

Decisões de localização dentro na cadeia logística

Daniel Hernando Herrera Prieto (UTFPR) danielher_01@hotmail.com

Leidy Nataly Leon Torres (UPTC) natik.23@hotmail.com

Joao Luiz Kovaleski (UTFPR) kovaleski@utfpr.edu.br

Adriano Mesquita Soares adrianosoares711@hotmail.com

Joao Hugo Martins Trovão hugo_868@hotmail.com

Resumo:

O atual mundo dos negócios tem se mostrado cada vez mais competitivo obrigando os empresários a tomar decisões importantes ao longo da cadeia de logística de uma organização, Neste contexto ou presente artigo, tem como objetivo demonstrar o uso de software chamado WinQSB aplicado em minimizar os custos e aumentar os lucros para a localização de centros de distribuição, seja, indústrias, armazéns, fornecedores e outros, esta importância reside no impacto de longo prazo que tem sobre os lucros e ao cumprimento dos objetivos da empresa, neste caso, a metodologia é ilustrada por um estudo de caso aplicado na cadeia logística de produção de cerâmica.

Palavras chave: Cadeia de Suprimentos, Modelos de Localização, Logística de Transporte, Otimização.

LOGISTICS DECISIONS IN THE SUPPLY CHAIN

Abstract

The actual world of business has proven increasingly competitive forcing entrepreneurs to make important decisions along the logistics chain of an organization, this context or this article, TEM, as objective, to demonstrate the use of software called WinQSB, applied to minimize costs and increase profits for the location of distribution centers, whether industries, warehouses, suppliers and others, this importance lies in longer term impact that it has on profits and the achievement of the objectives of the company, in this case the methodology is illustrated by a case study applied in the logistics chain, ceramic production.

Key-words: supply chain, location models, logistical transport optimization.

1. Introdução

Em qualquer tipo de empresa, as decisões ao longo da cadeia de suprimentos são muito importantes para obter sucesso nas mesmas. A cadeia de suprimentos envolvem todas as áreas da empresa, sendo direta ou indiretamente. Afim de satisfazer as necessidades dos clientes (Chopra & Meindl, 2001). Onde as atividades relacionadas com a cadeia de suprimento podem classificar em quatro áreas (Garrido, 2001):

1. Localização de recursos;
2. Produção;
3. Inventário
4. Transporte-distribuição.

Uma das decisões mais difíceis para poder obter um desenho eficiente na cadeia de suprimento é onde localizar (Daskin et al., 2003) como as Fabricas de produção, os centros de distribuição, os pontos de venda e para decidir que fornecedores escolher, buscando sempre a minimizar os custos e o aumento das utilidades e a maior satisfação do cliente. A complexidade desta decisão se dá porque implica no impacto a longo prazo, onde uma decisão errada pode desencadear o fracasso, além de ser uma das principais a tomar para iniciar um projeto ou uma empresa.

Outro elo importante na cadeia de suprimentos é o transporte e a distribuição de bens e produtos, desde que você deseja minimizar todos os riscos de extravio ou danos às mercadorias transportadas que geram insatisfação dos clientes.

Um dos problemas que as empresas enfrentam é ter segurança na tomada de decisões que possam afetar o cumprimento dos seus objetivos (Daskin et al., 2003), então ao longo do artigo será apresentada uma ferramenta que facilita a decisão, quanto à qualidade da localização, este artigo foi feito através de uma metodologia de pesquisa e a apresentação de um estudo de caso que oferecem uma imagem mais clara da utilização da ferramenta WinQSB. A seção 2 mostra a importância dos modelos de localização, a seção 3 apresenta tudo à modelagem do problema da fabrica de cerâmica.

2. Modelos de localização

A importância da logística se expressa fundamentalmente em termos de tempo e lugar. Os produtos e serviços não tem valor a menos que esteja em posse do cliente, pois eles querem consumir (Chopra & Meindl, 2001).

Para Brandeau & Chiu (1989), modelos de localização procuram onde localizar qualquer um dos nós que compõem a cadeia de abastecimento, atendendo às necessidades dos clientes e reduzindo os custos para a empresa. Estes modelos são projetados para os casos específicos e cada caso é diferentes de outro, não existindo um modelo genérico para todos os modelos de localização e o mesmo modelo pode lançar várias soluções ótimas.

O objetivo de localizar instalações deve ser minimizar o custo do transporte entre os nós e o tempo de resposta ao cliente, que serão refletidos nos lucros da empresa (Daskin et al., 2003), deve-se notar que, se muitas instalações são construídas, Fabricas ou centros de distribuição que podem reduzir os custos de transporte e obter um tempo de resposta ideal, mas aumentam o custo de instalação e inventários. De acordo com Chopra e Meindl (2001), os gerentes usam modelos para projetar as instalações de rede, com o intuito de estabelecer qual lugar será construído e qual a capacidade, tendo em conta o horizonte de tempo durante o qual não nem o local, nem a capacidade mudará.

Para tomar essas decisões devem levar em conta os seguintes aspectos:

- Localização de fontes de abastecimento e mercados;
- Localização de possíveis locais de instalação;
- Previsão de demanda para o mercado;
- Os custos de instalação, mão de obra e material de local;
- Os custos de transporte entre cada par de lugar;

- Custos de inventário por local em função da quantidade;
- Preço de venda do produto em diferentes regiões;
- Os impostos e taxas;
- O tempo de resposta de outros fatores de serviço.

Uma ferramenta que toma a decisão de onde instalar os nós da cadeia de abastecimento é o programa WinQSB, que ajuda na tomada de decisão, incluindo uma variedade de módulos para cada tipo de problema, levando em conta as restrições que estão expostas em cada caso específico, minimizando os custos ou maximizando os lucros, em qualquer um dos casos, o objetivo é a otimização do processo tendo em conta as variáveis que podem intervir.

O módulo a ser utilizado no presente exemplo é de programação linear (PL) e de programação linear inteira (PLI), o que inclui os programas necessários para resolver o problema de programação linear ou gráfica usando o algoritmo Simplex, também resolver os problemas de programação linear inteira usando o método vinculado (*Filial & Bound*). A seguir, um caso mostrado no estudo de modelagem WinQSB:

Uma empresa multinacional possui depósitos de cerâmica de calcário (matéria-prima) distribuídos em três lugares no mundo A, B e C, também tem quatro fábricas onde calcário é convertido em cal (um produto intermediário) nas regiões B, C, D e E. Esta multinacional têm fábricas que realizam a transformação de cal em cerâmica nas regiões D e E, a transformação do calcário em cal é barata, mas o processo de conversão de cal a cerâmica é caro, necessitando de fornos especiais. Por exemplo, uma tonelada de cal produz 0,4 toneladas de cerâmica. Os detalhes estão no quadro 1 abaixo:

Minas de calcário	Custo de exploração(ton.)	Capacidade anual de calcário(ton.)	Rendimento de cerâmica
A	420	36000	6%
B	360	52000	8%
C	540	28000	6,20%

Quadro 1 – Custos operacionais, capacidade e desempenho de pedra calcária.

Fonte: Os autores

Será mostrado no Quadro 2 logo abaixo a conversão de pedra calcário em cal:

Fabrica	Custo de produção (\$/ton cal)	Capacidade anual de processamento de pedra calcário(ton.)	Custo fixo anual de uma fábrica de cal
B	330	40000	\$ 3.000.000,00
C	320	20000	\$ 2.500.000,00
D	380	30000	\$ 4.800.000,00
E	240	80000	\$ 6.000.000,00

Quadro 2 – Custos de produção, custos fixos e capacidades das fábricas de cal

Fonte: Os autores

As informações do quadro 3 é referente ao custo de transformação de cal em cerâmica:

Fabrica	Custo de processamento (\$/ton cal)	Capacidade anual de processamento de cal(ton.)
D	8500	4000
E	5200	7000

Quadro 3 – Custos de processamento de calcário/cal

Fonte: Os autores

As vendas anuais de cerâmica são de 1000 toneladas na fábrica D e de 1200 toneladas na fábrica E. No Quadro 4 está listado os custos de transporte por tonelada de pedra calcário e no quadro 5 os custos de transporte de cal:

		j				
		Para	B	C	D	E
De			1	2	3	4
i	A	1	400	2010	510	1920
	B	2	10	630	220	1510
	C	3	1630	10	620	940

Quadro 4 – Custos de transporte pedra calcário

Fonte: Os autores

		Para K=	D	E
De			1	2
j	B	1	220	1510
	C	2	620	940
	D	3	0	1615
	E	4	1465	0

Quadro 5 – Custos de transporte de cal

Fonte: Os autores

A empresa quer determinar o melhor projeto de rede de distribuição e configurar a cadeia de abastecimento para minimizar os custos através da otimização do processo. Abaixo segue figura 1 da solução do problema em questão:

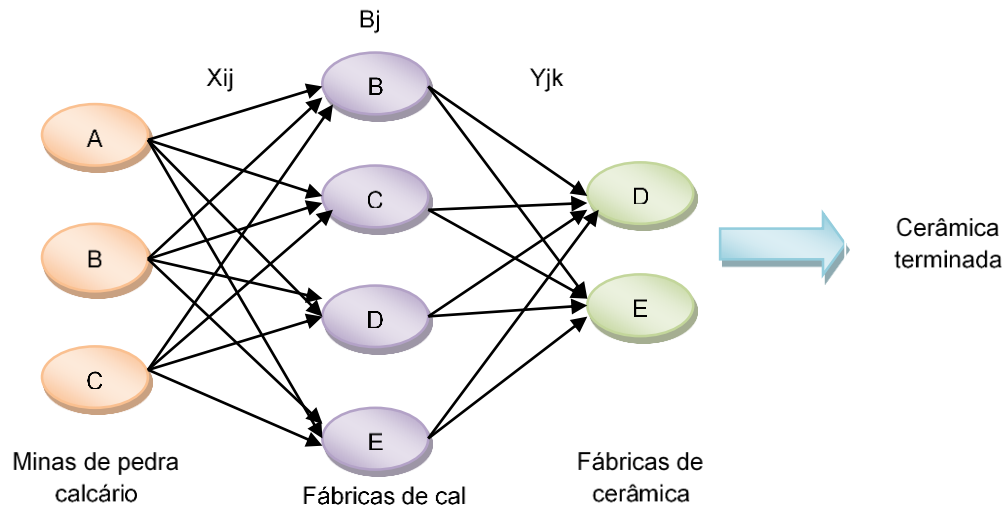


Figura 1 – Solução
Fonte: Os autores

A seguir será exposta as variáveis de decisão que auxilia na resolução do problema proposto, a linguagem utilizada no software está no capítulo 3.

3. Modelagem do problema

3.1 Variáveis de Decisão

x_{ij} = Quantidade de toneladas de pedra calcário transportada da mina i para a fábrica de cal j por ano, onde $i = \{A, B, C\}$ e $j = \{B, C, D, E\}$.

Y_{jk} = Quantidade de toneladas de cal transportada da fábrica de cal j até a fábrica de cerâmica k por ano, onde $j = \{B, C, D, E\}$ e $k = \{D, E\}$.

A variável binária indica quando a fábrica de cal está produzindo, associada ao custo fixo.

$B_j = 1$, se a Fábrica j estiver produzindo, caso contrário denomina o valor 0; onde $j \in \{B, C, D, E\}$. (Variável binária).

3.2 Função objetivo

A função objetivo neste caso busca minimizar os custos do processo que são: custo da exploração de pedra calcário (CE_i), custo de transporte por tonelada de pedra calcário da mina i até a fábrica de cal j (CTB_{ij}), custo de produção de cal na fábrica j (CPA_j), custo de processamento de cerâmica na fábrica k (CPE_k), custo de transporte por tonelada de cal da fábrica j a fábrica de cerâmica k (CTA_{jk}) e os custos fixos para a abertura de uma nova fábrica de cal (CF_j), associada com a variável binária que indica qual fábrica de cal está produzindo.

$$z_{min} = \sum_{ij} x_{ij} * (CE_i + CTB_{ij}) + \sum_{ijk} Y_{jk} * (CPA_j + CPE_k + CTA_{jk}) + \sum_j B_j * CF_j$$

$$z_{min} = 820X_{AB} + 2430X_{AC} + 930X_{AD} + 2340X_{AE} + 370X_{BB} + 990X_{BC} + 580X_{BD} + 1870X_{BE} + 2170X_{CB} + 550X_{CC} + 1160X_{CD} + 1480X_{CE} + 9050Y_{BD} + 7040Y_{BE} + 9440Y_{CD} + 6460Y_{CE} + 8880Y_{DD} + 7195Y_{DE} + 10205Y_{ED} + 440Y_{EE} + 3.000.000B_B + 2.500.000B_C + 4.800.000B_D + 6.000.000B_E$$

3.3 Restrições

O modelo está sujeito às seguintes restrições:

- Restrição de capacidade anual de cada mina de pedra calcário:

$\sum_j x_{ij} \leq CMB_i \quad \forall i$ donde CMB_i é a capacidade de pedra calcário que se tem em cada mina.

Mina A: $X_{AB} + X_{AC} + X_{AD} + X_{AE} \leq 36000$

Mina B: $X_{BB} + X_{BC} + X_{BD} + X_{BE} \leq 52000$

Mina C: $X_{CB} + X_{CC} + X_{CD} + X_{CE} \leq 28000$

Isto significa que todos os envios efetuados de cada mina para qualquer um dos quatro destinos não pode exceder a capacidade, ou seja, a extração da mina A não pode exceder 36000 toneladas por mês, a mesma coisa acontece com a mina B que tem capacidade de extração de 52000 toneladas, a mina C tem capacidade de extração de 28000 toneladas mensalmente.

- Restrição de capacidade anual de processamento de pedra calcário em cada fábrica de cal:

$\sum_k Y_{jk} \leq CPA_j * B_j \quad \forall j$ onde CPA_j é a capacidade de processamento em cada fábrica de cal j .

Fabrica B: $Y_{BD} + Y_{BE} \leq 40000 * B_B$

Fabrica C: $Y_{CD} + Y_{CE} \leq 20000 * B_C$

Fabrica D: $Y_{DD} + Y_{DE} \leq 30000 * B_D$

Fabrica E: $Y_{ED} + Y_{EE} \leq 80000 * B_E$

Estas restrições garantem que a quantidade de cal não exceda a capacidade máxima de cada fábrica, e a capacidade é condicionada a variável binária que indica quais fábricas de cal irão processar a pedra calcária ou não.

- Restrição de capacidade anual de processamento de cal em cada fábrica de cerâmica:

$\sum_j Y_{jk} \leq CPE_k \quad \forall k$ donde CPE_k é a capacidade de processamento de cada fábrica de cerâmica k .

Fabrica D: $Y_{BD} + Y_{CD} + Y_{DD} + Y_{ED} \leq 4000$

Fabrica E: $Y_{BE} + Y_{CE} + Y_{DE} + Y_{EE} \leq 7000$

Essas restrições garantem que as quantidades de cal cheguem às fábricas de cerâmica, não superando cada uma das capacidades de processamento das mesmas.

- Restrições de vendas anuais de alumínio:

$\sum_j 0,4 * Y_{jk} = VA_k \quad \forall k$ donde VA_k são as vendas anuais de cada fábrica de cerâmica k .

Fabrica D: $0,4 (Y_{BD} + Y_{CD} + Y_{DD} + Y_{ED}) = 1000$

Fabrica E: $0,4 (Y_{BE} + Y_{CE} + Y_{DE} + Y_{EE}) = 1200$

- Restrições de equilíbrio:

Garante que tudo que entra no elo de transferência das fábricas de cal é o mesmo que sai.

$\sum_i RA_i * X_{ij} = \sum_k Y_{jk} \quad \forall j$ onde RA_i é o rendimento de cal em cada fábrica i.

$$0.06X_{AB} + 0.08X_{BB} + 0.062X_{CB} = Y_{BD} + Y_{BE}$$

$$0.06X_{AC} + 0.08X_{BC} + 0.062X_{CC} = Y_{CD} + Y_{CE}$$

$$0.06X_{AD} + 0.08X_{BD} + 0.062X_{CD} = Y_{DD} + Y_{DE}$$

$$0.06X_{AE} + 0.08X_{BE} + 0.062X_{CE} = Y_{ED} + Y_{EE}$$

- Restrição binárias:

$$\sum_j B_j = 4$$

- Restrição de não negatividade:

Das quais determinam a natureza das variáveis.

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j$$

$$X_{jk} \geq 0 \quad \forall j, k$$

$$B_j \in \{1, 0\} \quad \forall j$$

Já estabelecido o modelo matemático dos dados inseridos no programa WinQSB para dar a solução do problema, encontrando um valor de custo ótimo de produção. No Quadro 6, segue a tabela com os valores inseridos:

Variable →	XAB	XAC	XAD	XAE	XBB	XBC	XBD	XBE	XCB	XCC	XCD	XCE	YBD	YBE	YCD	YCE	YDD	YDE	YED	YEE	BB	BC	BD	BE	Direction	R. H. S.
Minimize	820	2430	930	2340	370	990	580	1870	2170	550	1160	1480	9050	7040	9440	6460	8880	7195	10205	5440	3000000	2500000	4800000	6000000		
CAP MINA A	1	1	1	1																					<=	36000
CAP MINA B					1	1	1	1																	<=	52000
CAP MINA C									1	1	1	1													<=	28000
CAP PA B													1	1							-40000				<=	0
CAP PA C															1	1						-20000			<=	0
CAP PA D																	1	1					-30000		<=	0
CAP PA E																			1	1				-80000	<=	0
CAP PE D													1		1		1		1						<=	4000
CAP PE E														1		1		1		1					<=	7000
VENTAS PE													0.4		0.4		0.4		0.4						=	1000
VENTAS PE														0.4		0.4		0.4		0.4					=	1200
BALANCE	0.06				0.08				0.062				-1	-1											=	0
BALANCE		0.06				0.08				0.062						-1	-1								=	0
BALANCE			0.06				0.08				0.062						-1	-1							=	0
BALANCE				0.06				0.08				0.062							-1	-1					=	0
PLANTAS																					1	1	1	1	<=	4
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	1	1	1		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Binary	Binary	Binary	Binary		

Quadro 6 – Inserção dos dados no WinQSB

Fonte: Os autores

Após inserir os resultados no programa WinQSB, há uma função denominada “Run”, onde fará o processamento dos dados e trará a Quadro 7 com os resultados:

08:48:03	Decision Variable	Solution Value	Sunday Unit Cost or Profit c(i)	April Total Contribution	26 Reduced Cost	2015 Basis Status
1	XAB	0	820,0000	0	322,5419	at bound
2	XAC	0	2,430,0000	0	1,897,7420	at bound
3	XAD	0	930,0000	0	275,0419	at bound
4	XAE	0	2,340,0000	0	907,7419	at bound
5	XBB	52,000,0000	370,0000	19,240,000,0000	0	basic
6	XBC	0	990,0000	0	573,6000	at bound
7	XBD	0	580,0000	0	0	basic
8	XBE	0	1,870,0000	0	253,6000	at bound
9	XCB	0	2,170,0000	0	1,655,9600	at bound
10	XCC	21,612,9000	550,0000	11,887,100,0000	0	basic
11	XCD	0	1,160,0000	0	483,2100	at bound
12	XCE	0	1,480,0000	0	0	basic
13	YBD	2,500,0000	9,050,0000	22,625,000,0000	0	basic
14	YBE	1,660,0000	7,040,0000	11,686,400,0000	0	basic
15	YCD	0	9,440,0000	0	970,0000	at bound
16	YCE	1,340,0000	6,460,0000	8,656,400,0000	0	basic
17	YDD	0	8,880,0000	0	2,455,0000	at bound
18	YDE	0	7,195,0000	0	2,780,0000	at bound
19	YED	0	10,205,0000	0	16,735,0000	at bound
20	YEE	0	5,440,0000	0	13,980,0000	at bound
21	BB	1,0000	3,000,000,0000	3,000,000,0000	3,000,000,0000	at bound
22	BC	1,0000	2,500,000,0000	2,500,000,0000	2,500,000,0000	at bound
23	BD	0	4,800,000,0000	0	4,800,000,0000	at bound
24	BE	0	6,000,000,0000	0	6,000,000,0000	at bound
Objective		Function	(Min.) =	79.594.900,0000		
Constraint		Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	CAP MINA A	0	<=	36,000,0000	36,000,0000	0
2	CAP MINA B	52,000,0000	<=	52,000,0000	0	-293,2774
3	CAP MINA C	21,612,9000	<=	28,000,0000	6,387,0960	0
4	CAP PA B	-35,840,0000	<=	0	35,840,0000	0
5	CAP PA C	-18,660,0000	<=	0	18,660,0000	0
6	CAP PA D	0	<=	0	0	0
7	CAP PA E	0	<=	0	0	0
8	CAP PE D	2,500,0000	<=	4,000,0000	1,500,0000	0
9	CAP PE E	3,000,0000	<=	7,000,0000	4,000,0000	0
10	VENTAS PE D	1,000,0000	=	1,000,0000	0	43,352,4200
11	VENTAS PE E	1,200,0000	=	1,200,0000	0	38,327,4200

Quadro 7 – Resultados WinQSB

Fonte: Os autores

O modelo WinQSB encontrou um custo mínimo de \$: 79.594.900,00.

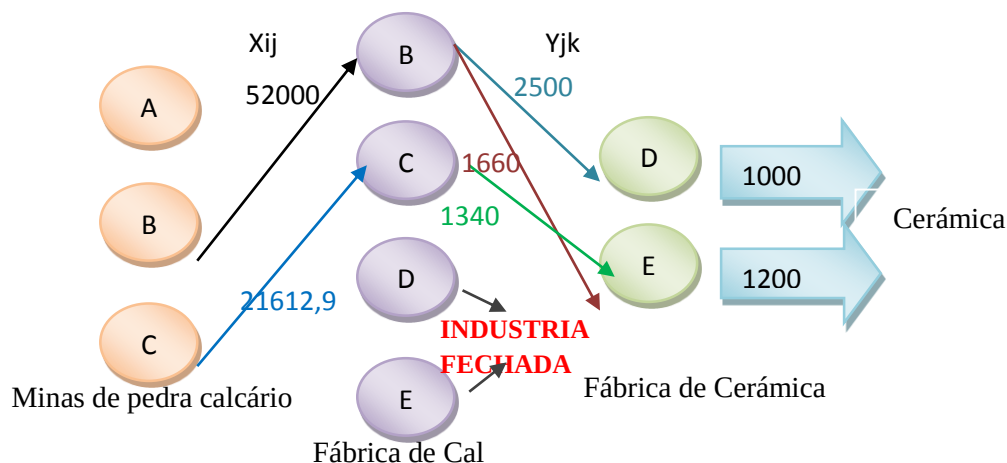


Figura 2 – Resultados

Fonte: Os autores

Neste caso as variáveis binárias indica quais fábricas de cal devem abrir (B,C) para obter um mínimo de custos e otimizar as fábricas, para obter as vendas anuais de cerâmica.

4. Considerações finais

Atualmente, dentro das organizações, a logística é uma área que está presente em toda a sua cadeia de suprimentos, que começa desde a produção até a entrega final dos produtos para os

consumidores, a finalidade da logística é agregar valor ao bens ou serviços oferecidos aos clientes, em quem todas as operações e atividades para otimizar o processo dentro da organização é baseado.

A importância das decisões, dentro do desenho da cadeia de abastecimento e, mais especificamente as decisões de localização são de grande importância, pois uma má decisão pode aumentar os custos, afetar o cumprimento dos objetivos e da eficiência da empresa, causando impactos o nível de serviço ao cliente.

As empresas hoje em dia têm disponível uma variedade de ferramentas que lhes permitam tomar decisões importantes no âmbito do desenvolvimento e o cumprimento dos seus objetivos, tais como o exemplo dado em que uma empresa decide onde instalar os nós que compõem suas cadeias suprimentos o que irá gerar um custo mínimo em conformidade com a demanda do cliente.

Referencias

BRANDEAU, M., & CHIU, S. An Overview of Representative Problems in Location Research. **Management Science**, 35 (6), 645-674. 1989.

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física**. São Paulo, Editorial Atlas, 1999.

CHOPRA, S., & MEINDL, P. **Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation**. 2ª ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall. 2001.

DASKIN, M., SNYDER, L., & BERGER, R. **Facility Location in Supply Chain Design**. Working paper, n. 03-010. Northwestern University. 2003.

GARRIDO, R. **Modelación de Sistemas de Distribución de Carga**. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile. 2001.

HALE, T., & MOBERG, C.. **Location science research: A review**. Annals of Operations Research, 123. n.1, p. 21-35. 2003.