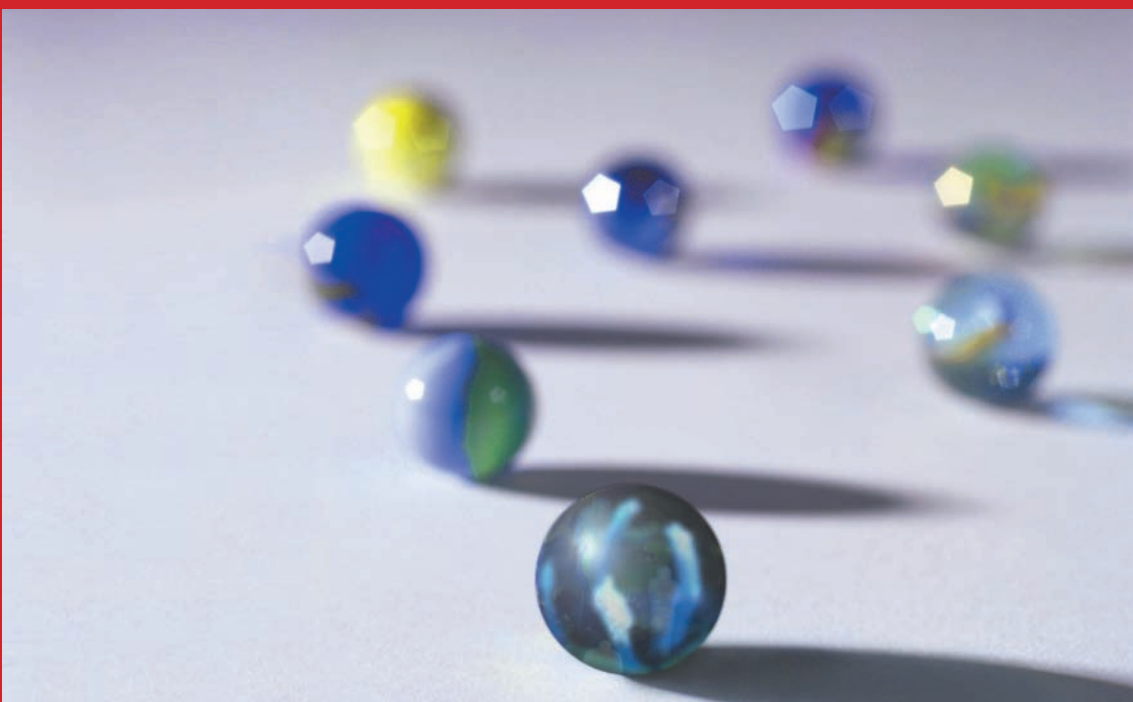


João Veríssimo Lisboa
Carlos Ferreira Gomes

GESTÃO DE OPERAÇÕES

3ª EDIÇÃO
REVISTA E ATUALIZADA



VidaEconómica

Índice Geral

NOTA PRÉVIA.....	7
PREFÁCIO	9
CAPÍTULO I – Introdução	11
CAPÍTULO II – A previsão da procura	53
CAPÍTULO III – Planeamento agregado da produção	107
CAPÍTULO IV – Gestão de <i>stocks</i>	171
CAPÍTULO V – MRP (<i>Materials Requirement Planning</i>)	271
CAPÍTULO VI – Escalonamento da produção	299
CAPÍTULO VII – Planeamento e controlo de projectos.....	329
CAPÍTULO VIII – Controlo estatístico de qualidade	373
CAPÍTULO IX – Métodos de Taguchi	425
CAPÍTULO X – Filas de espera	491
CAPÍTULO XI – Introdução à programação linear e ao problema dos transportes	529
APÊNDICES	593
ANEXOS	621
ÍNDICE SISTEMÁTICO	653

Nota prévia

A gestão operacional das organizações tem vindo a ser cada vez mais alvo de atenção por parte dos responsáveis pelo planeamento e controlo dos processos de produção. Com o aumento da competitividade, aquilo que era a gestão rotineira da área da produção tornou-se um subsistema dinâmico, com uma procura constante por uma maior eficiência, de modo a responder às sucessivas alterações do mercado.

Os autores deste livro, tendo sido os responsáveis pelo ensino destas matérias na FEUC desde o início do lançamento da licenciatura em Gestão, têm percorrido um caminho conjunto que também se traduziu pela evolução dos conhecimentos teóricos e práticos nesta área de conhecimento, tanto através da investigação como no processo de ensino aos alunos da licenciatura e pós-graduação.

Este é um livro de características essencialmente pedagógicas, pelo que o seu público-alvo serão não só os alunos que frequentam disciplinas denominadas por gestão das operações, gestão da produção ou gestão industrial mas também em algumas unidades curriculares das licenciaturas em engenharia. No entanto, dada a natureza prática do seu conteúdo, também poderá ser um instrumento útil para os responsáveis pela gestão operacional das organizações.

Sendo um livro de natureza pedagógica, é uma obra inacabada, cujos autores vão aperfeiçoando à medida da pertinência dos assuntos a tratar. É uma obra que recebeu um impulso inicial quando os seus autores acharam que tinham acumulado experiência pedagógica suficiente para fazer a primeira edição e partilhá-la com o público, conscientes que é incompleta e à qual iriam, naturalmente, ser aponta-

dos defeitos. É uma obra que procura aperfeiçoar-se continuamente, tendo como objetivo principal a excelência pedagógica no ensino.

Nesta terceira edição, além de corrigirmos os conteúdos das edições anteriores, decidimos acrescentar dois novos capítulos, ambos de carácter introdutório, sendo um dedicado às filas de espera e outro à programação linear e ao problema dos transportes. Embora sejam matérias usualmente tratadas nos textos de investigação operacional, decidimos incluí-las nesta 3ª edição, por acharmos que não só complementam os assuntos abordados nos restantes capítulos como também acrescentam matérias com interesse para a resolução de problemas de planeamento da produção. À semelhança das edições anteriores, no final de cada capítulo são apresentados um conjunto de exercícios práticos para permitir aos alunos testarem os conhecimentos adquiridos.

Nesta nota introdutória, gostaríamos de deixar uma palavra de agradecimento a um conjunto de entidades que tornaram possível este livro, nomeadamente, a Universidade de Clemson (EUA), a Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, o Instituto de Sistemas e Robótica – Pólo de Coimbra, a Universidade da Beira Interior e a Fundação Luso-Americana. Uma palavra também de agradecimento à Editora Vida Económica, por nos ter aberto a possibilidade da publicação desta obra e doutros textos que temos vindo a publicar.

Finalmente, queremos também agradecer ao Prof. Doutor Fernando de Jesus, por nos ter dado a honra de prefaciar este livro.

Esperamos que esta nova edição continue a ter o nível de aceitação que obtiveram as anteriores e contamos com o público, especialmente os nossos alunos, para continuar a aperfeiçoar esta obra pedagógica.

Os autores

João Veríssimo Lisboa

Carlos Ferreira Gomes

Prefácio

Os autores do livro *Gestão de Operações* convidaram-me para o prefaciá-lo, possivelmente atendendo à minha experiência de docente universitário em escolas de gestão e ao facto especial de o Prof. João Lisboa, amigo de longa data, ter sido meu discípulo e, mais tarde, colaborador nas lides do ensino superior. Foi um convite simpático, aceite com prazer.

Gestão de Operações vem preencher importante lacuna na literatura científica nacional, no domínio da gestão. É um excelente livro de texto para a disciplina de Gestão de Operações, incluída em grande parte dos planos de estudos das licenciaturas e em cursos de pós-graduação em gestão e engenharia. Este facto confere-lhe indiscutível interesse para os estudantes e docentes daqueles cursos e também, o que é importante, para os técnicos de gestão que exercem atividade nos diversos tipos de organizações e pretendem manter-se atualizados relativamente à evolução acelerada dos conhecimentos.

O carácter pedagógico do livro está implícito no capítulo introdutório, onde se explica o sentido do termo “gestão de operações”, que substitui com vantagens as designações clássicas “gestão de produção” e “gestão industrial”. Outra particularidade relevante é o conjunto de exercícios de aplicação existente no final de cada um dos capítulos, o que permite ao leitor testar os conhecimentos adquiridos.

A inclusão de vasta bibliografia e de tabelas estatísticas reforça o interesse desta obra, em que a utilização de modelos matemáticos ilustra a importância da matemática na gestão científica. O livro evidencia estreitas conexões com matérias de

estatística e de investigação operacional, demonstrando também a relevância da abordagem transdisciplinar dos problemas de gestão das organizações.

Os colegas da Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, Professores João Lisboa e Carlos Gomes, realizaram trabalho meritório cuja qualidade e oportunidade lhe asseguram sucesso.

Considero que *Gestão de Operações* é uma obra de natureza didáctica, útil para a sociedade atual, em que o processo de ensino-aprendizagem, além de extravasar o âmbito das instituições educativas, se estende ao longo da vida dos membros da comunidade.

Fernando de Jesus
Professor Catedrático do ISEG (UTL)
Junho de 2018

CAPÍTULO I

Introdução

I – Introdução

1.1 – O que é a gestão de operações

Até meados do século XX o tecido empresarial foi dominado pelas organizações de natureza produtiva, isto é, empresas cujo objetivo era apenas a transformação de matérias-primas ou produtos num bem final que seria vendido a outras empresas que, por sua vez, transformariam novamente o produto ou o fariam chegar ao consumidor final. A gestão operacional destas empresas centrava-se pois quase exclusivamente nos seus recursos produtivos, que asseguravam a criação do valor acrescentado, uma vez que a preocupação fundamental era atingir elevados níveis de fiabilidade e eficiência, permitindo obter aquilo que nessa altura era a principal vantagem competitiva: o baixo custo. Era pois habitual traduzir o termo anglo-saxónico *Operations Management*, que reflete a gestão operacional das organizações, por “Gestão da Produção”.

Entretanto, como resultado do desenvolvimento do setor terciário e mais recentemente com o fenómeno da globalização, a competitividade aumentou drasticamente, e as organizações, num rápido processo de adaptação, transformaram-se radicalmente. Neste caminho de adaptação as empresas transformadoras passaram a valorizar não só os processos produtivos, mas também outras áreas funcionais complementares, determinantes do seu sucesso, nomeadamente a área de *marketing* e as de investigação e desenvolvimento, passando assim a conter uma maior componente de “serviços”.

Também o próprio tecido empresarial se transformou de forma radical, passando os serviços a ter um papel preponderante no conjunto das atividades económicas. Na generalidade das economias dos países desenvolvidos, passou a assistir-se a um acréscimo da importância da população ativa empregue no setor de serviços, em detrimento da empregada no setor industrial.

Verificou-se, assim, uma natural transferência de conhecimentos de gestão das empresas de natureza produtiva para as empresas com componentes de serviços.

É, pois, com naturalidade que se tem assistido ao abandono da nomenclatura “Gestão da Produção” como tradução de *Operations Management*, em favor de “Gestão de Operações”, que reflete uma abordagem mais abrangente da gestão operacional das organizações, seja qual for a sua natureza. Aliás, é interessante verificar que, mesmo assumindo a existência de diferenças na gestão entre as organizações com e sem fins lucrativos, estas não são identificadas pela gestão das suas operações. Talvez a única diferença na gestão operacional das organizações sem fins lucrativos seja a sua complexidade, uma vez que não só as variáveis de natureza política e social assumem um maior peso mas também as decisões são habitualmente tomadas no âmbito de conflito de objetivos económico-sociais.

O objetivo fundamental da gestão de operações é garantir a transformação eficaz de recursos (*inputs*) em produtos ou serviços (*outputs*). Por isso, seja qual for o tipo de organização, as decisões a tomar neste âmbito são semelhantes e dizem respeito à forma como os produtos ou serviços irão ser produzidos, nomeadamente no que respeita ao planeamento das atividades, à utilização eficaz dos recursos e à seleção dos indicadores a utilizar na monitorização da *performance* organizacional.

Num âmbito tão abrangente como este, é habitual que os livros de gestão de operações também o sejam relativamente às matérias que apresentam. Dada a variedade de matérias, é também habitual esses livros estarem organizados em diversas partes relacionadas com o tipo de temas que englobam. Independentemente de temas mais específicos que caracterizam as preferências dos autores, existem dois que são comuns à maioria dos livros:

- As questões de natureza estrutural e estratégica, nomeadamente aquelas que estão relacionadas com o produto/serviço,

O objetivo fundamental da gestão de operações é garantir a transformação eficaz de recursos (inputs) em produtos ou serviços (outputs).

o seu processo de produção, o tipo de *layout* a utilizar, as especificidades do posto de trabalho, ou ainda a localização física das instalações.

- As questões relacionadas com o planeamento e controlo das atividades diárias da organização, nomeadamente aquelas que estão relacionadas com a utilização eficaz dos recursos produtivos, com o controlo da qualidade, ou ainda com o acompanhamento de projectos.

Ao escrever este livro, decidiu-se tratar as áreas que se incluem no segundo tema, isto é, as que dizem respeito ao planeamento e ao controlo das atividades produtivas. Esta escolha resultou do facto de ser esta a matéria habitualmente lecionada nas disciplinas denominadas por *gestão de operações*, *gestão de produção* ou *gestão industrial*, incluídas não só nos planos curriculares das licenciaturas e dos cursos de pós-graduação em gestão, mas também nas licenciaturas em engenharia.

O livro está organizado em onze capítulos, incluindo ainda um conjunto de apêndices onde se apresentam demonstrações matemáticas de alguns dos modelos e também referências bibliográficas de livros e artigos que serviram de base ao texto. Nesta lista de bibliografia o leitor poderá aprofundar alguns dos temas apresentados. Inclui-se ainda, em anexo, um conjunto de tabelas indispensáveis à aplicação das matérias apresentadas e utilizadas na resolução de exemplos e problemas colocados no final de cada capítulo.

Neste primeiro capítulo é apresentada uma introdução à temática da gestão de operações, incluindo a evolução histórica da gestão, de forma a dar a conhecer as transformações que se verificaram nas organizações desde os finais do século XIX até à atualidade e a perceber-se como as empresas se foram adaptando às sucessivas realidades sociais.

O segundo capítulo trata um dos temas ao qual, porventura, as empresas menos dedicam a sua atenção, mas cuja influência no sucesso dessa organizações é indiscutível: a previsão da procura. Trata-se de

ÍNDICE SISTEMÁTICO

Índice Sistemático

ÍNDICE GERAL.....	5
NOTA PRÉVIA	7
PREFÁCIO.....	9

CAPÍTULO I – Introdução

1.1 – O que é a gestão de operações	13
1.2 – Evolução histórica	18
A gestão científica	18
O movimento das relações humanas.....	20
A introdução de metodologias quantitativas.....	22
O movimento neo-humanista.....	25
<i>O Just In Time</i>	27
A Gestão pela Qualidade Total.....	28
1.3 – Estratégia de competitividade.....	34
Os principais fatores de competitividade.....	34
A estratégia.....	37
A medição de performance	42
1.4 – Exercícios de aplicação	52

CAPÍTULO II – A previsão da procura

2.1 – As características da procura e o processo de previsão	55
2.2 – Modelos de previsão com base em técnicas qualitativas..	64
O Método de Delphi	64
A pesquisa de mercado	65
A informação dos vendedores	66

2.3 – Modelos de previsão com base em técnicas quantitativas	66
A previsão com base no valor da procura anterior	66
Modelos baseados na média dos valores históricos da procura.....	68
O Modelo de Alisamento Exponencial Simples.....	71
O Modelo de Holt.....	74
O Modelo de Duplo Alisamento Exponencial	77
O cálculo de índices de sazonalidade.....	81
A eliminação da tendência.....	84
O Modelo de Holt para séries com sazonalidade.....	87
O Modelo de Winter	91
Modelos com base no Método dos Mínimos Quadrados	95
2.4 – Exercícios de aplicação.....	103
 CAPÍTULO III – Planeamento agregado da produção	
3.1 – As características do processo de planeamento.....	111
3.2 – Técnicas de planeamento agregado da produção	117
Ajustamento produção/procura com recurso a mão de obra extraordinária ou tempos mortos	118
Ajustamento produção/procura com recurso a despedimento ou contratação	120
Ajustamento produção/procura com recurso à variação das existências	121
Ajustamento produção/procura com recurso as estratégias mistas.....	123
3.3 – Modelos de planeamento agregado de produção	127
A regra de decisão linear	128

Uma aplicação da regra de decisão linear	130
O modelo de Transporte de Bowman	132
O modelo de Programação por Objetivos.....	149
A regra de decisão linear com mão de obra constante	150
Um modelo que utiliza programação linear inteira mista multicritério	154
O modelo heurístico de Vergin.....	155
A regra de decisão por busca	156
O planeamento paramétrico de produção.....	157
O modelo heurístico dos níveis de produção	160
O modelo de decisão simultânea para produção, marketing e finanças	161
3.4 – Exercícios de aplicação	165

CAPÍTULO IV – Gestão de *stocks*

4.1 – Características dos <i>stocks</i>	175
4.2 – A classificação ABC.....	179
Curva ABC com base nos consumos	183
Curva ABC com base nas existências em armazém.....	185
Outras considerações acerca da classificação ABC	186
4.3 – Modelos de aprovisionamento com procura contínua	188
O modelo do lote económico com reposição instantânea...	188
O modelo do lote económico com reposição instantânea e descontos de quantidade	191
O modelo de lote económico com reposição contínua de <i>stock</i>	194
O modelo de lote económico com reposição instantânea, admitindo rupturas de <i>stock</i>	198

O modelo do lote económico com reposição contínua, admitindo-se rupturas de <i>stock</i>	204
4.4 – Modelos de aprovisionamento com procura discreta	209
O modelo do “lote por lote”	210
A encomenda periódica	212
O algoritmo Silver-Meal	213
O algoritmo da qualidade periódica ajustada.....	217
O algoritmo IPPA com descontos de quantidade.....	220
O algoritmo de Wagner-Within	223
4.5 – Modelos multiproduto.....	232
Modelo multiproduto de reposição instantânea com aprovisionamento independente e limitações na capacidade de armazenamento.....	233
Modelo multiproduto de reposição instantânea com aprovisionamento independente	237
4.6 – <i>Stock</i> de segurança.....	240
Período de reposição constante com procura diária aleatória	243
Período de reposição aleatório e procura diária constante.....	244
Procura e período de reposição aleatórios.....	245
4.7 – O processo de compras.....	247
4.8 – O <i>Just In Time</i>	253
O nivelamento da produção	254
O <i>Kanban</i>	257
4.9 – Exercícios de aplicação	262

CAPÍTULO V – MRP (*Materials Requirement Planning*)

5.1 – A estrutura do MRP	274
<i>Input</i>	274
<i>Output</i>	278
Tipos de MRP	279
5.2 – O funcionamento do MRP.....	281
5.3 – A evolução do MRP.....	291
5.4 – Exercícios de aplicação	294

CAPÍTULO VI – Escalonamento da produção

6.1 – Fatores que influenciam o escalonamento da produção.....	301
6.2 – Algoritmos específicos de escalonamento	307
Fluxo de fabrico com apenas uma máquina.....	308
Fluxo de fabrico com apenas duas máquinas.....	313
Fluxo de fabrico com apenas três máquinas.....	319
Fluxo de fabrico com qualquer número de máquinas	322
6.3 – Exercícios de aplicação	325

CAPÍTULO VII – Planeamento e controlo de projectos

7.1 – Características e condicionantes de um projecto.....	332
7.2 – Técnicas de planeamento e controlo.....	335
A construção da rede de um projecto.....	336
A determinação do caminho crítico	338
O CPM	346
O PERT	357
7.3 – Exercícios de aplicação	364

CAPÍTULO VIII – Controlo estatístico de qualidade

8.1 – Gráficos de controlo de qualidade	376
Gráficos de controlo para observações quantitativas.....	377
Gráficos de controlo para variáveis qualitativas	383
Análise dos gráficos de controlo.....	394
8.2 – Capacidade de um processo	397
8.3 – Controlo por amostragem.....	400
O risco do produtor e o risco do consumidor.....	400
A curva característica operacional.....	401
A qualidade média resultante	406
Planos de amostragem simples.....	411
Planos de amostragem dupla.....	412
8.4 – Exercícios de aplicação	416

CAPÍTULO IX – Métodos de Taguchi

9.1 – Experiências simples e aleatórias.....	430
9.2 – Testes das médias de Newman-Keuls	437
9.3 – Experiências simples aleatórias com blocos	440
9.4 – Experiências aleatórias com mais de um fator	447
O modelo de análise das experiências	453
Experiências com dois fatores.....	459
Experiências com dois fatores e apenas uma observação por célula	463
Experiências com três fatores.....	463
9.5 – Experiências com dois níveis por fator	466
Experiências com dois fatores a dois níveis	467
Método de Yates.....	475

Experiências com três fatores a dois níveis	477
Experiências para qualquer número de fatores a dois níveis	481
9.6 – Exercícios de aplicação	482

CAPÍTULO X – Filas de espera

10.1 - Filas de espera	493
Inputs para a análise das filas de espera	494
Pressupostos das filas de espera.....	495
A origem das unidades no sistema.....	495
A função de distribuição de chegada dos clientes ao sistema	496
A disciplina da fila de espera.....	496
O número de estações de serviço.....	497
O número máximo de unidades permitidas na fila.....	497
A distribuição de saída das unidades do sistema	498
10.2 - Notação a utilizar e relações entre as características do sistema	492
10.3 - Modelos de filas de espera.....	501
Modelo com um servidor e sem lugares na fila de espera (m/m/1).....	502
Modelo com um servidor e um número ilimitado de lugares na fila de espera (m/m/1:fcfs/∞/∞).....	505
Modelo com mais de um servidor e um número ilimitado de lugares na fila de espera (m/m/c:fcfs/∞/∞).....	511
Modelo com mais de um servidor e um número limitado de lugares na fila de espera (m/m/c:fcfs/z/∞).....	519
10.4 - Exercícios.....	527

CAPÍTULO XI – Introdução à programação linear e ao problema dos transportes

11.1 - O método do simplex	531
11.1.1 - Considerações gerais.....	531
11.1.2 - A resolução gráfica.....	534
11.1.3 - O algoritmo do Simplex	538
11.1.4 - Valor de Z ilimitado	551
11.1.5 - Valor de Z finito e conjunto de soluções admissíveis ilimitado	553
11.1.6 - Soluções múltiplas	555
11.2 - O método das duas fases.....	558
11.3 - O problema dos transportes	562
11.3.1 - Considerações gerais.....	562
11.3.2 - A estandardização do problema dos transportes..	562
11.3.3 - A determinação da solução básica inicial	568
11.3.4 - A determinação da solução óptima. O método de Stepping Stone.....	568
11.3.5 - O método de custo mínimo.....	571
11.3.6 - O método de Vogel.....	573
11.4 O problema da afetação.....	579
11.4.1 Algoritmo Húngaro (para um problema de minimização com “p” origens e “p” destinos) ..	580
11.4.2 Algoritmo Húngaro: para um problema de maximização	583
11.4.3 Matriz não quadrada	585
11.5 Exercícios de aplicação	588

APÊNDICES

Apêndice A – Derivação do lote económico com procura instantânea e rupturas de <i>stock</i>	595
Apêndice B – Derivação das fórmulas relativas aos modelos de <i>stock</i> de segurança	598
Apêndice C – Distribuições estatísticas.....	600
Apêndice D – Referências bibliográficas	613

ANEXOS

Anexo A – Distribuição normal estandardizada	623
Anexo B – Distribuição binominal	625
Anexo C – Distribuição de Poisson	630
Anexo D – Parâmetros necessários ao cálculo de gráficos de controlo.....	632
Anexo E – Parâmetros necessários à definição de planos de amostragem simples	633
Anexo F – Amostragem simples para limite da qualidade média resultante igual a 2%.....	635
Anexo G – Parâmetros necessários à definição de planos de amostragem duplo.....	637
Anexo H – Distribuição de t-student	639
Anexo I – Distribuição de F	641
Anexo J – Diferenças significativas de Student	648

[illegible]

GESTÃO DE OPERAÇÕES

3ª EDIÇÃO

REVISTA E ATUALIZADA

Nesta obra são tratadas as áreas que dizem respeito à utilização eficaz dos recursos produtivos, nomeadamente as questões relacionadas com o planeamento da produção, gestão dos stocks e o controlo da qualidade entre outras, acrescentando-se nesta edição um capítulo introdutório à programação linear e ao problema dos transportes, como suporte teórico dos temas abordados noutros capítulos.

Visite-nos em
livraria.vidaeconomica.pt

www.vidaeconomica.pt

