

# Planejamento, Programação e Controle da Produção I

Prof. MSc. Blaha Gregory C. S. Goussain

[blaha.goussain@unesp.br](mailto:blaha.goussain@unesp.br)



# Planejamento agregado

A maioria das empresas tem um mix de produção de produtos diferentes, chegando muitas vezes à casa das centenas. Desta forma, torna-se muito difícil, senão impossível, efetuar uma previsão de demanda para cada um desses produtos fabricados.

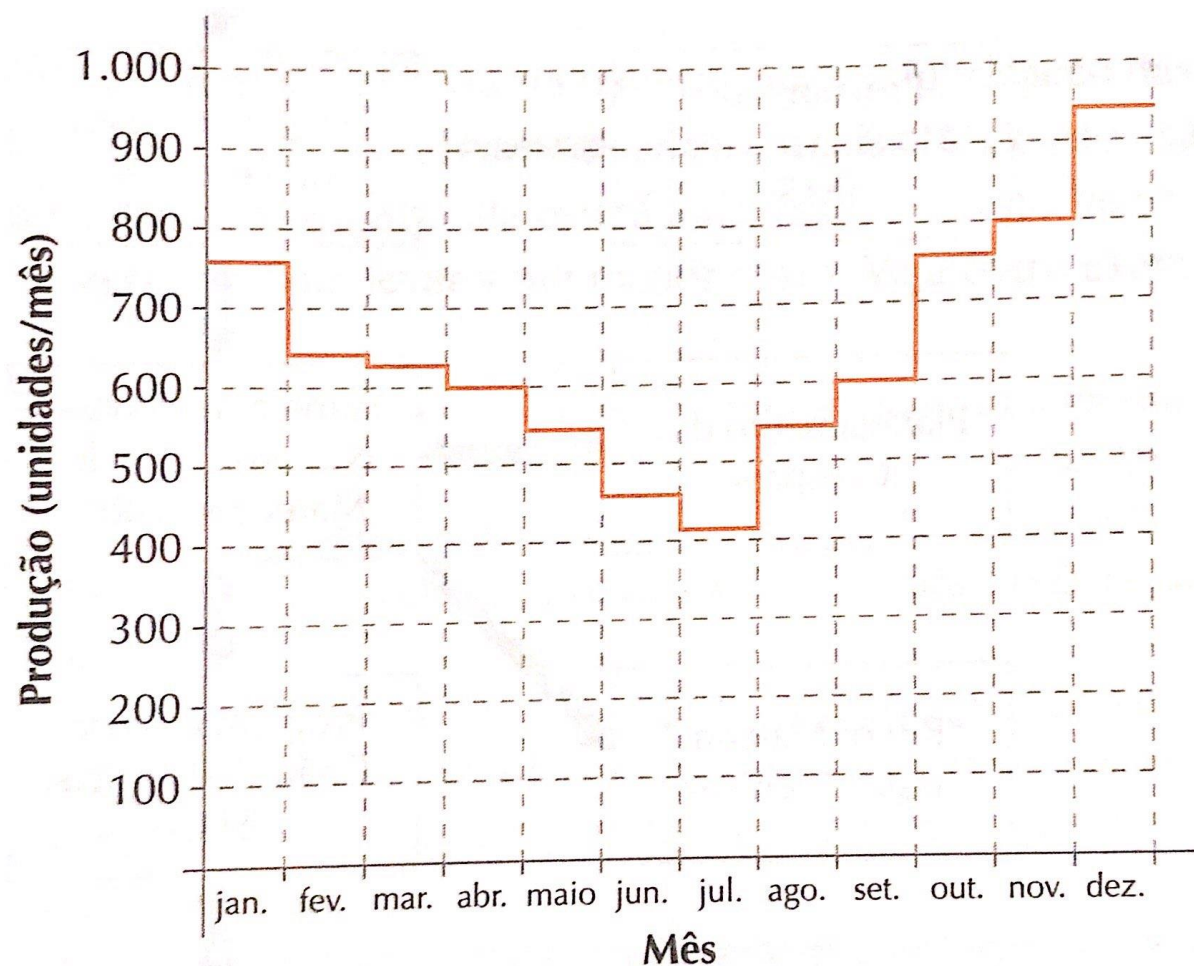
Deve-se definir uma metodologia para agrupar esses produtos e, conseqüentemente, as diferentes demandas em até uma única demanda, que seja representativa do todo. A demanda prevista para esse grupo ou família de produtos é denominada demanda agregada.

O planejamento agregado visa compartilhar os recursos produtivos da empresa com a demanda agregada, no médio prazo, isto é, comum horizonte de 6 a 18 meses, aproximadamente.



# Perfil da demanda

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Demanda prevista (unidades/mês)	750	650	640	590	540	450	420	530	600	790	860	956



A demanda média para o período de planejamento é de **648 unidades/mês**.

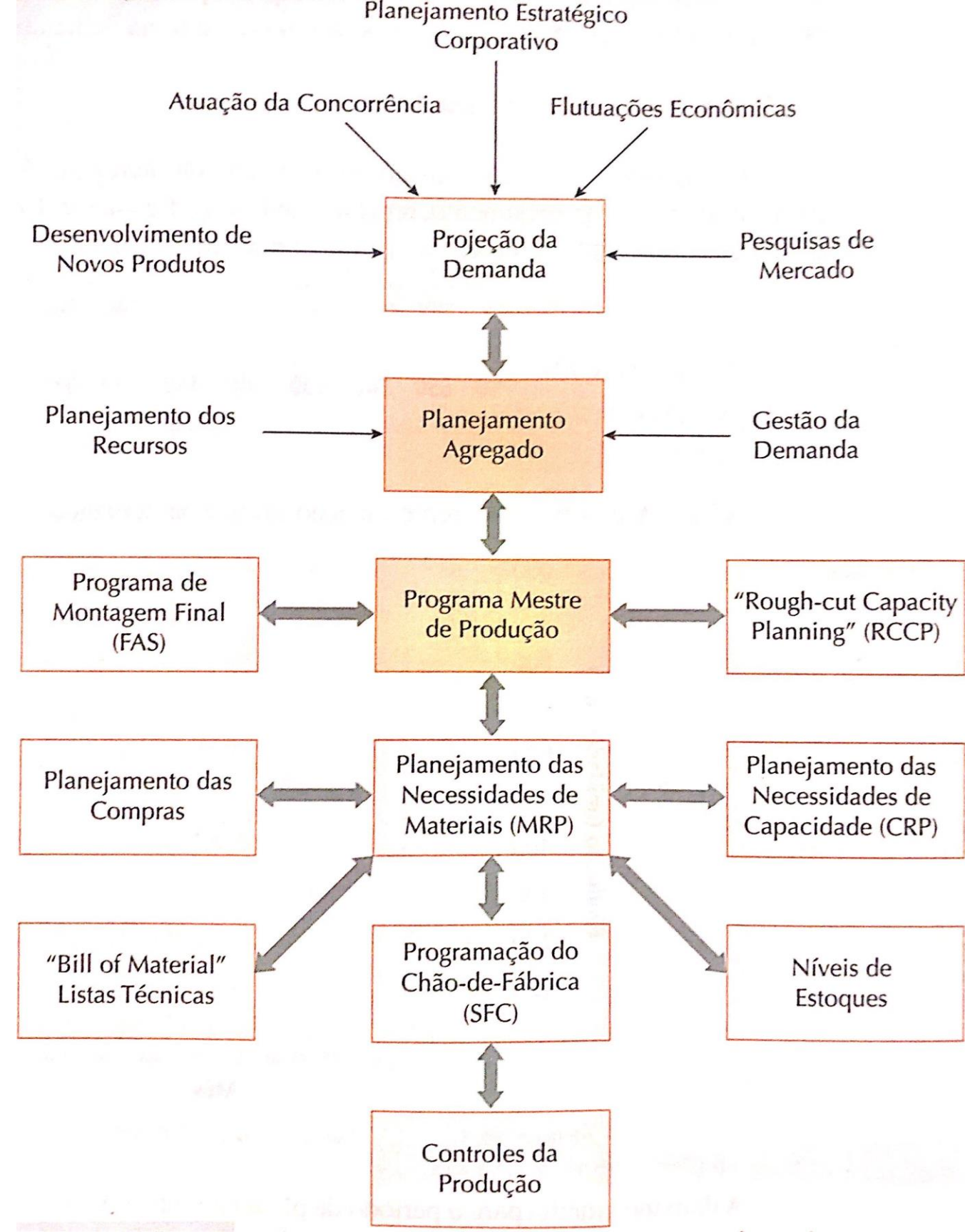
Caso os recursos produtivos fossem dimensionados para atender à demanda média do período de planejamento, ficaríamos com falta e excesso de recursos em quais meses?

**5 meses:** Jan., Fev., Out., Nov. e Dez.

**7 meses:** Mar., Abr., Maio, Jun., Jul., Ago. e Set.

Os dois casos **são indesejáveis**. O planejamento agregado visa **harmonizar essa situação**, procurando as alternativas de menor custo para a empresa.





# Estratégias de atuação

A fim de obter harmonia, podemos atuar na oferta de recursos, na demanda ou em ambas.

## Atuação na oferta de recursos

- Admissão/demissão
- Horas extras
- Subcontratações
- Estoques

## Atuação na demanda

- Preço de venda
- Promoção
- Atraso na entrega

## Estratégia mista

# Atuação na oferta de recursos

## Admissão/demissão

Consiste em **admitir ou demitir colaboradores** dependendo das necessidades de mão-de-obra. Quando a **variação da demanda é muito acentuada**, os custos são muito altos, **tanto na admissão, como custos de recrutamento e treinamento, quanto na demissão, em que são expressivos os encargos**, recolocação, entre outros.

## Horas extras

A fim de **compensar as necessidades decorrentes do aumento da demanda**, as áreas produtivas da empresa passam a trabalhar em horas extras.

## Subcontratações

A empresa **subcontrata terceiros para a fabricação das unidades** que, por falta de pessoal, certamente deixariam de ser produzidos.

## Estoques

Consiste em fazer com que os **estoques absorvam as diferenças decorrentes da variação da demanda**.

# Atuação na demanda

## Preço de venda

Consiste em **aumentar o preço de venda**, com a conseqüente queda na demanda, quando os recursos produtivos forem insuficientes, e **diminuir o preço de venda**, com o conseqüente aumento da demanda, quando os recursos produtivos estiverem sobrando.

## Promoção

**Deve ser feita quando houver excesso de recursos produtivos**. A promoção gera aumento da demanda, podendo o excesso de recursos ser utilizado. Há o custo da promoção implícito na decisão.

## Atraso na entrega

**Consiste em atrasar a entrega dos pedidos**, até quando haja disponibilidade de recursos para executá-los. Há o risco de desagradar os clientes, com todos os custos decorrentes e com a possível perda deles.

## Estratégia Mista

Atuação tanto na demanda quanto na oferta de recursos produtivos, visando o menor custo possível, sem deixar de atender os clientes.

# Elaboração do plano agregado

Dado um perfil de demanda agregada, **existem vários planos alternativos que podem atendê-la**, tais como:

**Plano A.** Produção mensal constante. Estoques absorvem as variações.

$(EI)_n$  = **estoque inicial no período n**      Valem as relações:

$(EF)_n$  = **estoque final no período n**       $(EI)_{n+1} = (EF)_n$

$(EI)_{n+1}$  = **estoque inicial no período n+1**       $(EI)_n + (P)_n - (D)_n = (EF)_n$

$(P)_n$  = **produção no período n**

$(D)_n$  = **demanda no período n**

O estoque inicial mínimo para atender à demanda pode ser determinado da seguinte forma:

$$\sum P = 7.776$$

$$\sum EM = 3.846$$

$$\text{Estoque médio mensal} = 3.846/12 = 320,5$$

Mês	EI	P	D	EF	EM
Jan.	104	648	750	2	53
Fev.	2	648	650	0	1
Mar.	0	648	640	8	4
Abr.	8	648	590	66	37
Maio	66	648	540	174	120
Jun.	174	648	450	372	273
Jul.	372	648	420	600	486
Ago.	600	648	530	718	659
Set.	718	648	600	766	742
Out.	766	648	790	624	695
Nov.	624	648	860	412	518
Dez.	412	648	956	104	258



# Elaboração do plano agregado

**Plano B.** Produção constante de 600 unidades/mês, com estoque inicial nulo, subcontratando com terceiros as unidades para atender plenamente a demanda.

$$\sum P = 7.200$$

$$\sum \text{Subcont.} = 576$$

$$\sum \text{EM} = 1.940$$

$$\text{Estoque médio mensal} = 1.940/12 = 161,7$$

Mês	EI	P	D	Subcont.	EF	EM
Jan.	0	600	750	150	0	0
Fev.	0	600	650	50	0	0
Mar.	0	600	640	40	0	0
Abr.	0	600	590		10	5
Maio	10	600	540		70	40
Jun.	70	600	450		220	145
Jul.	220	600	420		400	310
Ago.	400	600	530		470	435
Set.	470	600	600		470	470
Out.	470	600	790		280	375
Nov.	280	600	860		20	150
Dez.	20	600	956	356	0	10

# Elaboração do plano agregado

**Plano C.** Produzir uma **quantidade constante por mês** (cadência constante), partindo de um **estoque inicial de 100 unidades** no início de janeiro e chegando-se ao fim de dezembro com **estoque final de 148 unidades**:

$$(NP)_n = [(D)_n + (EF)_n - (EI)_n]$$

$$(P)_n = (NP)_n / N$$

$(NP)_n$  = **necessidades de produção no período n**

$(P)_n$  = **produção em unidades por unidade de tempo (unidades/mês)**

$(N)$  = **número de meses (no caso, 12)**

$$(P)_n = (7.776 + 148 - 100)/12 = 652 \text{ unidades/mês}$$

$$\sum EM = 4.086$$

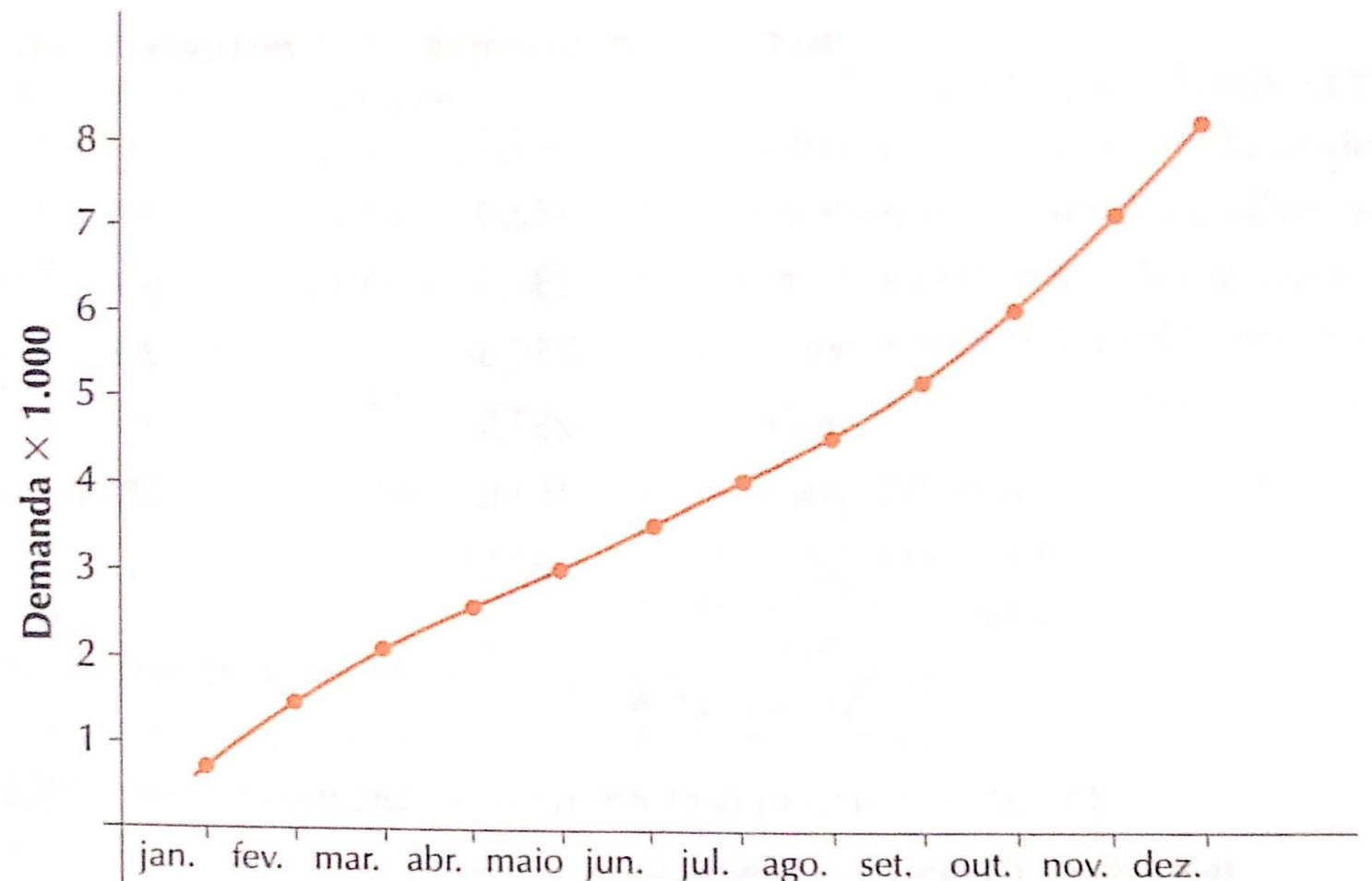
$$\text{Estoque médio mensal} = 4.086/12 = 340,50$$

Mês	EI	P	D	EF	EM
Jan.	100	652	750	2	51
Fev.	2	652	650	4	3
Mar.	4	652	640	16	10
Abr.	16	652	590	78	47
Mai	78	652	540	190	134
Jun.	190	652	450	392	291
Jul.	392	652	420	624	508
Ago.	624	652	530	746	685
Set.	746	652	600	798	772
Out.	798	652	790	660	729
Nov.	660	652	860	452	556
Dez.	452	652	956	148	300

# Elaboração do plano agregado

**Plano D.** Determinar um plano de produção que atenda plenamente a demanda prevista, com as seguintes características: **estoque inicial em janeiro de 150 unidades**, e **estoque final em dezembro de 50 unidades**; **produção constante de janeiro a agosto**, de tal forma que o **estoque no fim de agosto seja o mínimo possível**, e **produção constante de setembro a dezembro**.

Mês	Demanda (unidades/mês)	Demanda acumulada
Jan.	750	750
Fev.	650	1.400
Mar.	640	2.040
Abr.	590	2.630
Maio	540	3.170
Jun.	450	3.620
Jul.	420	4.040
Ago.	530	4.570
Set.	600	5.170
Out.	790	5.960
Nov.	860	6.820
Dez.	956	7.776



# Elaboração do plano agregado

**Plano D.** Determinar um plano de produção que atenda plenamente a demanda prevista, com as seguintes características: **estoque inicial em janeiro de 150 unidades**, e **estoque final em dezembro de 50 unidades**; **produção constante de janeiro a agosto**, de tal forma que o **estoque no fim de agosto seja o mínimo possível**, e **produção constante de setembro a dezembro**.

A **cadência de produção** (unidades/mês) de janeiro a agosto é:

$$(NP)_{jan.-ago.} = (D)_{jan.-ago.} + (EF)_{ago.} - (EI)_{jan.}$$

Mês	EI	P	D	EF
Jan.	150	552,5	750	-47,5
Fev.	-47,5	552,5	650	-145
Mar.	-145	552,5	640	-232,5
Abr.	-232,5	552,5	590	-270,0
Maio	-270,0	552,5	540	-257,5
Jun.	-257,5	552,5	450	-155,0
Jul.	-155,0	552,5	420	-22,5
Ago.	-22,5	552,5	530	0

Como o estoque final em agosto deve ser o mínimo possível, iremos tentar fazê-lo igual a zero.

$$(NP)_{jan.-ago.} = 4.570 + 0 - 150 = 4.420$$

$$(P)_{jan.-ago.} = 4.420/8 = 552,50 \text{ unidades/mês}$$

# Elaboração do plano agregado

**Plano D.** A produção 552,5 unidades/mês será insuficiente para atender a demanda em todos os meses. Assim, é preciso aumentá-la. Conseqüentemente, o estoque final em agosto não será mais zero, como imaginado inicialmente.

O estoque não pode ser negativo em nenhum mês.

O valor crítico ocorre em março, corresponde a 77,5 unidades/mês a mais. Assim, a nova cadência de produção deverá ser:

$$(P)_{\text{jan.}-\text{ago.}} = 552,5 + 77,5 = 630 \text{ unidades/mês}$$

Mês	Deficiência	Quantidade a mais a produzir
Jan.	47,5	$47,5/1 = 47,5$
Fev.	145,0	$145,0/2 = 72,5$
Mar.	232,5	$232,5/3 = 77,5$
Abr.	270,0	$270,0/4 = 67,5$
Maio	257,5	$257,5/5 = 51,5$
Jun.	155,0	$155,0/6 = 25,8$
Jul.	22,5	$22,5/7 = 3,2$
Ago.	0	$0/8 = 0$



# Elaboração do plano agregado

Mês	EI	P	D	EF	EM
Jan.	150	630	750	30	90
Fev.	30	630	650	10	20
Mar.	10	630	640	0	5
Abr.	0	630	590	40	20
Maio	40	630	540	130	85
Jun.	130	630	450	310	220
Jul.	310	630	420	520	415
Ago.	520	630	530	620	570

Finalizando, o plano D consiste em produzir **630 unidades/mês de janeiro a agosto, e 659 unidades/mês de setembro a dezembro.**

O estoque mínimo possível em agosto será de 620 unidades, ao contrário de zero. De setembro a dezembro, tem-se:

$$(NP)_{\text{set.}-\text{dez.}} = (D)_{\text{set.}-\text{dez.}} + (EF)_{\text{dez.}} - (EI)_{\text{set.}}$$

$$(E)_{\text{ago.}} = (EI)_{\text{set.}}$$

$$(NP)_{\text{set.}-\text{dez.}} = 3.026 + 50 - 620 = 2.636 \text{ unidades}$$

$$(P)_{\text{set.}-\text{dez.}} = 2.636 / 4 = 659 \text{ unidades/mês}$$

Mês	EI	P	D	EF	EM
Set.	620	659	600	679	649,5
Out.	679	659	790	548	613,5
Nov.	548	659	860	347	447,5
Dez.	347	659	956	50	198,5

# Planejamento agregado

Nos quatro exemplos de planos, todos atendem ao objetivo principal que é **satisfazer à demanda**.

**Como escolher entre um deles para ser implantado?**

O fator decisivo será o custo associado a cada um deles. De modo, geral, **quanto menos se alterar a cadência de produção a fim de ajustá-la à demanda**, maiores serão os estoques decorrentes.

A **alteração na cadência implica**, via de regra, **contratar ou demitir colaboradores**, o que também tem seus custos.

**Custo do plano** = (custo da produção) + (custo do EI) – (custo do EF) + (custo de manutenção do estoque) + (custo da variação da mão de obra) + (custo da subcontratação) + ...



# Planejamento agregado

A fim de **avaliarmos os custos dos planos analisados até o momento**, consideremos os seguintes dados:

- Custo de manutenção dos estoques = \$ 2,50/unidade mês
- Custo de admissão de um colaborador = \$ 450,00/colaborador
- Custo de demissão = \$ 950,00/colaborador
- Custo de produção em horas normais = \$ 50,00/unidade
- Custo de produção em horas extras = \$ 75,00/unidade
- Custo de subcontratar com terceiros = \$ 90,00/unidade
- Capacidade produtiva = \$ 10 unidades/homem mês

**Plano A.** Não há variação de mão de obra, nem horas extras, nem subcontratações. O custo de plano é:

	<b>Produção</b>	<b>EI</b>	<b>EF</b>	<b>EM</b>	<b>Subcont.</b>	<b>Admissão</b>	<b>Demissão</b>
	7.776	104	104	3.846	0	0	0
Custo Unit.	50	50	50	2,5	40	450	950
Custo	388.800,00	5.200,00	5.200,00	9.615,00	0,00	0,00	0,00
<b>Custo total do plano = 398.415,00 (\$/ano) ou 33.201,25 (\$/mês)</b>							

# Planejamento agregado

- Custo de manutenção dos estoques = \$ 2,50/unidade mês
- Custo de admissão de um colaborador = \$ 450,00/colaborador
- Custo de demissão = \$ 950,00/colaborador
- Custo de produção em horas normais = \$ 50,00/unidade
- Custo de produção em horas extras = \$ 75,00/unidade
- Custo de subcontratar com terceiros = \$ 90,00/unidade
- Capacidade produtiva = \$ 10 unidades/homem mês

**Plano B.** Não há variação de mão de obra, nem horas extras. O custo de plano é:

	<b>Produção</b>	<b>EI</b>	<b>EF</b>	<b>EM</b>	<b>Subcont.</b>	<b>Admissão</b>	<b>Demissão</b>
	7.200	0	0	1.940	576	0	0
Custo Unit.	50	50	50	2,5	40	450	950
Custo	360.000,00	0,00	0,00	4.850,00	23.040,00	0,00	0,00
<b>Custo total do plano = 387.890,00 (\$/ano) ou 32.324,17 (\$/mês)</b>							

# Planejamento agregado

- Custo de manutenção dos estoques = \$ 2,50/unidade mês
- Custo de admissão de um colaborador = \$ 450,00/colaborador
- Custo de demissão = \$ 950,00/colaborador
- Custo de produção em horas normais = \$ 50,00/unidade
- Custo de produção em horas extras = \$ 75,00/unidade
- Custo de subcontratar com terceiros = \$ 90,00/unidade
- Capacidade produtiva = \$ 10 unidades/homem mês

**Plano C.** Não há variação de mão de obra, nem horas extras, nem subcontratações. O custo de plano é:

	<b>Produção</b>	<b>EI</b>	<b>EF</b>	<b>EM</b>	<b>Subcont.</b>	<b>Admissão</b>	<b>Demissão</b>
	7.824	100	148	4.086	0	0	0
Custo Unit.	50	50	50	2,5	40	450	950
Custo	391.200,00	5.000,00	7.400,00	10.215,00	0,00	0,00	0,00
<b>Custo total do plano = 399.015,00 (\$/ano) ou 33.251,25 (\$/mês)</b>							



# Planejamento agregado

- Custo de manutenção dos estoques = \$ 2,50/unidade mês
- Custo de admissão de um colaborador = \$ 450,00/colaborador
- Custo de demissão = \$ 950,00/colaborador
- Custo de produção em horas normais = \$ 50,00/unidade
- Custo de produção em horas extras = \$ 75,00/unidade
- Custo de subcontratar com terceiros = \$ 90,00/unidade
- Capacidade produtiva = \$ 10 unidades/homem mês

Janeiro a agosto =  $630/10 = 63$  homens

Setembro a dezembro =  $659/10 = 66$  homens

Contratação de 3 colaboradores

**Plano D.** Há variação de mão de obra. O custo de plano é:

	<b>Produção</b>	<b>EI</b>	<b>EF</b>	<b>EM</b>	<b>Subcont.</b>	<b>Admissão</b>	<b>Demissão</b>
	7.676	150	50	3.334	0	3	0
Custo Unit.	50	50	50	2,5	40	450	950
Custo	383.800,00	7.500,00	2.500,00	8.335,00	0,00	1.350,00	0,00
<b>Custo total do plano = 398.485,00 (\$/ano) ou 33.207,08 (\$/mês)</b>							

Logo, conforme analisado, o **plano B** é o que representa o menor custo mensal médio.

# Atividades

1. Considere a seguinte projeção de demanda para um período de seis meses de uma família de produtos da empresa ABC.

Mês	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Demanda (unidades)	800	900	1.000	700	600	550

Sabendo-se que o estoque fim de junho é de 150 unidades, determinar:

- As necessidades de produção (NP) para um estoque final desejado de 250 unidades em fins de dezembro.
- Construir um gráfico do perfil de demanda.
- Calcular a cadência de produção constante (unid./mês) e os estoques no fim de cada mês. Caso surja “estoque negativo”, defina pelo menos três alternativas para solucionar a questão.
- Recalcular os estoques no fim de cada mês para cada uma das estratégias sugeridas no item c acima.