

Proposta de modelo de otimização de estoques para materiais com *lead times* longos

Gilvane Carlos Persuhn, Eng. (FURB) gcp.gil@gmail.com
Rodrigo dos Santos Cardoso, Dr. (FURB) rodrigocardososc@hotmail.com
André Luis Almeida Bastos, Dr. (FURB) abastos@furb.br

Resumo:

A preocupação com a equalização dos níveis de estoque é um tema bastante recorrente e atual nas organizações. Reduzir custos e manter níveis adequados de estoque tornaram-se obrigação, e os resultados esperados sob esta ótica são: redução do capital investido em inventário e retorno mais rápido desse investimento. O estabelecimento de nível ótimo de estoques é um desafio, principalmente para empresas que utilizam materiais com lead times de ressuprimentos longos. Visando resolver este problema, procurou-se, com esta pesquisa, identificar a melhor forma de cálculo e controle dos estoques. Esta pesquisa utilizou uma amostragem não probabilística com técnica exploratória e quantitativa, em um ambiente de uma multinacional gráfica. Foram utilizados os indicadores de giro e cobertura de estoques para avaliação dos resultados, os quais apresentaram melhora significativa. Os resultados foram obtidos através do cálculo dos parâmetros de estoque, tais como estoque de segurança, lote de compra, estoque mínimo e máximo, adaptados da literatura. A proposta apresentada nesta pesquisa demonstra uma aplicação diferenciada dos parâmetros de estoque da literatura, sendo embasados na variabilidade da demanda e das entregas. O estoque de segurança foi calculado com base nestas variabilidades, garantindo assim, o suprimento durante o tempo de ressuprimento.

Palavras chave: Otimização de estoques; Nivelamento de inventários; *Lead time* de ressuprimentos longos; Cálculos de estoques.

Proposal model of inventory level optimization for materials with long lead times

Abstract

Equalizing inventory levels is a common and current concern in all industries. Waste reducing and optimized inventory levels have become an obligation, and the results expected through this view are: reduce of investment in inventory and faster return of the investment. Setting an optimized inventory level is a challenge, mostly for companies who use materials with a large lead time of supplying. To solve this problem this research aimed on identifying the best calculation and control of inventory. It also used a non-probabilistic sample on an exploratory and quantitative technique within a multinational graphic environment. Inventory turnover was used as the performance indicator of the results, which showed significant reducing and control. Results were obtained through the reckoning of inventory parameters, such as safety stock, economic order quantity, minimum and maximum stock, based on literature. The maintenance of optimum inventory levels was possible due to using calculus of inventory parameters based on the variability of the demand and deliveries. Safety stock was calculated based on this variability, ensuring the supply over the waiting time of the purchase order.

Key-words: Inventory optimization; inventory leveling; Long lead times of supplying; Stocks calculations.

1. Introdução

O nivelamento e controle dos estoques têm sido tomados como objetivo pelas organizações há algum tempo. A redução de custos por meio da diminuição do investimento em capital em estoques é bastante visível e impacta diretamente nas margens de lucro dos acionistas. Portanto, justifica ainda ter importância na área de gestão e ser revista com maior rigor e melhor planejada e controlada.

Com horizontes maiores e necessidades de assertividades, fazer o planejamento de materiais com lead times superiores a um mês, no entanto, é um desafio. Neste contexto, buscou-se, por meio desta pesquisa, analisar e propor uma melhor forma de planejamento e controle de materiais, estabelecendo uma política de estoques para alguns dos materiais com lead times de ressuprimentos grandes, tendo como estudo de aplicação uma indústria do ramo gráfico multinacional. Como contexto de análise de forma específica tem-se materiais com lead time ou tempo de ressuprimento de um a quatro meses.

Estoque que, conforme definido por Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 469), é:

“A quantificação de qualquer item ou recurso usado em uma organização. Um sistema de estoque é o conjunto de políticas e controles que monitora os níveis de estoque e determina (a) quais níveis deveriam ser mantidos, (b) quando o estoque deveria ser resposto, e (c) o tamanho dos pedidos”.

Nesse intuito foram delineadas as atividades, visando uma estrutura de estoque otimizada, que não prejudique os resultados da empresa, financeiramente e, tampouco, pela falta de materiais.

Para chegar aos resultados foi necessário determinar os materiais a serem utilizados como amostra para o estudo. Em seguida, foram calculados todos os parâmetros necessários, tais como tempo de ressuprimento, lote de compra, consumo médio mensal, tempo de cobertura, estoque máximo e estoque mínimo. Os resultados obtidos foram sistematizados, por meio de uma planilha eletrônica.

Por meio desta pesquisa delineou-se a seguinte questão de pesquisa: pode-se definir um método para otimizar os níveis de estoque dos materiais com níveis de lead time elevados e reduzir o valor investido em inventário? E conseqüentemente, há também efeitos na redução de desperdícios com materiais em quantidades excedentes à necessária e que, por muitas vezes, acabam ficando obsoletos no estoque?

2. Metodologia

A pesquisa realizada é caracterizada como exploratória, pois como relatam Cervo e Bervian (2002, p. 69), “é também exploratória por se tratar do passo inicial no processo de pesquisa pela experiência e um auxílio que traz a formulação de hipóteses significativas para posteriores pesquisas”.

Quanto à sua natureza, é uma pesquisa quantitativa. Richardson (1989, p. 29) afirma que “a pesquisa quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta das informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas”.

Quanto ao objeto de estudo, é uma amostragem não probabilística, com critério de escolha intencional, pois visa retratar uma situação crítica específica. Oliveira (2011, p. 31), diz que

“na amostragem não probabilística intencional, os elementos são selecionados seguindo um critério de julgamento pessoal do pesquisador”.

A pesquisa também é delineada como um estudo de caso, pois, segundo Gil (2002, p. 54) consiste num “estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. Yin (2005, p. 20) afirma que a utilização do estudo de caso é feita para contribuir com uma situação específica, de fenômenos específicos, relacionados entre si: organizacionais, sociais, políticos e de grupo. A empresa estudada é uma empresa de médio porte que atua no ramo gráfico, no Vale do Itajaí (Santa Catarina). Produz rótulos em bobinas, etiquetas e embalagens termoformadas, sendo uma das líderes de mercado, no segmento, nacionalmente. Está presente em mais dois países da América Latina, onde possui suas filiais. Utiliza em suas produções materiais provenientes de outros países, tais como Estados Unidos, México, Espanha e Alemanha, além de outros lugares da Europa, Américas e Ásia.

3. Revisão da literatura

Para encaminhamento da pesquisa elaborou-se uma revisão da literatura pertinente para discussão dos resultados obtidos.

3.1. Giro de estoque

O giro de estoque é o indicador que informa quantas vezes determinado produto “girou” no estoque, ou seja, quantas vezes o material foi totalmente utilizado e novos pedidos de compra foram recebidos. Segundo Dias (2009), cada vez que a produção consome o material, a empresa obtém uma parcela de lucro. Capital investido em estoque é dinheiro parado, que diminui o lucro da empresa.

Quanto maior o número de giros de estoque, melhor o indicador está. Porém, não há como estabelecer um número de giro ideal para todas as situações, pois há fatores como *lead time* e lote mínimo, que influenciam na definição desta meta.

3.2. Cobertura

O indicador de cobertura de estoque informa por quanto tempo a demanda média está suprida, podendo ser calculado em meses ou dias, conforme período de preferência. O cálculo é baseado na relação do estoque médio do período com o consumo médio do período (GONÇALVES, 2007).

3.3. Cálculo dos parâmetros de estoque

Nesta seção é proposto um sistema híbrido, com características do sistema de revisão contínua em conjunto com o sistema de revisão periódica de estoques. Planeja-se com uma visão de até quatro meses à frente ($m+3$).

Segundo Peinado e Graeml (2007), no sistema de revisão periódica, o estoque do material é repostado periodicamente, sendo que os lotes variam de acordo com o estoque remanescente e a previsão de consumo. Já no sistema de revisão contínua, o estoque é monitorado até que atinja nível pré-determinado. Neste momento, então, é feito um pedido de um lote de compras com tamanho fixo.

No presente caso, a organização aplica o constante monitoramento dos estoques, porém o lote de compra não tem tamanho fixo, é variável, de acordo com as previsões de consumo do período que está sendo planejado. Essa necessidade se dá pelo fato de existirem materiais com

tempos de ressuprimento muito longos, de até quatro meses. Para resolver este problema, optou-se por manter suprido o período correspondente ao intervalo de ressuprimento ao invés de suprir o tempo correspondente ao *lead time*. Dessa forma reduz-se o custo com inventário.

Os parâmetros a serem calculados são: tempo de cobertura de estoque, estoque de segurança, estoque mínimo, lote de compra e estoque máximo.

3.3.1. Estoque de segurança (ES)

O estoque de segurança é um parâmetro indispensável na administração de materiais. Tem o objetivo de minimizar as flutuações da demanda.

“Os estoques de segurança visam a proporcionar um certo nível de atendimento exigido, neutralizando os riscos impostos pela possível flutuação do suprimento ou da demanda. Em outras palavras, a organização conta com estoque adicional para compensar um eventual atraso na produção, na entrega, ou mesmo um aumento inesperado na demanda. Os estoques de segurança levam em consideração a probabilidade de as incertezas acontecerem. Por esta razão, são classificados como de natureza probabilística” (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 679).

Segundo Peinado e Graeml (2007), o estoque de segurança pode ser calculado levando em consideração a demanda variável com tempo de ressuprimento constante; demanda constante com tempo de ressuprimento variável; ou demanda e tempo de ressuprimento variáveis. Nos materiais selecionados neste estudo, considerou-se – por ser o que de fato ocorre – tanto a demanda quanto o tempo de ressuprimento, variáveis. Procurou-se, dessa forma, garantir que o suprimento da fábrica fosse atendido de forma adequada, com o mínimo de estoque possível.

A equação para o cálculo do estoque de segurança é apresentada na Eq. 3.

$$ES = Z \times \sqrt{(TR \times \sigma_D^2) + (\bar{D}^2 \times \sigma_{TR}^2)} \quad (1)$$

Fonte: Peinado e Graeml, 2010

Sendo:

Z = número de desvios padrão;

$\overline{TR}$ = tempo médio de ressuprimento;

σ_D = desvio padrão da demanda;

$\bar{D}$ = demanda média do período;

σ_{TR} = desvio padrão do tempo de ressuprimento.

3.3.2. Lote de compra (LC)

Para o cálculo do lote de compra, normalmente utiliza-se o conceito do lote econômico (Q), o qual relaciona todos os custos envolvidos na aquisição e manutenção de estoque para determinar a quantidade que acarretará em menor valor econômico para a empresa (DIAS, 2009).

Neste estudo, no entanto, optou-se por utilizar o método explicado na Eq. 4, o qual se baseia na diferença entre o estoque de segurança e o estoque virtual final. Dessa forma, o lote de

compra poderá, a cada novo período, ter um novo valor. Este método é aqui proposto, como nova alternativa para o cálculo do lote de compras.

Ao analisar um período projetado, calcula-se seu estoque virtual final, que é o saldo de estoque físico adicionado dos pedidos a receber durante o período em questão; e diminuído o consumo previsto para o período. Caso o saldo do EVF – estoque virtual final - ficar abaixo do estoque de segurança, deverá ser colocado um pedido no fornecedor.

$$LC = ES - EVF \quad (2)$$

Fonte: elaborado pelo autor (2016)

Sendo:

LC = lote de compra;

ES = estoque de segurança;

EVF = estoque virtual final.

No quadro 3 é demonstrado o cálculo do lote de compra para um dos materiais.

Cálculos	abr/16	mai/16
CONSUMO REAL	366.063	
CONSUMO MÉDIO	133.556	141.767
CONSUMO PREVISTO		63.350
PEDIDOS ABERTOS		50.240
PEDIDOS RECEBIDOS	478.000	
ESTOQUE VIRTUAL	577.813	211.750
EST. VIRTUAL FINAL	211.750	148.400
ES =	211.467	198.640
LC =	50.240	
IR (meses) =	1	1
LT (meses)	1	1

Fonte: elaborado pelo autor (2016)
Quadro 1 - Cálculo do lote de compras

Para entender o cálculo realizado, considera-se abril como mês corrente. Como o tempo de ressuprimento (LT) deste material é de 1 mês, o período a ser projetado e planejado é maio. Calculando-se o saldo do estoque virtual final no mês de maio, encontra-se o valor de 148.400 UM. Como este valor é menor que o estoque de segurança (198.640), deve-se colocar um pedido de compra no fornecedor. Dessa forma, diminuindo-se 148.400 de 198.640, resulta o LC de 50.240 UM em maio. E assim é feito, sucessivamente, para cada novo período.

Deve-se notar que a projeção de estoques é parte importante neste cálculo. Caso não haja um sistema de previsões de demanda, pode-se utilizar o consumo médio mensal como base.

3.3.3. Estoque máximo (E. Max)

O cálculo do estoque máximo foi definido como a soma do estoque mínimo com o estoque de segurança. Trata-se de uma nova alternativa para o cálculo do estoque máximo, proposto através deste estudo.

É utilizado como delimitador de estoque para cada período, como o próprio nome o diz. É dinâmico, e tem o objetivo de manter o nível estoque abaixo da quantidade máxima definida no nível de serviço. O estoque máximo é a maior quantidade em que o nível da demanda pode chegar, considerando-se o histórico utilizado.

$$E. Max = E. Min + ES \quad (3)$$

Fonte: elaborado pelo autor (2016)

Sendo:

E. Max = nível máximo de estoque;

E. Min = nível mínimo de estoque;

ES = estoque de segurança.

3.3.4. Estoque Mínimo (E. Mín)

O cálculo do estoque mínimo é baseado na soma da média da demanda com o desvio padrão dos últimos períodos. Conceitualmente, o estoque mínimo é a quantidade necessária para suprir o consumo médio demandado no período, considerando-se as variações, que são tratadas por meio do desvio padrão.

A eq. 6 represente o cálculo do estoque mínimo.

$$E. Min = \bar{D} + \sigma D \quad (4)$$

Fonte: adaptado de Peinado e Graeml, 2007

Sendo:

$\bar{D}$ = demanda média dos últimos períodos;

σD = desvio padrão da demanda dos últimos períodos.

4. Resultados

Os resultados obtidos foram comparados com o histórico da empresa estudada. O estudo realizado permitiu conferir maior segurança e base técnica ao planejamento de materiais na empresa em questão, trazendo, assim, maior estabilidade ao processo. O referencial teórico utilizado nesta pesquisa resultou no desenvolvimento de uma planilha eletrônica. Essa planilha é utilizada para automatizar a aplicação dos cálculos dos parâmetros de estoque.

Nas Figuras 1 e 2 é apresentado o modelo desta planilha, a qual possui informação em forma numérica e gráfica, conferindo assim, maior segurança na análise do planejamento de materiais. A Figura 1 apresenta a planilha com todos os parâmetros calculados no modelo proposto.

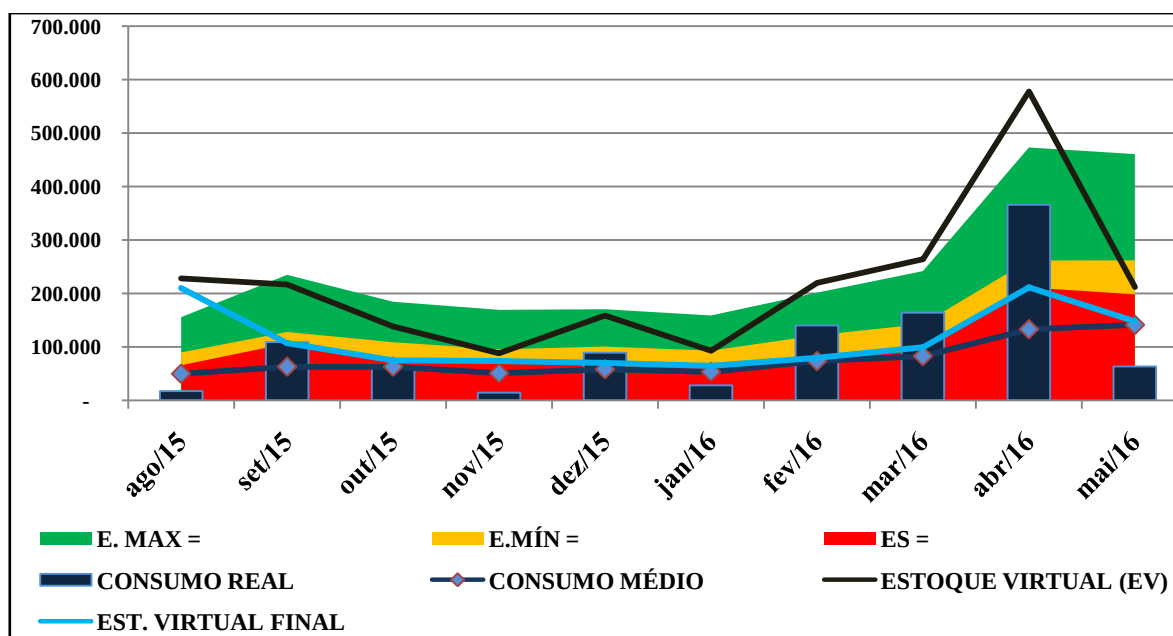
95,00%	PLANEJAMENTO DE MATERIAIS									
1,6449	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16
CONSUMO REAL	17.476	109.240	63.200	14.084	88.950	28.100	140.037	164.100	366.063	63.350
CONSUMO MÉDIO	50.000	63.358	63.305	51.000	58.590	53.508	73.935	83.079	133.556	141.767
CONSUMO PREVISTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTOQUE INICIAL	228.000	210.524	107.284	75.084	74.000	70.050	64.950	79.913	99.813	211.750
ESTOQUE FINAL	210.524	107.284	75.084	74.000	70.050	64.950	79.913	99.813	211.750	148.400
COBERTURA (MESES)	12,55	1,45	1,44	5,29	0,81	2,40	0,52	0,55	0,43	2,84
PEDIDOS ABERTOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PEDIDOS RECEBIDOS	-	6.000	31.000	13.000	85.000	23.000	155.000	184.000	478.000	-
ESTOQUE VIRTUAL (EV)	228.000	216.524	138.284	88.084	159.000	93.050	219.950	263.913	577.813	211.750
EST. VIRTUAL FINAL	210.524	107.284	75.084	74.000	70.050	64.950	79.913	99.813	211.750	148.400
GIRO	0,08	0,69	0,69	0,19	1,23	0,42	1,93	1,83	2,35	0,35
ES =	65.923	106.857	75.649	73.847	69.852	65.753	79.594	98.986	211.467	198.640
LC =	427	565	153	198	803	319	827	283	50.240	-
EST. MAX + Seg. Forn.	87.400	141.543	99.958	97.625	92.961	87.068	105.838	130.877	329.233	262.071
E. MAX =	155.923	235.102	184.836	169.670	170.809	159.147	201.778	242.100	473.411	460.964
E. MIN =	90.000	128.245	109.187	95.823	100.956	93.394	122.184	143.114	261.945	262.323
PP =	115.923	170.215	138.954	124.847	128.442	119.262	153.530	182.064	345.022	340.407
IR (meses) =	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
αD =	40.000	64.887	45.882	44.823	42.366	39.885	48.249	60.035	128.389	120.557
αTE =	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
LT (meses)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
COLOCAR PEDIDO =	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	SIM	SIM

Fonte: elaborado pelo autor (2016)

FIGURA 1 – Planilha com os cálculos dos parâmetros de estoque.

A Figura 2 demonstra o gráfico que acompanha a planilha apresentada na Figura 1, para dar mais segurança a tomada de decisão.

O ideal é que, ao final do período, o estoque final esteja sempre nivelado com o estoque de segurança; garantindo, dessa forma, o suprimento da fábrica até a chegada da próxima entrega, no período seguinte. Analisando graficamente, na Figura 2, espera-se que, ao final do mês, a linha do estoque virtual final, de cor azul clara, esteja alinhada com a área relativa ao estoque de segurança, em vermelho. O estoque de segurança é a quantidade remanescente necessária ao final do mês, para garantir o suprimento até a próxima entrega.



Fonte: elaborado pelo autor (2016)

FIGURA 2 – Gráfico utilizado no planejamento de materiais.

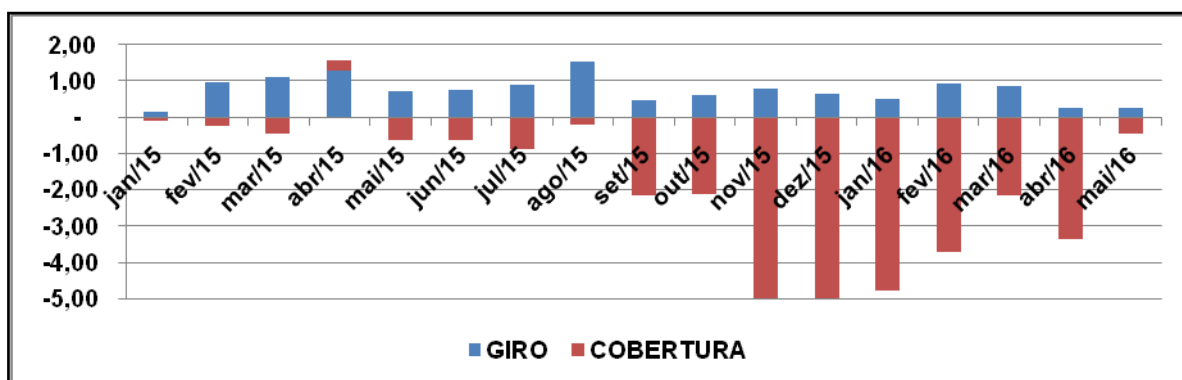
O estoque de segurança é calculado com base na variabilidade da demanda e do nível de serviço do fornecedor. Dessa forma, caso a demanda tenha um pico maior que o previsto, ou

então, caso o fornecedor atrase a entrega seguinte, a fábrica terá cobertura por um determinado tempo, relativo ao estoque de segurança.

O percentual da variabilidade que será garantido depende do coeficiente de segurança informado para cada material. Dessa forma, se informado um coeficiente de 95%, a variabilidade, que em média, tiver ficado acima desse percentual, não estará coberta. A decisão do coeficiente de segurança pode ser tomada com base no nível de serviço do fornecedor, mas, não somente na questão de pontualidade nas entregas, mas também de qualidade de material, atendimento, flexibilidade, tempo de ressuprimento, lote mínimo, preço.

Em relação aos lotes de compras, como os materiais utilizados nesta pesquisa possuem um tempo de ressuprimento muito longo, trabalha-se com previsões para projetar os meses seguintes. Dessa forma, o consumo médio é calculado com os dados das previsões, para assim projetar o consumo e definir os lotes de compras.

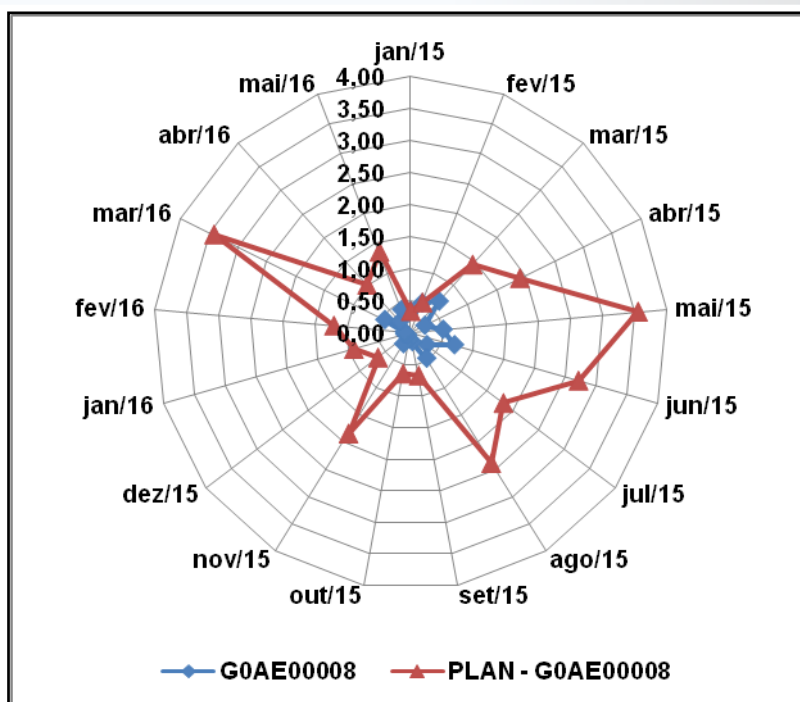
Na Figura 3 são apresentados os resultados obtidos no giro de estoque e na cobertura, de todos os materiais, em média. A evolução positiva no giro de estoques significa que houve melhoria em relação ao índice anterior. Para a cobertura de estoques, a evolução negativa no eixo das ordenadas, demonstra que foi diminuído o nível de cobertura. Nota-se que no período de abr/15 a cobertura aumentou, significando que a cobertura estava muito baixa, deixando a demanda descoberta, em caso de maior oscilação.



Fonte: elaborado pelo autor (2016)
FIGURA 3 – Resultados no giro e cobertura de estoques.

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os resultados obtidos na aplicação do método apresentado, para o material G0AE00008. A série relativa a “PLAN - G0AE00008” demonstra o resultado obtido com a aplicação do método proposto neste estudo.

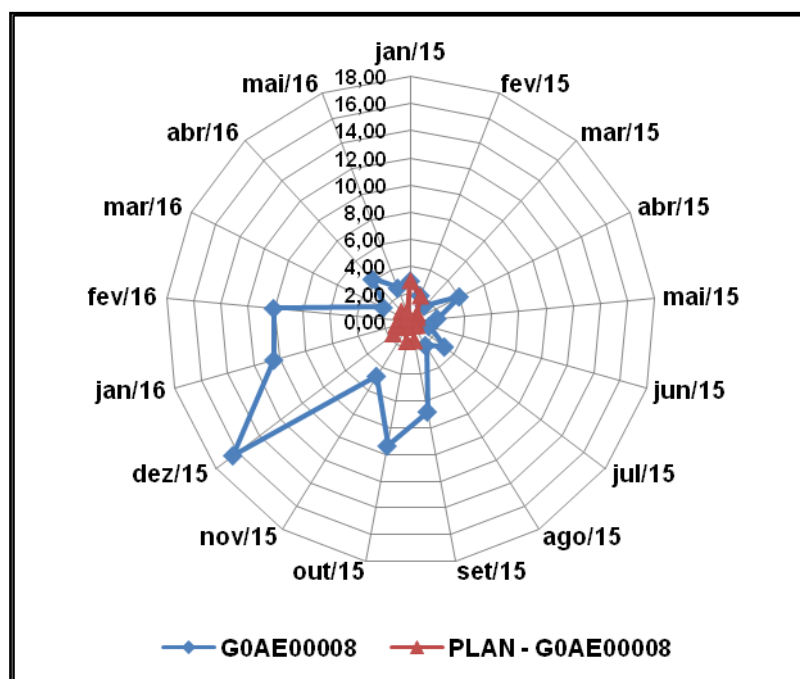
Nota-se, neste caso, uma grande melhora no giro de estoques, em todos os meses, significando que o material foi consumido logo após ser comprado. Implica em que o material ficou menos tempo no estoque, sendo logo transformado em produto acabado. Quanto maior o giro de estoques, menos material está sendo estocado sem necessidade, logo, o resultado financeiro da empresa é otimizado, pois o retorno do capital investido em material ocorrerá em menor tempo.



Fonte: elaborado pelo autor (2016)
FIGURA 4 – Giro de estoques: evolução.

A Figura 5 apresenta os resultados de cobertura de estoques. A série relativa a “PLAN - G0AE00008” demonstra o resultado obtido com a aplicação do método proposto neste estudo.

Observa-se que a cobertura de estoques diminuiu, neste caso. Pode-se inferir que estava sendo armazenada quantidade de estoque maior que a necessária. Porém, a cobertura de estoques não significa, no entanto, que quanto menor a quantidade melhor será o indicador. Existe um nível ideal que deve ser alcançado, sendo este o que foi buscado nesta pesquisa.



Fonte: elaborado pelo autor (2016)

FIGURA 5 – Cobertura de estoques: evolução.

5. Considerações Finais

O desenvolvimento de um estudo de otimização de estoques não prevê um resultado definitivo. As nuances do dia-a-dia de uma fábrica são complexas demais para serem todas incorporadas em um único modelo. Na presente pesquisa procurou-se resolver o problema do nivelamento de estoques para os materiais importados, sem, no entanto, desabastecer a fábrica.

Este objetivo foi atingido ao utilizar-se os cálculos de parâmetros de estoque baseados na variabilidade da demanda e das entregas. O estoque de segurança foi calculado com base nestas variabilidades, garantindo, assim, o suprimento durante o tempo de ressuprimento.

O tempo de ressuprimento foi diminuído estabelecendo-se uma rotina de intervalo de ressuprimento mensal, dessa forma, a cada mês chega um novo pedido. No entanto, para poder funcionar esta rotina, precisou-se de previsões de consumo. Tais previsões devem ser originadas do setor comercial, o qual fornece uma estimativa de quanto os clientes irão consumir de produto acabado. Assim sendo, faz-se a projeção do consumo para os próximos meses, considerando-se a variação média apresentada nos últimos meses. Caso essas projeções não ocorram ou estejam enviesadas, incorrerá em problemas de abastecimento, podendo resultar na falta ou na sobre de material.

Os resultados encontrados foram satisfatórios e atenderam os objetivos propostos. Com esta pesquisa foi possível estabelecer um método de planejamento capaz de calcular o lote de compra para os próximos n meses, integrando previsões de consumo e bases históricas.

Referências

- CERVO, A; BERVIAN, P. *Metodologia Científica*. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. *Fundamentos da administração da produção*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. Tradução Eduardo D'Agord Schaan et. al.
- DIAS, M. A. P. *Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GONÇALVES, P. S. *Administração de materiais*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 2ª reimpressão.
- OLIVEIRA, M. F. *Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em administração*. Catalão: Ufg, 2011.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: Unicenp, 2007.
- RICHARDSON, R. J. et al. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1989.
- YIN, R. K.. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. Tradução Daniel Grassi.