

Determinação do grau de centralização de estoques em um desenho de uma rede de distribuição física: uma abordagem quantitativa

Carlos Roberto Venâncio de Carvalho (UFMG) carlos@dep.ufmg.br
Marcellus Vinagre da Silva (Belgo-UFMG) marcellus.silva@arcelor.com.br

Resumo

Em sistemas logísticos de distribuição, o projeto de rede se constitui, para muitos autores, como o principal problema de planejamento logístico. Uma preocupação gerencial constante no estabelecimento de redes de distribuição é minimizar o capital empregado em estoque. Este artigo procura incorporar questões de estoque no desenho de uma rede de distribuição com instalações fixas, possibilitando determinar o grau de centralização de estoques que minimize os custos logísticos totais para um determinado nível de serviço estabelecido. Os resultados obtidos com a implementação computacional do modelo se mostraram adequados para a resolução do problema proposto, estando as conclusões obtidas em concordância com a literatura especializada.

Palavras-chave: Centralização de estoques; Localização de instalações; Desenho de rede.

1. Introdução

Segundo Ballou (2001), um planejamento logístico adequado deve contemplar um triângulo de decisões integradas que envolvem questões de localização de instalações, de estoque e de transporte, as quais estão atreladas aos objetivos de serviço ao cliente. Neste contexto, o projeto de desenho de rede de distribuição se apresenta como ponto fundamental no planejamento logístico empresarial, pois a localização geográfica dos pontos de estocagem, as definições das fontes de fornecimentos e o esquema de associação das instalações aos pontos de demanda impactam profundamente o custo total do sistema logístico.

Ambrosino e Scutellà (2005) também reconhecem a importância de se integrar em uma análise os vários aspectos pertinentes a um projeto de rede, porém ressaltam a dificuldade deste tipo de abordagem. Os modelos clássicos de desenho de redes e localização de instalações tendem a simplificar questões de estoque, ou mesmo negligenciá-las.

Procura-se apresentar neste trabalho os benefícios de uma análise integrada de questões de transporte e estoques em um desenho de rede logística. Para tal, foi aplicado um modelo matemático de programação não-linear inteira mista em uma rede de distribuição de uma grande empresa do setor siderúrgico nacional, visando se obter o desenho de uma rede logística de menor custo. Tal abordagem permite ainda a determinação do grau de centralização de estoques mais adequado para esta rede de depósitos estabelecida.

2. Escopo

O contexto do problema abordado envolve uma rede de distribuição de produtos acabados de uma empresa do setor siderúrgico nacional, e pode ser visto com detalhes em Silva (2006). Esta rede de distribuição contempla a comercialização de uma ampla variedade de produtos no varejo, visando o atendimento ao cliente final dos produtos da empresa.

A logística da rede de distribuição em questão é caracterizada pela transferência direta dos

produtos das fábricas aos depósitos, os quais estão geograficamente dispersos em todo território nacional. Adota-se a estratégia padrão de descentralização dos estoques dos produtos na rede, ou seja, todos os produtos têm estoque em todos os depósitos onde são comercializados. A figura a seguir ilustra, de forma exemplificada, o fluxo logístico da rede de distribuição:

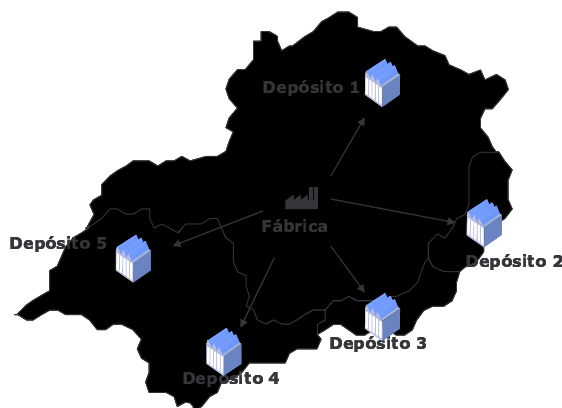


Figura 1 – Fluxo logístico na rede de distribuição

Os produtos comercializados pela rede de distribuição apresentam valores agregados diferentes, assim como níveis de assertividade de previsão de demanda e giros de estoque variados. Ballou (2001) sugere que as estratégias logísticas de distribuição devem ser segmentadas para cada tipo de produto: "estocar todos os produtos em todas as localizações pode simplificar a administração, mas essa estratégia nega as diferenças inerentes entre produtos e seus custos e acarreta custos de distribuição maiores que os necessários". Ainda, conforme apontam Eppen (1979) e Zinn *et al.* (1989), quanto maior o número de instalações com estoque em uma rede, maior a quantidade de estoque total necessária para manter um certo nível de serviço (mensurado pela disponibilidade de produto). Em contrapartida, quando o estoque é centralizado em um menor número de instalações, o montante total do estoque é reduzido.

Para um nível de serviço estipulado pela empresa, a questão a ser avaliada é se existe a necessidade de haver estoque de um determinado produto em todos os depósitos. Por exemplo, um depósito pode servir de centro de distribuição e local de armazenagem para outros. Portanto, o problema consiste em se determinar o melhor desenho da rede de distribuição (grau de centralização de estoques entre os depósitos) para cada produto.

O escopo do problema foi delimitado no contexto para a avaliação de 25 produtos que são comercializados em 4 depósitos de uma determinada região geográfica da rede de distribuição da empresa.

3. Referencial teórico

A criação de pontos centrais de estocagem é um artifício poderoso para obtenção de ganhos de escala no planejamento de sistemas logísticos. Uma contribuição relevante para o assunto na literatura foi dada por Maister (1976) que formalizou a "regra da raiz quadrada". Esta regra estabelece uma relação que mede aproximadamente o impacto no montante de estoque de segurança de um produto em uma rede de instalações quando o número de pontos de estocagem se altera. A aplicação dessa regra, entretanto, exige a existência de duas premissas: as demandas dos pontos não serem correlacionadas e a variabilidade da demanda ser a mesma

em todas as instalações.

Eppen (1979) apresentou os efeitos da centralização de estoques no problema do jornaleiro de múltiplas instalações. O autor confirmou os resultados encontrados por Maister (1976) de que os níveis de estoque são maiores quando os estoques estão mais descentralizados em uma rede de instalações.

Zinn *et al.* (1989) apresentaram uma medida para avaliar os efeitos de centralização/descentralização de estoques, intitulada de *Portfolio Effect*. Esta medida avalia o percentual de redução de estoque de segurança devido à agregação de estoques de múltiplas instalações em uma. Os autores provam que a regra da raiz quadrada é um caso particular do *Portfolio Effect* quando não existe correlação entre as demandas e a variabilidade da demanda para todas as instalações é a mesma. Vários trabalhos foram propostos como extensão do modelo do *Portfolio Effect*. Exemplos podem ser vistos nos modelos propostos por Mahmoud (1992) e Evers e Beier (1993).

Conforme apontam Das e Tyagi (1997), a regra da raiz quadrada e o modelo do *Portfolio Effect* fornecem bons subsídios para entendimento do papel da centralização de estoques, porém são insuficientes para uma implementação dessa política. Eles ressaltam que um movimento de centralização de estoques em uma rede logística deve ser respaldado pela resposta de algumas questões, como a determinação do número apropriado de instalações e suas localizações, os esquemas de associações entre os pontos de demanda e as instalações centralizadoras de estoque, além de questões específicas de políticas de estoque de cada local (método de controle e quantidades de reposição). Portanto, é necessário um modelo de desenho de rede que integre questões de transporte e políticas de estoque.

Nozick e Turnquist (1998) propõem um modelo de desenho de rede que tenta integrar os custos de estoque com os demais custos de transporte e localização de instalações. O modelo adiciona os custos de estoque de segurança ao modelo clássico de localização com despesas fixas. Entretanto, os custos são considerados de forma aproximada, como uma função linear do número de instalações de estoque. Esta premissa é válida apenas para uma determinada faixa de número de instalações (geralmente quando o número de instalações é relativamente grande).

Jayaraman (1998) também propõe um modelo de desenho de rede que considera simultaneamente questões de transporte, localização e estoques, porém a consideração de custos de estoque não é completa, pois o autor apenas considera estoque em trânsito entre as fábricas e as instalações e considera o custo de estoque de ciclo linear nas instalações. Não são feitas considerações sobre estoques de segurança.

Das e Tyagi (1997) apresentam um modelo matemático que incorpora efetivamente custos de estoque de ciclo e estoques de segurança em uma análise de desenho de rede. Seguindo linha semelhante, Miranda e Garrido (2004) desenvolveram em seu trabalho um modelo matemático de programação não-linear inteira mista que permite configurar o desenho de rede de distribuição de menor custo levando em conta decisões de estoque e seus respectivos custos. O modelo responde quantas instalações a rede deve possuir, onde devem ser localizadas, qual o esquema de associação entre as instalações e demandas, e em quais instalações os estoques devem ser centralizados, se for o caso.

Uma análise apropriada de centralização de estoques requer a consideração de estoques de ciclo e estoques de segurança, o que leva a uma relação não linear entre o número de instalações e o montante de estoque. Os ganhos efetivos com essas centralizações de estoque são mensurados pelos ganhos de escala obtidos pela relação não linear dos custos

considerados (SILVA, 2006). Com base nessas considerações, optou-se como referencial para modelagem do problema deste trabalho o modelo de Miranda e Garrido (2004).

4. Modelo proposto

Algumas estratégias logísticas utilizadas pela empresa em questão são fixas, em função de características de seu processo produtivo e de seu negócio. A estratégia de produção utilizada deve ser para estoque (baseada em previsões de venda), pois o tempo de resposta das operações é longo. A política de transportes é fixa e uniforme para toda a rede de distribuição, o modal utilizado é o rodoviário. A política de instalações na rede de distribuição é uma premissa comercial, ou seja, o número de depósitos é fixado.

No cenário apresentado, uma política logística que é passível de ser alterada, e que tem ligação direta com a política (e custos) de atendimento à demanda, é a política de distribuição e estoque. A alteração dessa política está associada a uma revisão do desenho da rede de distribuição. Wanke (2000) sugere que uma empresa deve escolher a política de atendimento à demanda que minimize o custo logístico total de transporte, armazenagem e manutenção de estoques para determinado nível de serviço exigido. Assim, o modelo proposto tem como objetivo definir qual deve ser a localização dos estoques entre os depósitos de forma a se obter um desenho de rede de custo logístico mínimo para um dado nível de atendimento.

São considerados cinco tipos de custos logísticos na construção da função objetivo do modelo proposto. Os custos de transporte estão associados ao transporte de produtos entre instalações da rede. Os custos de estocagem ocorrem nos depósitos da rede e são medidos como o custo financeiro do capital imobilizado na forma de produtos. Os custos de colocação de pedidos correspondem aos custos de aquisição do estoque, decorrentes de processamento de pedidos e preparação de lotes nas fábricas. Existem os custos de guarda do estoque de ciclo e ocorrem sempre que existe centralização de estoques de ciclo em um depósito para posterior envio ao(s) depósito(s) servido(s) pela unidade centralizadora. Estes custos ocorrem devido à necessidade de alocação de espaço extra no depósito para os produtos que não se destinarão a ele próprio, do manuseio dos materiais nas operações de carregamento e descarregamento, além da administração burocrática dos pedidos de transferência para outros depósitos. De forma semelhante, existem os custos de guarda do estoque de segurança. Nota-se que, diferentemente do modelo de Miranda e Garrido (2004), o modelo proposto não avalia custo de abertura de instalações, visto que no contexto em questão os depósitos são fixados.

A apresentação detalhada do modelo proposto (descrição dos parâmetros e variáveis e a explicação da função objetivo e restrições matemáticas) juntamente com as premissas que cercam o problema podem ser vistos em Silva (2006).

5. Resultados

Os resultados foram obtidos através da implementação do modelo no *What's Best!*[®] versão 8.0 em um microcomputador com processador Pentium IV com 2,4 GHz e 256 Mb de memória RAM. Foram utilizados os dados referentes ao escopo do problema delimitado neste trabalho. Para melhor apresentação dos resultados, define-se a notação (i, j) , a qual identifica que o estoque do depósito j está localizado no depósito i .

Foram realizados dois tipos de análises de resultados. Primeiramente, buscou-se identificar como os valores da função objetivo variam com os parâmetros, através da análise de diferentes cenários com variações combinadas de parâmetros, tal como sugerido por Miranda

e Garrido (2004). O objetivo dessa análise é identificar sob quais circunstâncias os resultados propostos pela modelagem deste trabalho podem ser potencialmente melhores do que a política vigente. Após isso, o modelo foi aplicado para os 25 produtos do escopo do problema, visando identificar a melhor configuração dos estoques para cada produto e eventuais ganhos em relação à prática vigente (descentralização dos estoques).

5.1 Análise de cenários

As tabelas a seguir ilustram os resultados dos cenários para as diferentes combinações de variações de parâmetros para dois níveis de serviço diferentes (90% e 99.9%). Foram consideradas 3 proporções diferentes entre os custos de guarda de estoque de segurança e os custos de guarda de estoque de ciclo (G_i/F_i), 3 fatores de multiplicação para o valor do produto (xVP) e 2 fatores de multiplicação para o coeficiente de variação de vendas (xCV), totalizando 18 variações diferentes de parâmetros para cada nível de serviço:

% G_i / F_i	xVP	xCV	Custo vigente (R\$/semana)	Custo proposto (R\$/semana)	Ganho potencial
0.1	1	1	14629	14567	0.4%
0.1	3	1	16771	16411	2.1%
0.1	5	1	18907	17635	6.7%
0.25	1	1	14629	14591	0.3%
0.25	3	1	16771	16435	2.0%
0.25	5	1	18907	17659	6.6%
0.5	1	1	14629	14629	0.0%
0.5	3	1	16771	16474	1.8%
0.5	5	1	18907	17698	6.4%
0.1	1	5	15180	14870	2.0%
0.1	3	5	18127	17089	5.7%
0.1	5	5	21067	18688	11.3%
0.25	1	5	15180	14989	1.3%
0.25	3	5	18127	17208	5.1%
0.25	5	5	21067	18807	10.7%
0.5	1	5	15180	15180	0.0%
0.5	3	5	18127	17406	4.0%
0.5	5	5	21067	19005	9.8%

Fonte: Silva (2006)

Tabela 1 – Custos para as simulações de cenário com nível de serviço 90%

% G_i / F_i	xVP	xCV	Custo vigente (R\$/semana)	Custo proposto (R\$/semana)	Ganho potencial
0.1	1	1	14823	14674	1.0%
0.1	3	1	17249	16650	3.5%
0.1	5	1	19669	18007	8.5%
0.25	1	1	14823	14731	0.6%
0.25	3	1	17249	16707	3.1%
0.25	5	1	19669	18064	8.2%
0.5	1	1	14823	14823	0.0%
0.5	3	1	17249	16803	2.6%
0.5	5	1	19669	18159	7.7%
0.1	1	5	16152	15405	4.6%
0.1	3	5	20518	18286	10.9%
0.1	5	5	24878	20547	17.4%
0.25	1	5	16152	15692	2.8%

0.25	3	5	20518	18572	9.5%
0.25	5	5	24878	20833	16.3%
0.5	1	5	16152	16152	0.0%
0.5	3	5	20518	19050	7.2%
0.5	5	5	24878	21311	14.3%

Fonte: Silva (2006)

Tabela 2 – Custos para as simulações de cenário com nível de serviço 99.9%

Fica evidenciado pelas tabelas anteriores que o modelo sugere ganhos mais significativos quando o produto apresenta alto valor agregado, alta variabilidade de demanda, baixo custo de centralização de estoques e alto nível de serviço.

5.2 Aplicação do modelo ao escopo delimitado

A tabela a seguir resume os resultados obtidos com a aplicação do modelo proposto ao cenário delimitado. São ilustrados os custos e configurações propostas pelo modelo para os 25 produtos, que caracterizam 25 problemas diferentes:

Produto	Custo vigente (R\$/ano)	Custo proposto (R\$/ano)	Ganho	Estoque Ciclo	Estoque Segurança
Produto 1	9311	6611	29,0%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 2	8670	6582	24,1%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 3	8756	5038	42,5%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 4	71849	70586	1,8%	(1,1);(1,2);(1,3);(4,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 5	27679	24753	10,6%	(2,1);(2,2);(2,3);(2,4)	(2,1);(2,2);(2,3);(2,4)
Produto 6	28116	21433	23,8%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 7	336508	336508	0,0%	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)
Produto 8	517593	517593	0,0%	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)
Produto 9	144962	144962	0,0%	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)
Produto 10	227985	226603	0,6%	(1,1);(2,2);(3,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 11	875193	874923	0,0%	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 12	204448	204201	0,1%	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 13	52672	46592	11,5%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 14	190967	190967	0,0%	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)
Produto 15	25336	19709	22,2%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 16	185111	177728	4,0%	(1,1);(1,2);(1,3);(4,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 17	775337	775337	0,0%	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)	(1,1);(2,2);(3,3);(4,4)
Produto 18	38413	34130	11,2%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 19	90092	84693	6,0%	(1,1);(2,2);(2,3);(2,4)	(2,1);(2,2);(2,3);(2,4)
Produto 20	65512	58967	10,0%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 21	15988	11868	25,8%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 22	21107	17790	15,7%	(2,1);(2,2);(2,3);(2,4)	(2,1);(2,2);(2,3);(2,4)
Produto 23	46149	36891	20,1%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 24	19063	15191	20,3%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)
Produto 25	8010	5479	31,6%	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)	(1,1);(1,2);(1,3);(1,4)

Fonte: Silva (2006)

Tabela 3 – Resultados do modelo para o escopo do problema – custos e configuração da rede por produto

Verifica-se na tabela anterior que o produto 19, por exemplo, apresenta um custo esperado anual de R\$ 90092 com a política de descentralização total dos estoques; isto é, adotando-se uma configuração do tipo (1,1);(2,2);(3,3);(4,4) para o estoque de ciclo e de segurança. Para este produto, o modelo sugeriu como configuração de menor custo a alocação dos estoques de ciclo no depósito 2, com exceção do depósito 1, que guarda seu próprio estoque

[(1,1);(2,2);(2,3);(2,4)]. Para o estoque de segurança, foi sugerida a centralização total dos estoques no depósito 2 [(2,1);(2,2);(2,3);(2,4)]. O custo anual esperado na adoção dessa política é de R\$ 84693. A economia esperada na adoção desta política é de R\$ 5399/ano, ou seja, uma redução de 6% somente para este produto.

A redução total esperada na implementação dos resultados do modelo ao escopo dos 25 produtos selecionados, totaliza R\$ 79693/ano. Para os produtos que o modelo apontou como melhor política a descentralização total dos estoques, não se observa ganho, uma vez que esta já é a política vigente. Os ganhos em percentuais são potencialmente maiores quanto mais favorável o produto for à centralização total dos estoques.

As diferentes configurações de localização de estoques na rede sugeridas pelo modelo para os 25 produtos do escopo confirmam as afirmativas de Ballou (2001) e Wanke (2000) sobre segmentar as estratégias de localização de estoques para diferentes produtos em uma rede de distribuição. A figura abaixo ilustra as estratégias de localização de estoque de ciclo sugeridas pelo modelo para os 25 produtos do escopo do problema. O gráfico identifica como a decisão sobre o melhor grau de centralização de estoques está relacionada às características do produto, como valor agregado e giro de estoque:

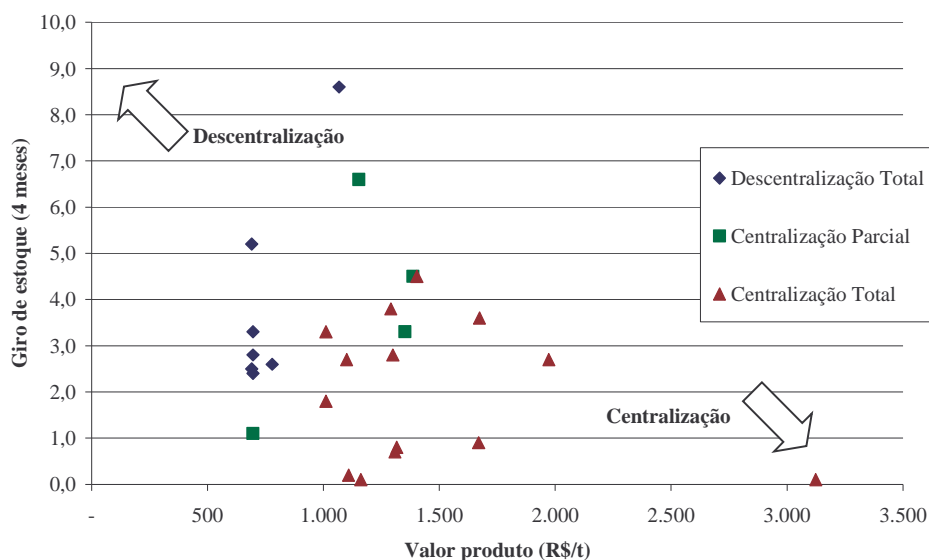


Figura 2 – Grau de centralização de estoques sugerido pelo modelo para os produtos da rede de distribuição

Conforme ilustrado, para os produtos de maior valor agregado e menor giro de estoque, o modelo tende a sugerir uma política de estoque mais centralizada. Por outro lado, para produtos de menor valor agregado e maior giro de estoque, o modelo sugere em geral uma política mais descentralizada de estoques. Casos de centralização parcial de estoques são sugeridos em faixas intermediárias. Os resultados obtidos estão em concordância com os sugeridos por Wanke (2000) em seu trabalho.

6. Conclusões

Foi proposta neste trabalho uma abordagem quantitativa visando o apoio à tomada de decisões logísticas em uma rede de distribuição estabelecida. A descrição do contexto revelou a adoção de uma política única de distribuição e localização de estoques em uma rede de depósitos para

todos os produtos.

Com base no referencial identificado, foi proposta a aplicação de um modelo matemático visando determinar quais os melhores fluxos de distribuição e qual a melhor localização dos estoques para cada produto na rede de distribuição estabelecida.

Foi realizada uma análise de cenários onde foram feitas várias alterações combinadas de parâmetros de forma a se compreender a influência dos mesmos nos resultados do modelo. Também foi realizada uma comparação dos resultados de custos obtidos entre o modelo proposto e a política vigente de descentralização de estoques. Primeiramente, observou-se que a variação de parâmetros influencia bastante os custos apurados no modelo proposto. Este sempre apresenta no mínimo o mesmo custo da política vigente, uma vez que a descentralização de estoques é apenas um caso particular das várias soluções possíveis do modelo. Portanto, o modelo nunca irá gerar soluções piores que a vigente.

Para situações de produtos de alto valor agregado, alta variabilidade de demanda, baixo custo de centralização de estoques e alto nível de serviço exigido, o ganho é potencializado em relação à prática vigente, pois são exatamente as condições mais favoráveis à centralização de estoques. Miranda e Garrido (2004) chegaram à mesma conclusão em seu trabalho.

O modelo foi aplicado aos 25 produtos do escopo delimitado do problema. A adoção da solução sugerida pelo modelo proposto acarreta um ganho anual estimado próximo de R\$ 80000. Ficou evidenciado que os ganhos diferem bastante para cada produto; alguns não apresentam ganhos porque o modelo sugere a manutenção da política de descentralização dos estoques para esses produtos. Com as diferentes configurações de localização de estoques sugeridas para cada produto, fica claro que a política vigente adotada pela empresa de descentralização não é a mais indicada. Neste sentido, o modelo proposto pode ajudar de forma decisiva na tomada de decisão gerencial sobre a segmentação das políticas de distribuição para cada produto. Ressalta-se a importância de uma análise integrada de estoques em um estudo de desenho de rede, pois permite mensurar mediante os possíveis ganhos de escala em centralização de estoques, o desenho da logística de menor custo.

Referências

- AMBROSINO, D. & SCUTELLÀ, M.** *Distribution network design: new problems and related models.* European Journal of Operational Research. Vol. 165, p.610-624, 2005.
- BALLOU, R.** *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial.* Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DAS, C. & TYAGI, R.** *Role of Inventory and Transportation Costs in Determining the Optimal Degree of Centralization.* Transportation Research Part E. Vol. 33, p.171-179, 1997.
- EPPEL, G.** *Effects of Centralization on Expected Costs in a Multi-Location Newsboy Problem.* Management Science. Vol. 25, p.498-501, 1979.
- EVERS, P. & BEIER, F.** *The Portfolio Effect and Multiple Consolidation Points: A Critical Assessment of the Square Root Law.* Journal of Business Logistics. Vol. 14, p.109-125, 1993.
- JAYARAMAN, V.** *Transportation, facility location and inventory issues in distribution network design.* International Journal of Operations & Production Management. Vol. 18, p.471-494, 1998.
- MAHMOUD, M.** *Optimal Inventory Consolidation Schemes: A Portfolio Effect Analysis.* Journal of Business Logistics. Vol. 13, p.193-214, 1992.
- MAISTER, D.** *Centralization of Inventories and the "Square Root Law".* International Journal of Physical Distribution. Vol. 06, p.124-134, 1976.

MIRANDA, P. & GARRIDO, R. *Incorporating inventory control decisions into a strategic distribution network design model with stochastic demand.* Transportation Research Part E. Vol. 40, p.183-207, 2004.

NOZICK, L. & TURNQUIST, M. *Integrating Inventory Impacts into a Fixed-Charge Model for Locating Distribution Centers.* Transportation Research Part E. Vol. 34, p.173-186, 1998.

SILVA, M. *Localização de Estoques na Rede de Distribuição de uma Empresa do Setor Siderúrgico.* Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 31 de março de 2006.

WANKE, P. *Posicionamento logístico e a definição da política de atendimento aos clientes.* Revista Tecnológica. Vol. 55, p.32-39, 2000.

ZINN, W.; LEVY, M. & BOWERSOX, D. *Measuring the effect of inventory centralization/descentralization on aggregate safety stock: "the square root law" revisited.* Journal of Business Logistics. Vol. 10, p.01-14, 1989.