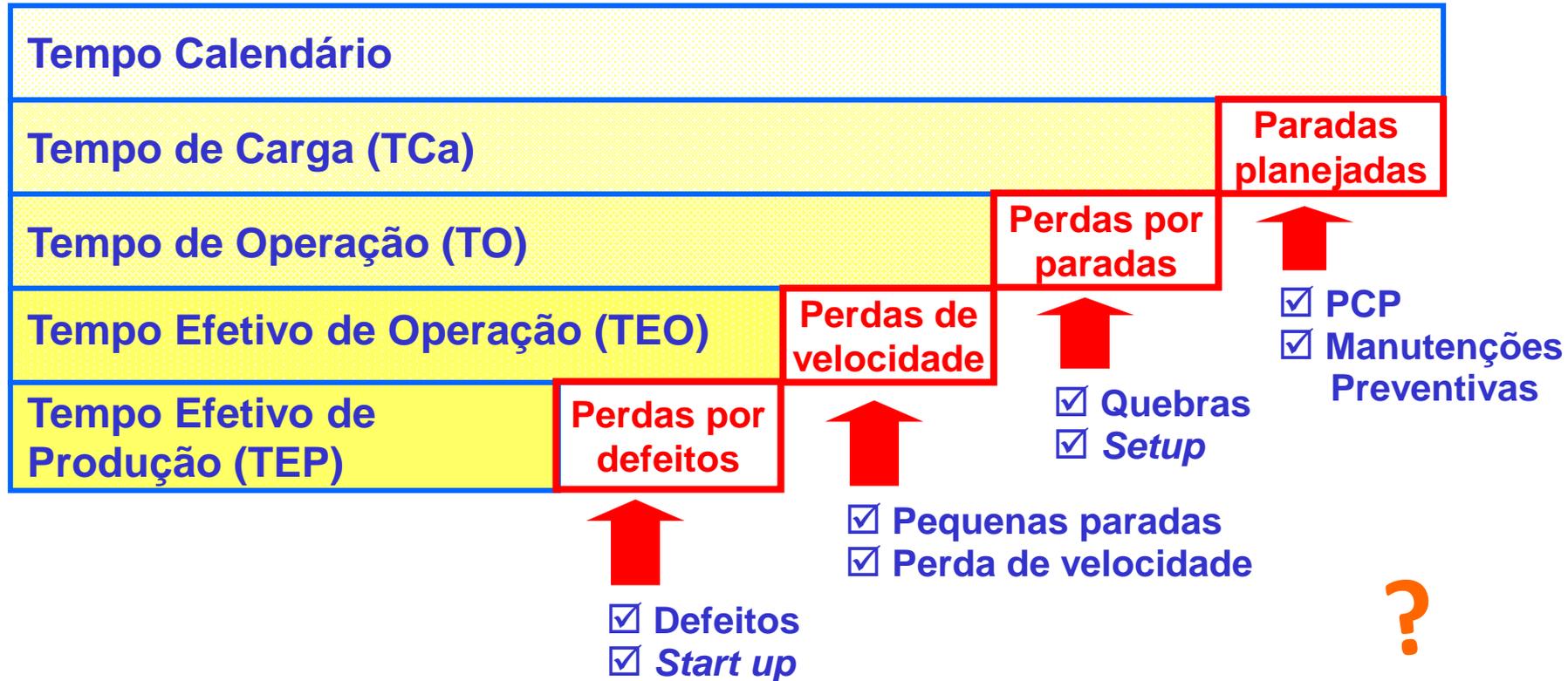
- ▶ *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

- ▶ Índice de Tempo Operacional

- ▶ Índice de Desempenho Operacional

- ▶ Índice de Produtos Aprovados

Avaliação do aproveitamento da capacidade sob a perspectiva do OEE

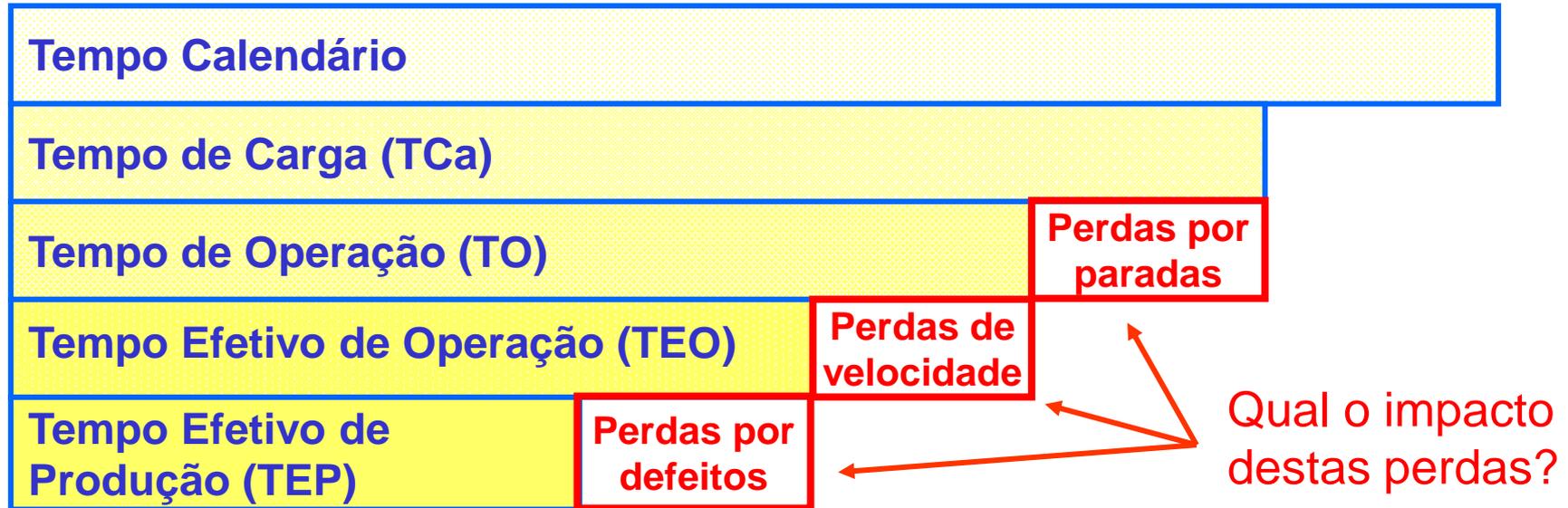


Qual o tamanho destas perdas?
 Como avaliar a adequação do sistema de gestão da manutenção?
 Como avaliar a forma como os equipamentos estão sendo utilizados?



Referência: Ver “Eficácia Geral do Equipamento” em Nigel Slack et al. (2009) Administração da produção, 3ª edição, São Paulo, Atlas. Cap.11.

Avaliação do aproveitamento da capacidade sob a perspectiva do OEE



Índice de Tempo Operacional

$$ITO = \frac{TO}{TCa} = \frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Tempo de Paradas}}{\text{Tempo de Carga}}$$

Índice de Desempenho Operacional

$$IDO = \frac{TEO}{TO} = \frac{\text{Tempo de Ciclo Padrão} \times \text{Qtde Produzida}}{\text{Tempo de Operação}}$$

Índice de Produtos Aprovados

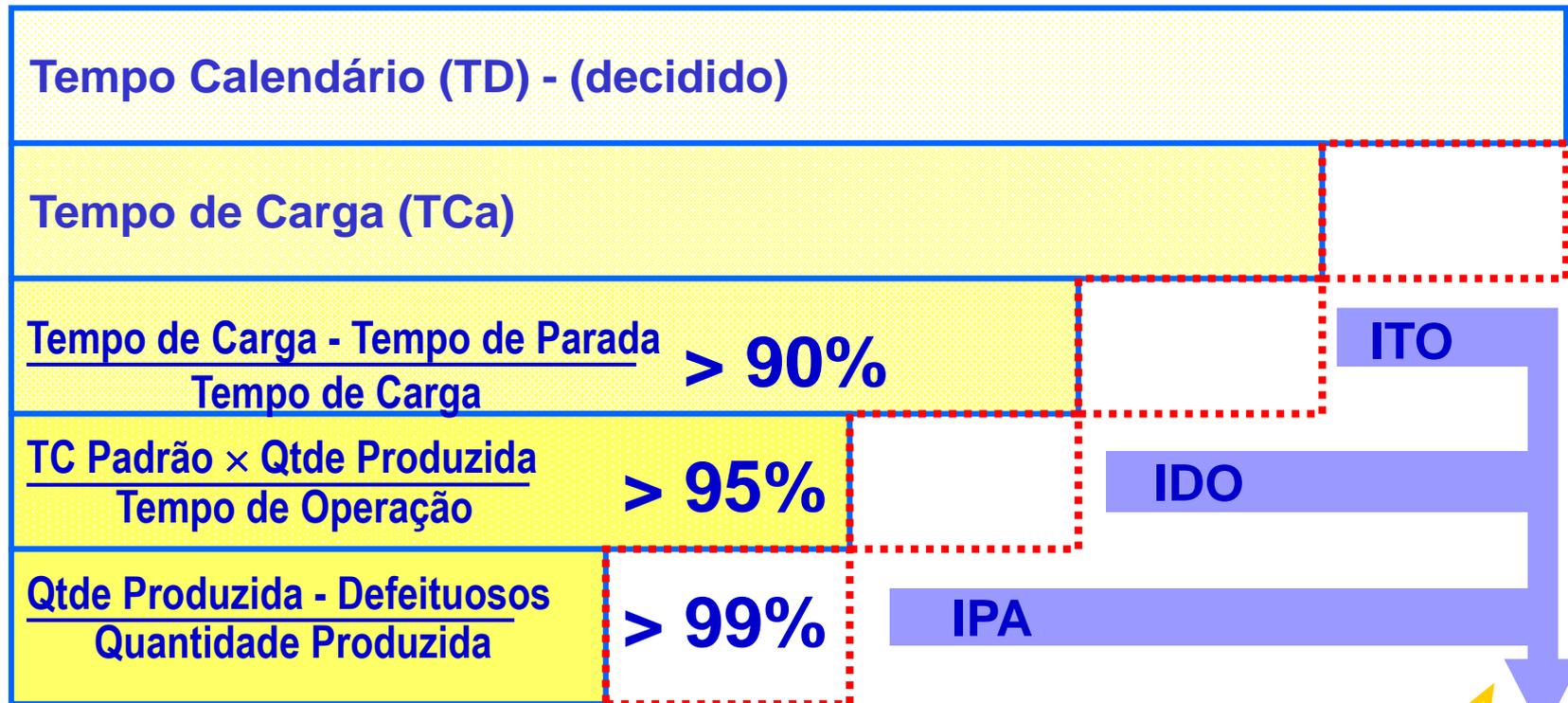
$$IPA = \frac{TEP}{TEO} = \frac{\text{Qtde Produzida} - \text{Defeituosos}}{\text{Quantidade Produzida}}$$

Overall Equipment Effectiveness

$$OEE = ITO \times IDO \times IPA$$

$$= TEP / TCa$$

Métricas do TPM e valores de referência



ITO: Índice de Tempo Operacional → Disponibilidade

IDO: Índice de Desempenho Operacional → Desempenho

IPA: Índice de Produtos Aprovados → Qualidade

$$\text{OEE} = \text{ITO} \times \text{IDO} \times \text{IPA}$$

$$\text{OEE} = \text{TEP} / \text{TCa}$$

Referência de
“manufatura classe
mundial” OEE > 85%

Exemplo de Cálculo do OEE

A gráfica de uma empresa funcionou 5 dias numa semana em 1 turno diário de 8 horas sendo que um total de 125 minutos foram dedicados à manutenção preventiva de uma máquina impressora de etiquetas adesivas. A referida máquina tem uma capacidade nominal de produção de 50 etiquetas por minuto e nesta semana, sua produção atingiu um total de 78000 unidades das quais 5% foram refugadas por falhas de impressão.

A duração das paradas que ocorreram durante o tempo com carga foram levantadas e são apresentadas a seguir:

- Paradas por falhas de máquina: 80 minutos
- Paradas por *setup* / troca do tipo de etiqueta: 220 minutos
- Paradas para ajustes e regulagens: 150 minutos

Avaliar o aproveitamento deste equipamento no período considerado ...

Exemplo de Cálculo do OEE

Cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global (OEE) deste recurso no período considerado

$$\text{Tempo Calendário (TD)} = 5 \times 8 \times 60 = 2400 \text{ min}$$

$$\text{Tempo de Carga (TCa)} = 2400 - 125 = 2275 \text{ min}$$

$$ITO = \frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Tempo de Parada}}{\text{Tempo de Carga}} = \frac{(2275 - 450)}{2275} = \frac{1825}{2275} = 0,802 = 80,2\%$$

$$IDO = \frac{* \text{TC Padrão} \times \text{Qtde Produzida}}{\text{Tempo de Operação}} = \frac{(0,02 \times 78000)}{1825} = \frac{1560}{1825} = 0,855 = 85,5\%$$

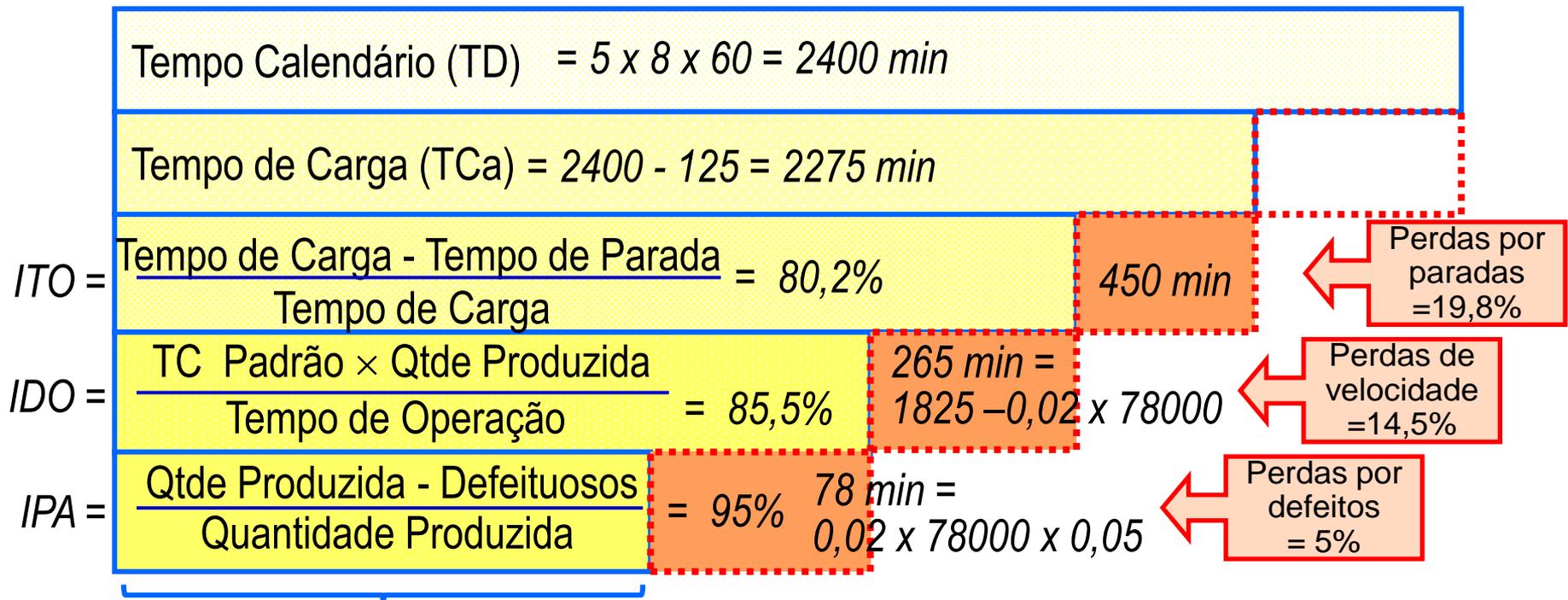
$$IPA = \frac{\text{Qtde Produzida} - \text{Defeituosos}}{\text{Quantidade Produzida}} = 0,95 = 95\%$$

$$OEE = ITO \times IDO \times IPA = 0,802 \times 0,855 \times 0,95 = 0,651 = 65,1\%$$

* Observação: Tempo de Ciclo Padrão = 1 / Capacidade Nominal medida em quantidade por unidade de tempo

Exemplo de Cálculo do OEE

Cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global (OEE) deste recurso no período considerado



Notar que $TEP = 0,02 \times 78000 \times 0,95 = 1482 \text{ min}$

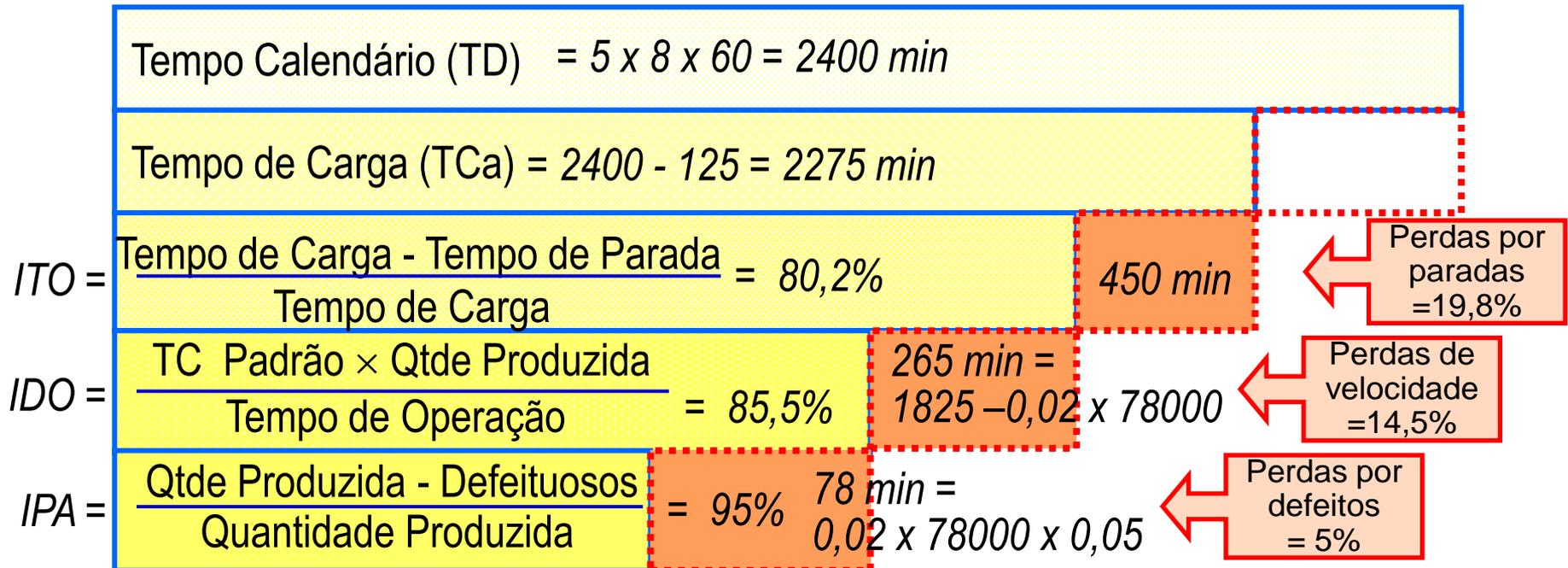
então: $1482 + 78 + 265 + 450 = 2275 \text{ min} = TCa$

e o valor de OEE também pode ser calculado como: $OEE = TEP / TCa = 1482 / 2275 = 65,1\%$

resultando no mesmo valor que: $OEE = ITO \times IDO \times IPA = 0,802 \times 0,855 \times 0,95 = 0,651 = 65,1\%$

Exemplo de Cálculo do OEE

Cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global (OEE) deste recurso no período considerado



$$OEE = ITO \times IDO \times IPA = 0,802 \times 0,855 \times 0,95 = 0,651 = 65,1\%$$

- ▶ OEE = 65,1% sugere que cerca de 1/3 da capacidade teórica do recurso esteja subutilizada
- ▶ No caso deste exemplo, os esforços para se elevar o OEE devem inicialmente priorizar as perdas por paradas que são as perdas de maior magnitude (19,8%)

Melhorias baseadas na análise do OEE

1. Verificar a magnitude das perdas
2. Identificar aquela(s) que causou(aram) maior impacto sobre o OEE
3. Priorizar melhorias específicas

Desempenho Operacional Qualidade	Disponibilidade	ITO	<ul style="list-style-type: none"> ■ Redução do tempo de set-up <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Eliminar <i>set-ups</i> <input type="checkbox"/> Automatizar mudança de configuração <input type="checkbox"/> Simplificar ou automatizar calibração <input type="checkbox"/> Limitar corridas para teste (ou realizar em tempo de parada planejada) ■ Eliminação de quebras <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Realizar melhoria de equipamento <input type="checkbox"/> Melhorar Manutenções Planejadas <input type="checkbox"/> Introduzir Manutenções Autônomas 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Desempenho Operacional	IDO	<ul style="list-style-type: none"> ■ Redução de pequenas paradas / operação em vazio <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Melhorar fluxo de materiais (alimentação, fluxo interno, retirada) <input type="checkbox"/> Melhorar alocação de operador (eliminar perda por falta de operador) <input type="checkbox"/> Realizar melhoria de equipamento <input type="checkbox"/> Melhorar limpeza e lubrificação ■ Eliminação de perdas por redução de velocidade <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Substituir peças desgastadas <input type="checkbox"/> Re-apertar porcas / parafusos <input type="checkbox"/> Balancear partes rotativas <input type="checkbox"/> Melhorar lubrificação 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Qualidade	IPA	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eliminação de produção defeituosa e re-trabalho <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Introduzir CEP <input type="checkbox"/> Melhorar ajuste de equipamento <input type="checkbox"/> Introduzir monitoramento de equipamento (ex. para medir desgaste) <input type="checkbox"/> Estabelecer controles para substituição de ferramentas (ex. contador) <input type="checkbox"/> Introduzir auto-inspeção <input type="checkbox"/> Realizar melhoria de equipamento <input type="checkbox"/> Melhorar limpeza e lubrificação <input type="checkbox"/> Melhoria da qualidade de produto 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>