

PESQUISA OPERACIONAL I

– INTRODUÇÃO

Regra do Jogo

1-2

Provas

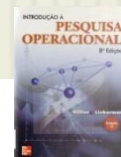
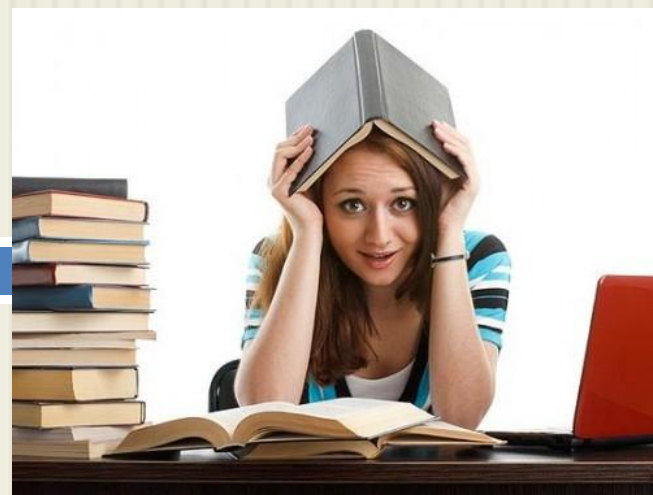
1ª Prova: 12 ou 14 de maio

2ª Prova: 16 ou 18 de junho

Substitutiva: 23 ou 25 de junho

MAN

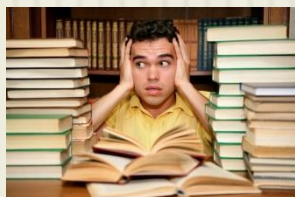
ADM



Bibliografia

Hillier, F. S., Lieberman, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**, McGraw-Hill, 2006

Lachtermacher, G. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões**, Campus, 2004

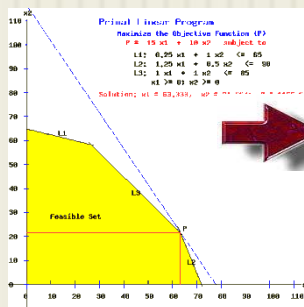


Média

P = Média das Provas

T = Média dos Testes

Média = $0.7 * P + 0.3 * T$



Capítulo 1

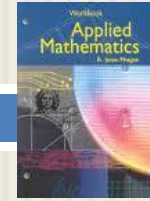


po1fearp@gmail.com

Pesquisa Operacional



1-3



**Uso da matemática e da computação
para a tomada de decisão**

Otimização



 **Programação da Produção**



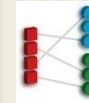
 **Problemas de Finanças e Investimentos**



 **Problemas de Localização**



 **Problemas de Designação**

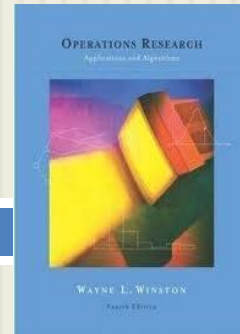


 **Logística e Distribuição**





Pesquisa Operacional



1-4



1) II Guerra Mundial



2) Idade de Ouro – anos 50 e 60



3) Crise e Declínio



- ## 4) Retomada
- bom uso de recursos escassos
 - competitividade

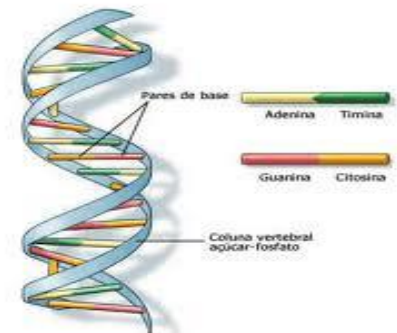




Pesquisa Operacional

1-5

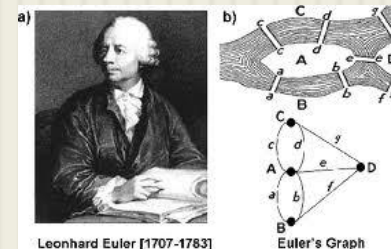
Modelo Matemático



A aplicação de Pesquisa Operacional começa a partir da construção de um **modelo** para o problema

Exemplos de modelo:

- uma equação
- um desenho
- um conjunto de equações e um objetivo



Pesquisa Operacional

1-6

Problema Real

Modelo

Solução

Uma companhia pode fabricar 2 produtos (**P1** e **P2**) a partir de 2 matérias primas (**A** e **B**) cujas disponibilidades máximas são respectivamente **12** e **8**. Para produzir **P1** utiliza-se **2** unidades de cada uma das matérias primas e **1** unidade de mão de obra. Para produzir **P2** utiliza-se **3** unidades de **A**, **1** unidade de **B** e **1** unidade de mão de obra. O produto **P1** fornece um lucro unitário de **\$2** e o produto **P2** um lucro unitário de **\$3**. A agência financiadora exige a absorção de um mínimo de **5** unidades de mão de obra. **O que fazer?**

Variáveis

x_1 = quantidade **P1**
 x_2 = quantidade **P2**

Função-objetivo

$\max f = 2 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2$

Restrições

$2 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 \leq 12$

$2 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 \leq 8$

$1 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 \geq 5$

$x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0$

A

B

MO

$x_1 = 3$
 $x_2 = 2$
 $f = \$12$

Capítulo 1

Pesquisa Operacional

SOFTWARES



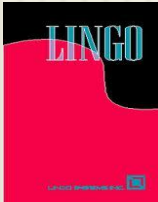
1-7



1) Planilhas de Cálculo – **Excel SOLVER**



2) Softwares de Otimização



— **LINGO** (Lindo Systems)

— **CPLEX** (Microsoft) – prêmio 2004



Problema do Fazendeiro

O PROBLEMA

1-8

Um fazendeiro precisa decidir quantos hectares plantar de milho e arroz. Para cada hectare de milho plantado recebe lucro de **\$5** e para o arroz **\$2**. Por razões técnicas a área de milho não pode exceder **3 hectares** e a de arroz não deve ser maior que **4 hectares**. O milho necessita do cuidado de **1 pessoa** por hectare e o arroz de **2 pessoas**. O número total de pessoas disponíveis é **9**. Qual deve ser a decisão do fazendeiro para obter lucro máximo?



Problema do Fazendeiro

O MODELO

1-9

Variáveis

x_i = área com milho, arroz

Função-objetivo

$\max f = 5 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2$

Restrições

$x_1 \leq 3$

$x_2 \leq 4$

$x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 9$

$x_i \geq 0$

Lucro

Área de milho

Área de arroz

Mão de obra

Restrições físicas



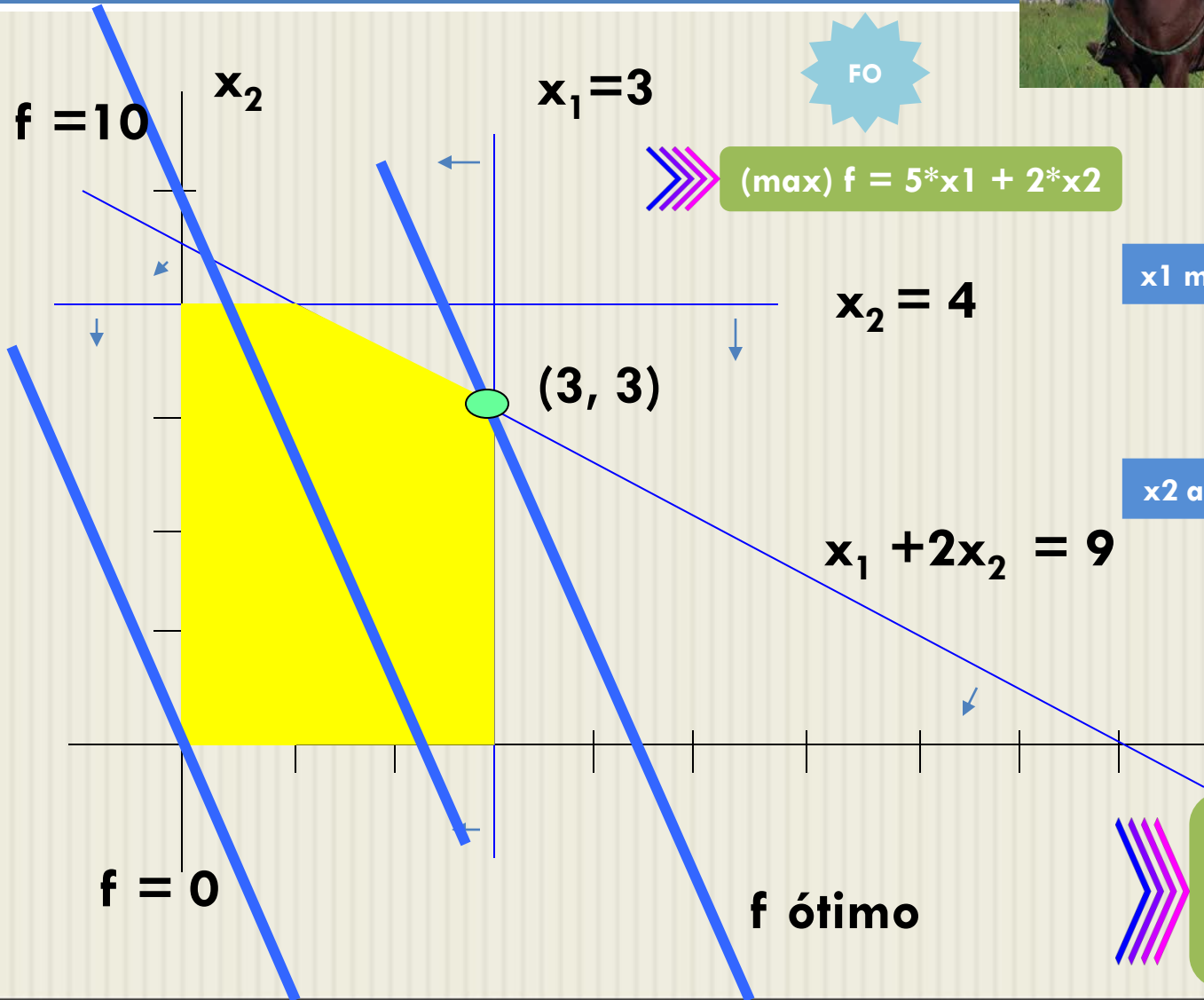


Problema do Fazendeiro

SOLUÇÃO GRÁFICA



1-10



FO

$(\max) f = 5 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2$

x1 milho



x2 arroz



R

$x_1 \leq 3$
 $x_2 \leq 4$
 $x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 9$
 $x_i \geq 0$

f ótimo

Problema do Fazendeiro

SOLUÇÃO EXCEL & LINGO



1-11

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Variáveis						
3	x1	x2					
4		3	3				
5							
6	Função-objetivo						
7		5	2	21			
8							
9	Restrições						
10		1		3		3	
11			1	3		4	
12		1	2	9		9	
13							



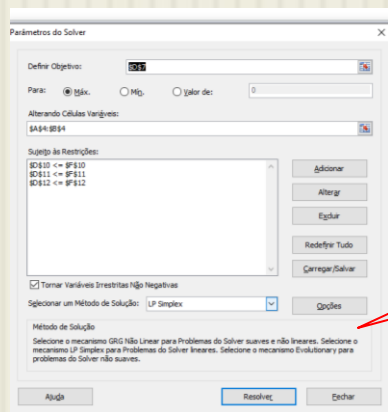
Lindo
Systems -
LINGO



```

Lingo 14.0 - Solution Report - Lingo1
File Edit LINGO Window Help

Model - Lingo1
max = 5*x1 + 2*x2;
x1 <= 3;
x2 <= 4;
x1 + 2*x2 <= 9;
x1 >= 0;
x2 >= 0;
end
    
```



Microsoft-
Excel-
SOLVER



```

Objective value:                21.00000
Infeasibilities:                  0.000000
Total solver iterations:         1
Elapsed runtime seconds:         0.06

Model Class:                      LP

Total variables:                  2
Nonlinear variables:              0
Integer variables:                0

Total constraints:                6
Nonlinear constraints:            0

Total nonzeros:                  8
Nonlinear nonzeros:              0

Variable      Value
X1             3.000000
X2             3.000000
    
```

Problema do Fazendeiro

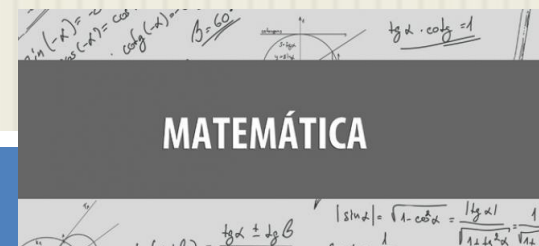
SOLUÇÃO SIMPLEX

1-12

Base

Pivô

	x1	x2	x3	x4	x5	
	5	2	0	0	0	f
x3	1	0	1	0	0	3
x4	0	1	0	1	0	4
x5	1	2	0	0	1	9
	0	2	-5	0	0	f-15
x1	1	0	1	0	0	3
x4	0	1	0	1	0	4
x5	0	2	-1	0	1	6
	0	0	-4	0	-1	f-21
x1	1	0	1	0	0	3
x4	0	0	0.5	1	-0.5	1
x2	0	1	-0.5	0	0.5	3



Pesquisa Operacional

TÉCNICAS

1-13

Técnicas

1) Programação Linear em Números Reais

2) Programação Linear em Números Inteiros

3) Programação Não Linear

4) Programação Dinâmica

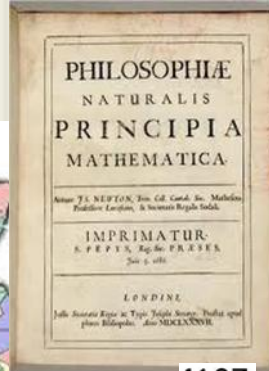
5) Programação Multiobjetivo

6) Heurísticas e Metaheurísticas

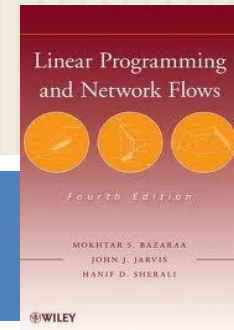
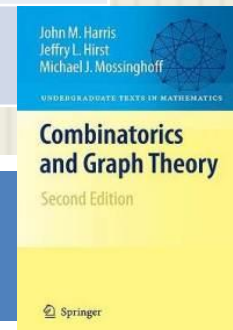
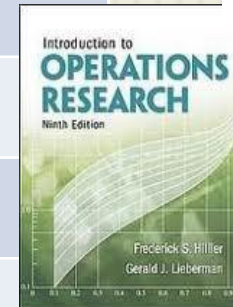
7) Teoria dos Grafos

Programação Linear

Programação Inteira



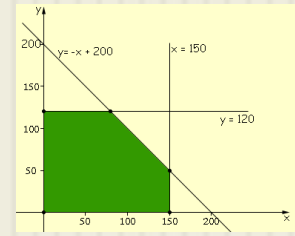
1687



Capítulo 1



Programação Linear



1-14

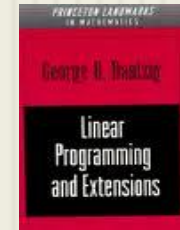
Resolução de problemas com função-objetivo linear e restrições lineares

1) Método **SIMPLEX** NP



PO Stanford

Dantzig (1914 – 2005)



2) Método dos elipsóides $O(n^4 L)$



CC Rutgers

Khachiyan (1952 – 2005)

3) Método dos pontos interiores $O(n^{3.5} L)$



CC Bell Lab

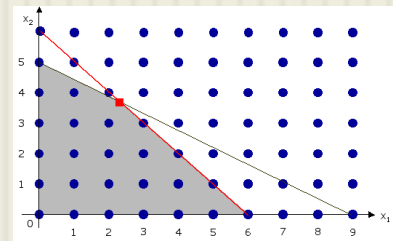
Karmarkar (1957 –)



Capítulo 1



Programação Inteira



1-15

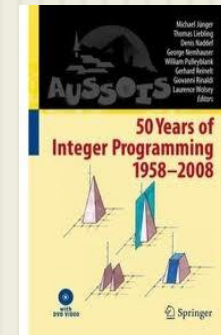
Resolução de problemas com função-objetivo linear e restrições lineares

1) Planos de Corte



CC IBM

Gomory (1929 –)



2) Branch and Bound, Branch and Cut, Branch and Price

3) Enumeração Implícita (0/1)



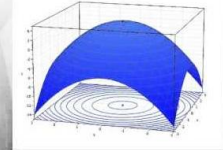
Capítulo 1



Administração
Carnegie Mellon

Balas (1922 –)





Programação Não Linear



1-16

Resolução de problemas com função-objetivo e/ou restrições não lineares

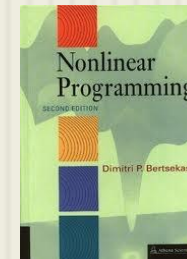
- 1) **Gradiente reduzido, projetado, conjugado** (programas convexos)
- 2) **Branch and Bound** (não convexos)

DAVID G. LUENBERGER
Linear and Nonlinear Programming
SECOND EDITION



Luenberger (1937 –)

Administração
Stanford



Bertsekas (1942 –)

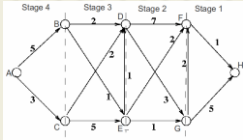
EE MIT

informs 1997

Otimalidade: Kuhn-Tucker ou Karush-Kuhn-Tucker



Capítulo 1



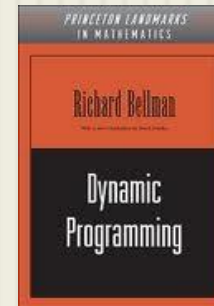
Programação Dinâmica



1-17

Resolução de problemas que podem ser decompostos em estágios, estados e decisões elementares

- Caminho Mínimo
- Investimento

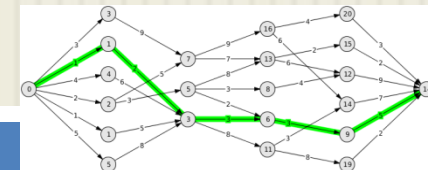


Bellman (1920 – 1984)

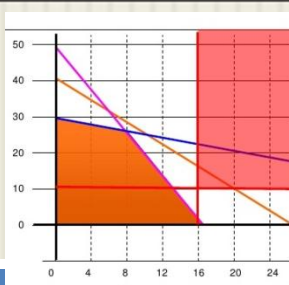
MA, California

Princípio da Otimalidade de Bellman

- Equação de Transição de Estado
- Forward & Backward & Imbedding
- Recuperação da Trajetória



Capítulo 1



Programação Multiobjetivo



1-18

Resolução de problemas com dois ou mais objetivos conflitantes

- Minimizar custo e maximizar conforto (ônibus)
- Minimizar peso e maximizar potência (peça)

1) Substituir todas as funções-objetivo pela média ponderada

2) Goal Programming

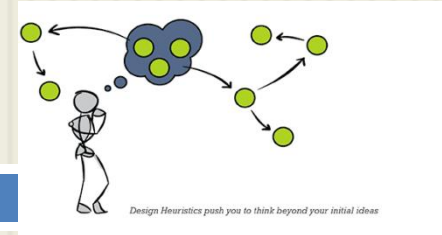
Decisão: Pareto



Pareto (1848 – 1923)



Heurísticas



1-19

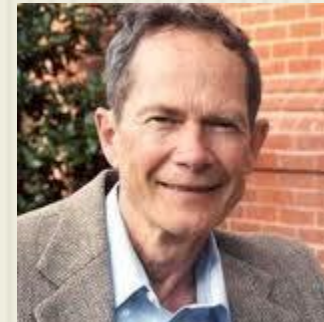
- **Decisão com base no bom senso e experiência**
- **Busca de ótimos locais**

1) **Simulated annealing**

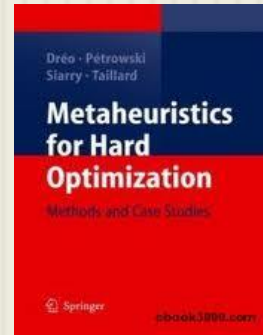
2) **Busca Tabu**

Metaheurísticas

3) **Heurística Greedy (gulosa)**
— Teoria dos matróides



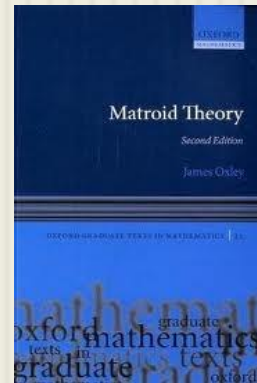
Glover (1937 –)



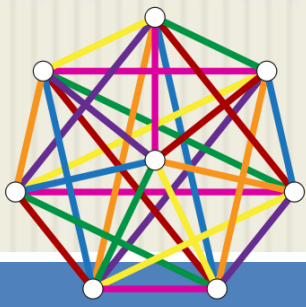
CC Colorado



MA Harvard



Whitney (1907 – 1989)



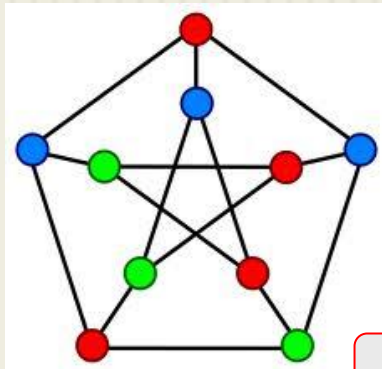
Teoria dos Grafos



1-20

Problemas de Redes

Estudo de estruturas matemáticas que modelam relações entre os pares de objetos de uma coleção



Problemas

$G(V, A)$

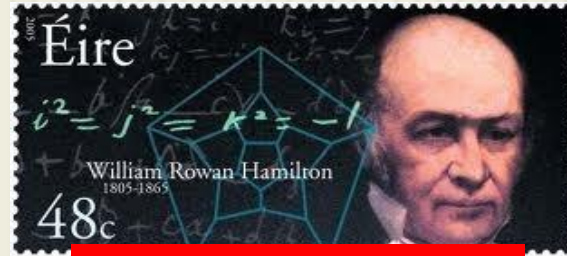
$V =$ Vértices

$A =$ Arestas

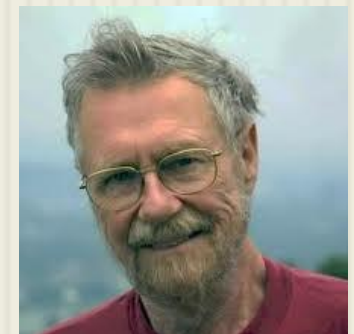


Euler (1707 – 1783)

- Caixeiro viajante
- Carteiro chinês
- Caminho mínimo
- Coloração



Hamilton (1805 – 1865)



Dijkstra (1930 – 2002)

Capítulo 1



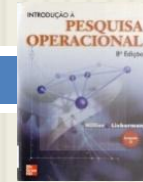
Pesquisa Operacional

LIVROS

1-21



Hillier, F. S., Lieberman, G. J. Introdução à Pesquisa Operacional, McGraw-Hill, 2006



Lachtermacher, G. Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões, Campus, 2004



Puccini, A. L. Introdução à Pesquisa Operacional, Livros Técnicos, 1980



Ramalhete, M., Guerreiro, J., Magalhães, A. Programação Linear, McGraw-Hill, 1984



Wagner, H. M. Pesquisa Operacional, Prentice Hall, 1986



Capítulo 1



Pesquisa Operacional

REVISTAS



1-22

Periódico	Editora	Fator de Impacto
0025-1909 Management Science	INFORMS	2.227
0305-0548 Computers & Operations Research	Elsevier	2.116
0377-2217 European Journal of Operational Research	Elsevier	2.093
0925-5273 International Journal of Production Economics	Elsevier	2.068
0030-364X Operations Research	INFORMS	1.576
0360-8352 Computers & Industrial Engineering	Elsevier	1.491
0160-5682 Journal of the Operational Research Society	Palgrave	1.009
0956-5515 Journal of Intelligent Manufacturing	Springer	0.938
0020-7543 International Journal of Production Research	Taylor & Francis	0.803

Fator de Impacto = citações recebidas / artigos publicados (2 anos)

JCR

