

# **Proposição de uma metodologia para otimização de estoques na indústria farmacêutica**

**Lucas Mecca Firmo (UFRGS) lucas.firmo@ufrgs.br**

**Flávio Sanson Fogliatto (UFRGS) ffogliatto@producao.ufrgs.br**

## **Resumo**

Este artigo propõe uma metodologia para otimização de estoques, utilizando de ferramentas de classificação de itens, previsão de demanda, estoque de segurança e sistemas de revisão de estoques. O estudo foi realizado em uma empresa farmacêutica que atua, principalmente, com revenda de produtos importados e apresenta um cenário complexo de planejamento, com mais de 20 mil itens. Os resultados são mensurados a partir de um comparativo entre a política atual da empresa e o método proposto pelo trabalho, alcançando uma redução de 62% dos estoques para um nível de serviço de 98%.

**Palavras chave:** Gestão de estoques, Estoque, Indústria farmacêutica

## **Abstract**

*This paper presents a methodology for inventory optimization, using tools of item classification, demand forecasting, safety stock and inventory review system. A study was conducted in a pharmaceutical company, which operates mainly with the resale of imported goods and presents a complex planning scenario, with more than 20 thousand items. The results are measured from a comparison between the current company policy and the method proposed by this paper, reaching a reduction of 55% in inventory, considering a service level of 98%.*

**Keywords:** *Inventory Management, Inventory, Pharmaceutical Industry*

## **1. Introdução**

Em tempos recentes, observou-se o crescimento, no cenário organizacional global, da preocupação com a logística empresarial e, particularmente, com a gestão da cadeia de suprimentos. A busca pela eficiência, nesse sentido, passa pela adoção de

metodologias cientificamente embasadas para o gerenciamento dos estoques (FILHO, 2004).

Contudo, existe uma dicotomia em relação a estoques. Por um lado eles são custosos, demandando uma considerável quantidade de capital. Mantê-los também representa risco, já que itens em estoque podem deteriorar-se, tornar-se obsoletos e, além disso, ocupam espaços valiosos. Por outro lado, proporcionam certo nível de segurança em ambientes incertos, uma vez que a empresa pode entregar prontamente os itens em estoque, quando os consumidores os demandarem (SLACK *et al.*, 2009). Sendo assim, o que cabe à empresa é administrá-los da melhor forma possível para que esses estoques não tragam custos elevados. Para isso, existe a gestão de estoque, a qual busca auxiliar empresas a gerenciar, de uma forma mais adequada, seus recursos, para que não excedam e, ao mesmo tempo, não falem (SANTOS *et al.*, 2012).

A gestão de estoques é um conjunto de políticas e controles que monitoram os níveis de itens em estoque, determinando quanto manter e quando comprar (ELSAYED; BOUCHER, 1994). Para facilitar esse controle de estoques são utilizadas ferramentas de gestão, tais como: previsão de demanda, estoque de segurança, classificação de itens, políticas de revisão periódica ou contínua e ponto de reposição (GWYNNE; GRINSTED, 2013).

A previsão de demanda, por exemplo, é utilizada como ferramenta para definir a quantidade de produtos que serão demandados em um certo intervalo de tempo futuro, facilitando o planejamento e o controle do estoque desses produtos (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004). O estoque de segurança é uma ferramenta, diretamente relacionada a previsão de demanda, servindo como reserva e evitando a escassez de produtos. Um nível elevado de estoque de segurança aumenta as chances da empresa assimilar grandes variações de *lead time* e demanda, diminuindo a probabilidade de ruptura do estoque. A questão a responder, então, é “qual o nível a ser mantido de estoque de segurança?”. Para isso, deve-se ponderar o custo do estoque em mãos, custo de *backorder* (suprimento atrasado da demanda) e nível de serviço esperado (WATERS, 2003).

Além disso, em qualquer empresa que contenha mais de um item armazenado será verificado que alguns deles são mais importantes que outros. Por exemplo, ou podem ter uma taxa de uso muito elevada, de modo que sua falta atinja muitos consumidores,

ou um custo muito alto, de forma que estoques excessivos sejam muito caros para a empresa. (SLACK *et al.*, 2009). Ao encontro disso, pode-se utilizar ferramentas de classificação de itens, para definição de políticas de gestão diferenciadas para cada segmento, focando os esforços naqueles itens mais importantes (GWYNNE; GRINSTED, 2013).

O objetivo principal desse trabalho é propor uma metodologia de otimização de estoques, agregando técnicas de classificação de itens, previsão de demanda e gestão de estoques, que possibilitem um equilíbrio entre custos de estoque e de não atendimento a pedidos. Esse estudo foi realizado numa empresa do ramo farmacêutico, que atua basicamente como revenda de produtos de origem estrangeira. Logo, o lucro operacional da empresa está fortemente vinculado ao nível de serviço dos itens em estoque. Devido a isso, o estudo se mostra pertinente, pois o dimensionamento utilizado atualmente é baseado no conhecimento empírico de funcionários, alguns dos quais já não atuam mais na empresa. Conseqüentemente, pode-se estar utilizando uma política sub-ótima na gestão desse estoque, o que reflete diretamente no resultado da empresa.

O artigo está organizado como segue. Após essa introdução, a seção 2 apresenta o referencial teórico focado nos temas classificação de itens, previsão de demanda e gestão de estoques. A terceira seção traz o método utilizado para realização do trabalho. Já na quarta seção são apresentados os principais resultados obtidos a partir da análise dos dados da empresa. Por fim, a última seção aborda as conclusões do artigo.

## **2. Referencial Teórico**

Nesta seção serão expostas as referências utilizadas para o trabalho aplicado, sendo os temas de interesse: classificação de itens, previsão de demanda e gestão de estoques.

### **2.1. Classificação de itens**

É comum encontrar empresas que trabalham com uma vasta gama de itens, os quais podem apresentar diferentes especificações em relação, por exemplo, à função, ao estilo, ao tamanho, à cor ou à funcionalidade (SILVER *et al.*, 1998). Devido a isso, Huiskonen (2001) defende que para um melhor controle de estoque é essencial a classificação desses itens.

Conforme Boylan *et al.* (2008), a classificação é importante para permitir a escolha do método de previsão de demanda, determinar a política de estoque, estabelecer níveis

de serviço e definir metas de desempenho. Van Kampem *et al.* (2012) realizam uma compilação de métodos utilizados para classificação de itens, dividindo-os entre aqueles baseados em julgamento e em princípios estatísticos. As técnicas classificadas como de julgamento se baseiam nas opiniões dos *experts*; já as técnicas estatísticas se baseiam na variedade, complexidade e características dos itens.

Segundo Cavalieri *et al.* (2008), os métodos baseados em julgamento avaliam a importância de se manter certo item em estoque com base nas informações de uso específico e nos fatores que influenciam sua gestão, tais como custo, inatividade e características de armazenamento. As principais técnicas que utilizam essa perspectiva são a VED (*Vital, Essential and Desirable* ou Vital, Essencial e Desejável) e o AHP (*Analytic Hierarchy Process* ou Processo Analítico Hierárquico). O sistema de classificação VED consiste em, através de consulta aos especialistas, classificar os itens em vitais (V), essenciais (E) e desejáveis (D) para a empresa. Por exemplo, se a falta de um item afeta diretamente o processo produtivo, interrompendo a operação dos equipamentos, ele é classificado como vital. Se o mesmo item apresenta uma unidade de reserva, ele é considerado essencial; caso o item não afete diretamente o processo, ele é categorizado como desejável. Esse tipo de classificação é muito utilizado em peças de reposição, porém pode ser de difícil aplicação em consequência de sua subjetividade (MUKHOPADHYAY *et al.*, 2003). Devido a isso, Gajpal *et al.* (1994) propõem um modelo baseado no uso do AHP para classificação dos itens. Nesse modelo são utilizados três quesitos de comparação entre os itens: o tipo de item, seu prazo de entrega e o impacto no processo decorrente da sua falta.

Os métodos estatísticos avaliam a representatividade dos itens a partir da utilização de ferramentas matemáticas. Algumas dessas abordagens utilizam apenas um critério; já outras incorporam um grande número de características na análise (VAN KAMPEM *et al.*, 2012). As técnicas podem se basear ou no princípio de Pareto, o qual demonstra que uma pequena parte das causas representa a grande maioria dos efeitos, ou nos padrões de demanda dos itens (CAVALIERI *et al.*, 2008).

A classificação ABC é um método que utiliza o princípio de Pareto para classificação dos itens em três classes: A, B e C (BLACKSTONE; COX, 2008). Inicia-se listando todos os itens em ordem decrescente de demanda, volumes ou valores, categorizando-os em classes conforme sua representatividade (SILVER *et al.*, 1998). Os itens A representam em média 20% da quantidade, porém correspondem a 80% do

critério escolhido. Itens B representam, em média, 30% da quantidade e 15% do critério, e os itens C representam 50% dos itens e apenas 5% do critério (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2002).

Harhalakis *et al.* (1989) demonstram que a classificação ABC pode ser utilizada com o agrupamento de critérios, o que pode ser efetivo para as empresas, já que transcende o julgamento pelo custo unitário, acrescentando critérios diferentes na análise. Flores e Whybarck (1986) utilizam uma matriz para relacionar dois critérios diferentes na classificação dos itens. Com isso, alcançam uma classificação diferente do ABC clássico e possibilitam uma maior adaptabilidade as prioridades de cada gestor.

Já o método FSN (*Fast, Slow and No Moving* ou Rápido, Lento e Sem Movimento) é usado para distinguir os itens com alta movimentação daqueles de baixa ou nenhuma movimentação. (CAVALIERI *et al.*, 2008; VAN KAMPEM *et al.*, 2012). Conforme o método os itens são classificados a partir de critérios como a taxa de consumo média e o tempo médio de permanência em estoque. Após isso, os resultados nos dois critérios são combinados gerando a classificação FSN final. (VAISAKH *et al.*, 2013)

## **2.2. Previsão de demanda**

As informações sobre demanda são essenciais no gerenciamento do volume dos estoques de matéria-prima ou produtos finais (THOMAS, 1996). A previsão de demanda no contexto de gestão de estoques serve como base para importantes tomadas de decisão, tais como: quanto pedir, momento de pedir e estoque de segurança (GARDNER; DIAZ-SAIZ, 2002). Armstrong (2001) define quatro etapas para a realização da previsão da demanda: (i) definição do problema; (ii) obtenção do padrão de demanda; (iii) escolha do método de previsão; e (iv) monitoramento.

Os diferentes tipos de padrão de demanda são resultados da variação da demanda ao longo do tempo. Eles podem apresentar características de crescimento, declínio, sazonalidade e flutuações, que podem ser ocasionadas por diferentes fatores. Tais padrões de demanda são classificados em dois tipos: regulares e irregulares (isto é, de demanda intermitente; BALLOU, 2001). Para demandas com alta variabilidade Syntetos *et al.* (2005) desenvolveram uma classificação baseada no intervalo médio entre demandas ( $p$ ) e no quadrado do coeficiente de variação da demanda ( $CV^2$ ). Foram estabelecidos quatro quadrantes, conforme figura (1), que dividem as demandas em

errática, *lumpy*, suave e intermitente, indicando qual método de previsão é o mais adequado para esses tipos de demanda.

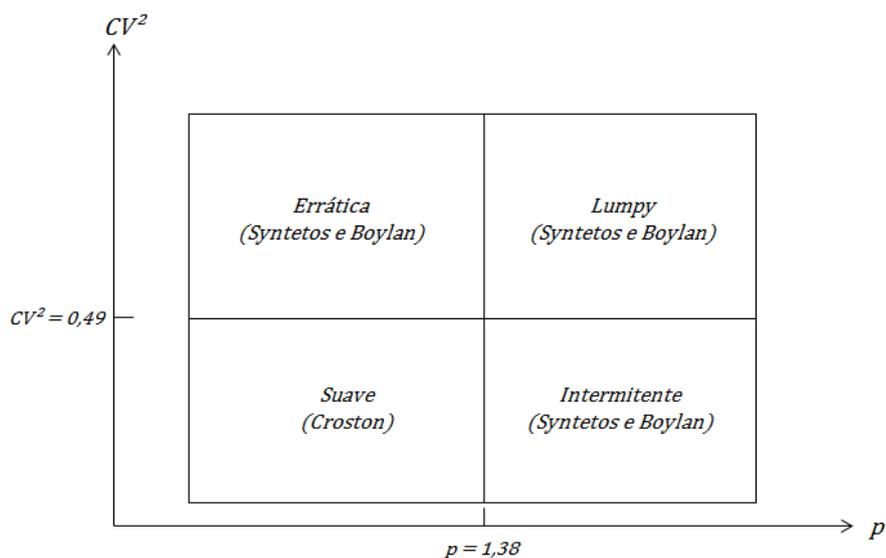


Figura 1: Classificação da demanda

Fonte: Adaptado de Boylan *et al.* (2008)

Os métodos de previsão podem ser divididos em qualitativos e quantitativos. Os métodos qualitativos, como Pesquisa de Intenções e Delphi, tentam extrair o conhecimento de especialistas sobre a probabilidade de ocorrência de eventos futuros (ARMSTRONG, 2001). Esse tipo de metodologia é utilizado, principalmente, para formulação de estratégias, novos produtos e ajustes em previsões quantitativas (GOODWIN, 2002; ELSAYED E BOUCHER, 1994). Já os métodos quantitativos utilizam de duas abordagens: (i) análise de séries temporais; ou (ii) métodos causais (SLACK *et al.*, 2009). Na análise de séries temporais utiliza-se da demanda histórica para prever a futura (ELSAIED E BOUCHER, 1994); já nos métodos causais, avalia-se o relacionamento de causa e efeito entre variáveis-chave (SLACK *et al.*, 2009).

Na Pesquisa de Intenções é realizada uma descrição enxuta sobre o produto e suas condições de venda. Essa descrição é fornecida para possíveis consumidores, questionando a intenção e a probabilidade de compra do item (ARMSTRONG, 2001). Já no método Delphi, um grupo de especialistas responde questionários de maneira anônima. Essas respostas são compiladas e retornam a eles para uma reavaliação, para que, a partir do confronto dessas diferentes opiniões, seja possível chegar a um consenso sobre a demanda futura do item (SLACK *et al.*, 2009).

No estudo de séries temporais, decompõe-se a série em quatro componentes: (i) tendência, que identifica o sentido da série durante um período de tempo; (ii) ciclo, movimento ondulatório que é observado durante muitos anos; (iii) sazonalidade, movimento ondulatório sistemático observado dentro de um ano; e (iv) acontecimentos aleatórios (MAKRIDAKIS, 1998).

Nos modelos de suavização exponencial, os dados mais recentes das séries têm maior representatividade. No método da média móvel, é calculada a média aritmética ou ponderada de  $n$  observações mais recentes, sendo indicado para previsões de curto prazo e dados históricos irregulares, sem presença de tendência e sazonalidade. Para séries com tendência, pode-se utilizar o modelo de Holt. Já para séries sazonais, o modelo de Holt-Winters é o indicado (MAKRIDAKIS, 1998).

No método de Box-Jenkins um modelo matemático é construído a partir da estrutura de autocorrelação da série temporal. Esses modelos dividem-se em: (i) autoregressivos, os quais exploram a autocorrelação da variável de demanda; (ii) de média móvel, que se baseiam na autocorrelação dos erros da previsão; e (iii) mistos. Se as correlações são fortes e estáveis, esses métodos geram melhores resultados do que os métodos de suavização exponencial (BOX *et al.*, 1994).

Por fim, para demandas intermitentes o método mais indicado é o de Croston (1972) que estima o intervalo entre as demandas ( $p_t$ ) e os volumes em cada período ( $z_t$ ) separadamente. O método é atualizado apenas quando há ocorrência de uma demanda positiva. No caso de períodos sem demanda os valores de  $z_t$  e  $p_t$  se mantêm os mesmos, apenas atualizando a contagem dos intervalos. A demanda de Croston é descrita pela equação (1). Syntetos e Boylan (2001) propõem uma correção no modelo de Croston, conforme equação (2), que obteve melhores resultados em alguns tipos de demanda intermitente.

$$F_{t+1} = z_t/p_t \quad (1)$$

$$F_{t+1} = (1 - \frac{\alpha}{2}) z_t/p_t \quad (2)$$

### **2.3. Gestão de estoques**

Um sistema de gestão de estoques se baseia em três questões fundamentais: (i) frequência de revisão do estoque; (ii) momento de colocação de um novo pedido; e (iii)

quantidade a ser pedida (SILVER *et al.*, 1998). Segundo Wanke (2011), a gestão de estoques tem o objetivo de coordenar a oferta de produtos frente à demanda existente, a partir de um conjunto de decisões que estejam alinhadas com metas estabelecidas de nível de serviço, custos e obsolescência, por exemplo. De acordo com Rego e Mesquita (2011), pode-se dividir os modelos de gestão de estoques em modelos clássicos (de revisão contínua e periódica) e modelos específicos para demandas intermitentes.

O modelo de revisão contínua mantém um registro atual do status do estoque de cada item em uma base contínua (MONKS, 1987). De acordo com esse modelo,  $Q$  unidades são demandadas assim que o ponto de reposição  $PP$  for atingido, sendo o ponto de pedido definido a partir de um dado nível de serviço esperado, o qual é traduzido em um certo nível de estoque de segurança conforme equação (3) (REGO E MESQUITA, 2011; RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

$$PP = D_t t_r + ES, \quad (3)$$

onde  $D_t$  é a demanda média por unidade de tempo,  $t_r$  é o tempo médio de ressuprimento, e  $ES$  é o estoque de segurança.

O cálculo de lote econômico de compra (LEC) pode ser utilizado para determinar a quantidade ótima a ser pedida com base nos custos de manutenção de estoque e colocação de pedidos. Para o cálculo do LEC, é necessário o conhecimento da demanda anual do produto, custos de pedido e de estocagem (HARRIS, 1913). Porém, segundo Wild (2002), na prática o modelo LEC resulta em um nível de estoque muito elevado, sendo aconselhável seu uso apenas se a empresa não tenha esse critério como objetivo de redução.

A sistemática de revisão periódica consiste em realizar uma revisão dado um intervalo de tempo fixo  $T$ , efetuando um pedido que reponha o estoque até um nível máximo  $S$  (REGO E MESQUITA, 2011). Segundo Elsayed e Boucher (1994), o nível máximo de estoque deve ser suficiente para garantir o atendimento da demanda durante o *lead time* mais o intervalo entre pedidos. O estoque máximo  $S$  é obtido a partir da soma do estoque base e do estoque de segurança, conforme equação (4). O ponto forte desse método, segundo Novaes e Alvarenga (1994), é que o intervalo fixo das revisões elimina a necessidade do controle contínuo do estoque, e esse intervalo pode ser definido pela empresa com o objetivo de reduzir o custo de pedido, custo de guarda ou qualquer outro critério conveniente.

$$S = \mu_d * \mu_{ip} + ES \quad (4)$$

onde  $\mu_d$  é a demanda média diária,  $\mu_{ip}$  intervalo de proteção (intervalo entre pedidos + *lead time*), e ES é o valor do estoque de segurança.

Segundo Slack *et al.* (2009), é necessário construir um estoque de segurança capaz de absorver variações sem prejudicar o atendimento ao cliente. Para Chopra e Meindl (2003), a quantidade mantida como estoque de segurança está diretamente relacionada às incertezas e o nível de serviço desejado. As incertezas que geram a necessidade de estoque de segurança podem ser agrupadas da seguinte forma: (i) incerteza no *lead time* (atraso do fornecedor, ciclos logísticos maiores que o planejado, etc.); (ii) incerteza na demanda (demanda real maior que a planejada); e (iii) incerteza na quantidade recebida (recebimento de uma quantidade diferente da solicitada) (GUERRA, 2009). A equação (4) apresenta a forma de cálculo do estoque de segurança.

$$ES = z * \sqrt{\sigma_d^2 t + \sigma_t^2 d^2} \quad (5)$$

onde  $z$  é o fator de segurança (dado como número de desvios-padrão da média de demanda durante o tempo de resposta),  $\sigma_d$  é o desvio padrão da demanda,  $t$  é intervalo de proteção,  $\sigma_t$  é o desvio padrão do *lead time* e  $d$  é demanda média.

### 3. Procedimentos metodológicos

Nesta seção será abordado a caracterização do método de pesquisa, quanto sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos. Também, será apresentado o método de trabalho utilizado.

O trabalho realizado pode ser classificado quanto a sua natureza como aplicado, pois foi realizado com intuito de otimizar os estoques da empresa em estudo, proporcionando um resultado prático, que é visível do ponto de vista econômico, por exemplo. Quanto à abordagem, classifica-se como uma pesquisa quantitativa, devido à forte utilização de modelos matemáticos para, a partir disso, obter uma solução. Em relação aos objetivos, a pesquisa enquadra-se como explicativa, já que é realizada coleta de dados, análise e interpretação, com intuito de identificar uma melhor solução para o problema em questão, visando estruturar um modelo que seja aplicável em cenários que apresentem problemas semelhantes aos expostos neste trabalho. Por fim, quanto aos procedimentos

classifica-se como um estudo de caso, uma vez que consiste em uma análise baseada em uma empresa para compreensão ampliada sobre a situação estudada.

O método de trabalho foi estruturado em cinco etapas: (i) coleta de dados; (ii) classificação dos itens; (iii) análise e previsão de demanda; (iv) definição do modelo de gestão de estoques; e (v) validação dos resultados. A figura (2) apresenta um fluxograma com as etapas do método proposto.

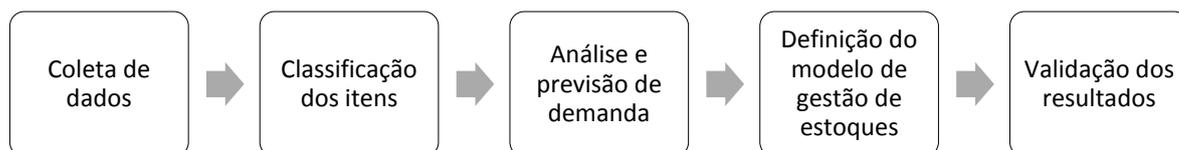


Figura 2: Etapas do método de trabalho

Na etapa de coleta de dados é necessário extrair as informações de: (i) dados históricos de demanda por SKU, (ii) *lead time* de entrega por SKU, (iii) saldo de estoque mensal por SKU e (iv) quantidades mensais de recebimento por SKU. Esses dados serão utilizados nas etapas posteriores de classificação dos itens e de análise e previsão de demanda.

A próxima etapa consiste na classificação dos SKU's. O objetivo desta etapa é estratificar os dados e formar grupos que facilitem a gestão. O método de classificação utilizado é o FSN, que consiste em criar três grupos de itens (*Fast, Slow e No Moving*) baseado na combinação das suas taxas de consumo, equação (6), e do tempo médio de permanência em estoque (TMPE), equação (7).

$$\text{Taxa de consumo} = \frac{\text{Demanda Total}}{\text{Duração do período}} \quad (6)$$

$$\text{TMPE} = \frac{\text{Estoque acumulado}}{(\text{Total recebido} + \text{Estoque Inicial})} \quad (7)$$

A partir disso, os itens são classificados em cada um dos critérios separadamente. Para a taxa de consumo objetiva-se que os itens F representem 70% do consumo acumulado, os itens S representem 25% e os itens N representem 5%. Já para o tempo médio de permanência objetiva-se que os itens N representem 70% do tempo médio de permanência acumulado, os itens S representem 25% e os itens F representem 5%. Após isso, os resultados são combinados conforme regra apresentada na tabela (1) para gerar a classificação final.

<b>Classificação pela Taxa de Consumo</b>	<b>Classificação pelo tempo médio de permanência</b>	<b>Classificação Final</b>
F	F	F
F	S	F
F	N	S
S	F	S
S	S	S
S	N	N
N	F	S
N	S	N
N	N	N

Tabela 1: Classificação FSN

A etapa seguinte consiste na análise e previsão de demanda, que tem como objetivo ajustar um modelo de previsão na série temporal da demanda. A escolha de um método que tenha boa aderência é importante para os próximos passos do estudo, pois a previsão é um *input* importante para o modelo de gestão de estoques. De posse dos dados históricos é gerado a série temporal de cada SKU, a fim de analisar a padrão da demanda, se apresenta tendência, sazonalidade, variabilidade e etc. Após isso, os métodos de previsão de demanda são testados a partir do *software* matemático Minitab, sendo escolhido aquele que apresentar o menor MAPE (Erro Percentual Médio) descrito pela equação (8).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - F_t}{D_t} \right| \quad (8)$$

onde  $D_t$  é a demanda no período  $t$  e  $F_t$  é a previsão para o período  $t$

A etapa de definição do modelo de gestão de estoques foi realizada a partir de uma reunião junto ao gestor da área ponderando as vantagens e desvantagens de cada modelo. Esse encontro é realizado para identificar os objetivos de estoque e o período de revisão que melhor se encaixa a empresa. Após isso, são calculados os estoques base e de segurança necessários para que o nível de serviço esperado seja alcançado, considerando as variações de demanda e de *lead time*.

Por fim, é realizada uma validação dos resultados frente aos dados encontrados no contexto real. Essa etapa é importante para mensurar o resultado obtido com a aplicação do método, a fim de possibilitar sua futura utilização em outras empresas. Nessa etapa

os resultados são confrontados com a política e os objetivos de estoques da empresa comparando os custos de estoque e nível de serviço.

#### **4. Resultados**

O presente trabalho foi realizado em uma empresa do ramo farmacêutico que possui 36 unidades fabris e administrativas ao redor do mundo e atua em mais de 100 países. A empresa possui cerca de 13.000 colaboradores, sendo 300 destes funcionários no Brasil. Sua atuação no mercado brasileiro está organizada em três linhas de produtos: linha de cuidados com a visão, que engloba lentes de contato e soluções para assepsia de lentes, linha farma e linha cirúrgica. A principal linha da empresa é a de cuidados da visão, representando cerca de 50% do faturamento da empresa. O principal canal de vendas da empresa são os distribuidores, sendo cada região atendida por um único distribuidor vinculado à empresa que, por sua vez, atende óticas, farmácias e consultórios médicos.

A empresa possui um cenário de planejamento bastante complexo, contando com mais de 20 mil SKU's ativos e sendo quase que a totalidade oriundos de importação. O modelo de gestão de estoques utilizado pela empresa foi definido empiricamente a partir da experiência dos funcionários. Foi delimitada uma cobertura de estoques ideal que deve ser atingida no início de cada ciclo de vendas. Por exemplo, uma família de produtos deve ter 4 meses de estoque disponível no fechamento mensal, para que inicie o mês seguinte com a cobertura definida. As previsões de vendas são de responsabilidade da área comercial, que as envia em nível de famílias, sendo explodida para os itens a partir da sua representatividade histórica percentual dos últimos 12 meses.

A primeira etapa do método proposto foi a coleta de dados. Inicialmente, foram coletados dados históricos de demanda, estoque, quantidades recebidas e pedidos de importação por SKU, dos anos de 2009 à 2014. O total de SKU's coletados foi de 4.512, que referem-se a uma família de lentes de contato que responde por 40% das vendas da linha. Todos os dados foram retirados diretamente do banco de dados da empresa.

De posse dos dados foi iniciada a segunda etapa do método, que consiste em classificar os SKU's em grupos que facilitem sua gestão. Para isso foi utilizado a classificação FSN baseada na taxa de consumo e no tempo médio de permanência no estoque. Primeiramente, os itens foram classificados conforme a taxa de consumo diária

gerando a primeira classificação FSN (Tabela 2). Após isso, foi analisado o tempo de permanência em estoque de cada SKU, gerando a segunda classificação FSN (Tabela 3). Com as duas análises finalizadas, as classificações foram combinadas conforme regra exposta na Tabela 1 da seção 3. Por fim, o resultado final ficou com a classe F representada por 21% dos SKU's, a classe S representada por 34% e a classe N representada por 45%.

Item	Taxa de consumo diário	Taxa de Consumo Acumulada	% Taxa de Consumo Acumulada	Classificação
SKU 1	4,51	4,51	0,83%	F
SKU 2	2,73	7,24	1,34%	F
SKU 3	2,57	9,80	1,81%	F
SKU 4	2,31	12,12	2,24%	F
SKU 5	2,03	14,14	2,62%	F
SKU 6	1,84	15,98	2,96%	F
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

Tabela 2: Classificação FSN - Taxa de consumo diária

Item	Estoque Inicial	Estoque acumulado	Total recebido	TMPE	TMPE Acumulado	% TPME Acumulado	Classificação
SKU 4481	1	24	0	24,00	24,00	0,12%	N
SKU 3870	1	38	1	19,00	43,00	0,22%	N
SKU 3335	1	79	4	15,80	58,80	0,31%	N
SKU 3912	3	43	0	14,33	73,13	0,38%	N
SKU 3124	5	86	1	14,33	87,47	0,45%	N
SKU 4421	1	28	1	14,00	101,47	0,53%	N
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

Tabela 3: Classificação FSN- TMPE

Devido ao alto número de SKU's, foi selecionado um item de cada grupo para a aplicação das etapas seguintes do método. Os itens escolhidos serão tratados como Lente F, Lente S e Lente N, representando o grupo de origem aos quais pertencem. A etapa seguinte consistiu na análise da demanda desses itens; para isso, foram geradas as séries temporais de demanda para cada lente. Para obter o modelo de previsão, foram utilizados os dados de demanda mensal de 2009 à 2014.

A partir da análise das séries temporais (Figura 3) foi possível identificar que a Lente F possui uma leve tendência de crescimento; já as Lentes S e N possuem alta

variabilidade na demanda, apresentando períodos em que a demanda é zero e inconstância no tamanho das demandas. A Lente S apresenta  $CV^2 = 0,45$  e  $p = 0,96$ , sendo classificada como uma demanda “Suave” pelo método exposto na Figura 1; já a Lente N é classificada como “Errática”, devido aos valores de  $CV^2 = 1,98$  e  $p = 0,97$ .

A partir, da análise das séries temporais foram avaliados os modelos de previsão mais indicados para cada padrão de demanda. Para a Lente F foram avaliadas modelagens de previsão de demanda como: Suavização Exponencial Dupla, Box-Jenkins e Média Móvel. As acurácias foram avaliadas a partir do indicador MAPE, calculado considerando os valores previstos e valores realizados da série temporal. O modelo que obteve o melhor resultado foi o de Média Móvel com quatro observações ( $n = 4$ ), com MAPE = 13,57%.

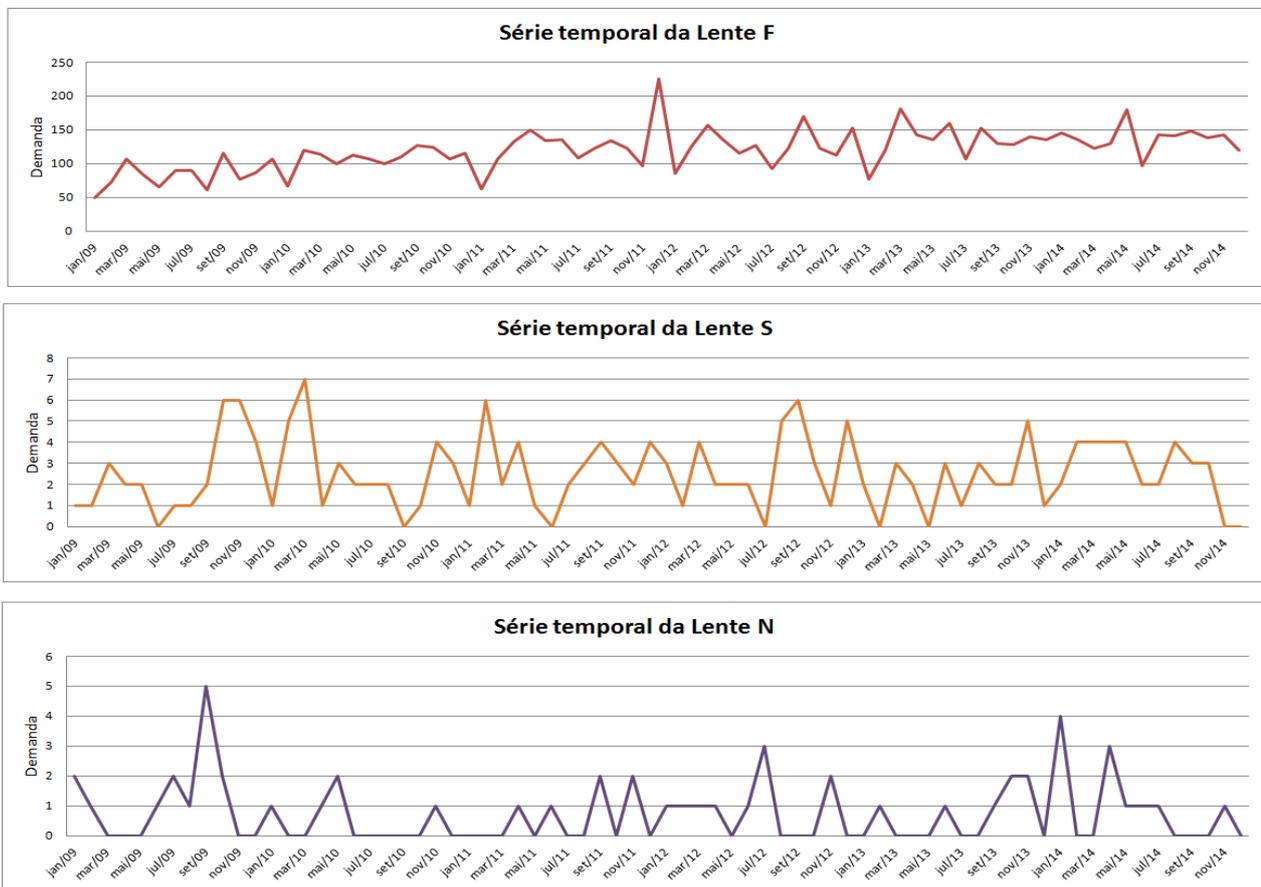


Figura 3: Séries temporais de demanda

Para as Lentes S e N foram utilizados os métodos de Croston, e de Syntetos e Boylan, respectivamente, conforme indicado por Syntetos *et al.* (2006). Para o método de Croston foi utilizado  $\alpha = 1$  como parâmetro para suavização. Com isso, a previsão teve uma boa aderência a série temporal, resultando em um MAPE = 5,37%. Já para a

Lente N foi utilizado o método de Syntetos e Boylan com  $\alpha = 0,2$ , sendo que o modelo que mais se aproximou da série de demanda apresentou um MAPE = 24,97%.

A partir dos melhores modelos foram geradas as previsões de demanda das Lentes F, S e N para os três primeiros meses de 2015, conforme apresentado na Tabela (4).

Mês	Previsão Lente F	Previsão Lente S	Previsão Lente N
Jan/15	140	3	1
Fev/15	140	3	1
Mar/15	140	3	1

Tabela 4: Previsões de demanda para as Lentes F, S e N

A próxima etapa realizada foi a análise do *lead time* de entrega dos itens. Essa é uma informação importante para a posterior definição do estoque de segurança e nível de serviço, já que os produtos da empresa são de origem importada e estão sujeitos a prazos de liberação pela ANVISA e Receita Federal, que podem variar. Os dados coletados continham data de emissão, quantidade solicitada, data de entrega e quantidade entregue. Porém, foram utilizadas apenas as datas de emissão e de entrega das ordens de compra, já que o fornecedor não fraciona entregas. Com isso, foram calculados média e desvio padrão dos dados. Também foi realizado teste qui-quadrado que confirmou a aderência dos dados à uma distribuição normal com os parâmetros de média e desvio padrão expostos na Tabela (5).

Lente F			Lente S			Lente N		
Data de emissão	Data de entrega	Lead time (dias)	Data de emissão	Data de entrega	Lead time (dias)	Data de emissão	Data de entrega	Lead time (dias)
09/02/15	02/04/15	52	09/02/15	02/04/15	52	12/05/14	11/07/14	62
12/01/15	31/03/15	78	02/02/15	31/03/15	57	28/04/14	01/07/14	64
26/01/15	20/03/15	53	03/11/14	15/12/14	42	03/02/14	16/04/14	72
19/01/15	26/03/15	66	27/10/14	16/12/14	50	20/01/14	26/03/14	65
15/12/14	13/02/15	60	29/09/14	12/11/14	44	10/06/13	08/08/13	59
08/12/14	05/02/15	69	22/09/14	30/10/14	38	19/11/12	18/01/13	60
24/11/14	16/01/15	53	25/08/14	06/10/14	42	30/07/12	01/10/12	63
17/11/14	16/01/15	60	18/08/14	30/09/14	43	23/07/12	15/10/12	84
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Média</b>		53,38			47,67			69,80
<b>Desv. Pad.</b>		10,08			6,39			10,11

Tabela 5: Dados de *lead time* de entrega

O modelo de gestão de estoques começou a ser definido a partir de uma reunião com o gestor da área. Foi identificado que o sistema de revisão periódica seria o mais adequado para a empresa, pois as ordens de compra devem ser enviadas ao fornecedor obedecendo a “janela de pedidos” contratada. A empresa tem acordado que os pedidos são enviados todas as segundas-feiras; portanto, o período de revisão de estoque ( $P$ ) escolhido foi de 7 dias.

Para operacionalizar o sistema de revisão periódica também foi necessário estabelecer o estoque base ( $S$ ), que deve ser suficiente para suprir a demanda média durante o intervalo de proteção, além de um estoque de segurança ( $ES$ ), que deve absorver as variações na média durante o mesmo intervalo. O intervalo de proteção é composto por  $IP = \text{período de revisão} + \text{lead time}$ , porém quando tratamos de regimes contínuos de pedidos, deve-se ajustar o intervalo de proteção para o período de revisão (LE MOS; FOGLIATTO, 2004). Portanto, como a empresa possui um regime contínuo de pedidos, o intervalo de proteção utilizado será 7 dias (0,233 mês).

Primeiramente, foi calculado o estoque de segurança para os itens analisados, a partir da equação (5). O desvio padrão da demanda foi calculado a partir das diferenças entre os valores de demanda realizados e previstos. Já o desvio padrão do *lead time* foi calculado a partir dos dados de pedidos apresentados na Tabela 5. O nível de serviço objetivado pela empresa é de 98%, que corresponde ao valor de  $z = 2,05$ . A Tabela (6) apresenta os valores resultantes de estoque de segurança por item.

	<b>Lente F</b>	<b>Lente S</b>	<b>Lente N</b>
Intervalo de proteção ( $t$ )	7	7	7
Variância <i>lead time</i> ( $\sigma_t^2$ )	101,58	40,79	102,17
Demanda média diária ( $d$ )	4,66	0,1	0,03
Variância demanda ( $\sigma_d^2$ )	477,95	0,81	0,89
<b>Estoque de Segurança (98%)</b>	<b>153</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

Tabela 6: Valores para o cálculo do ES

Os valores de estoque base foram calculados multiplicando a demanda prevista para o período pelo intervalo de proteção. Como as previsões geradas para os próximos 3 meses são uniformes, os valores de estoque base foram definidos conforme equação (9) para Lente F, equação (10) para Lente S, e equação (11) para Lente N.

$$B_F = (140/30) \times 7 = 33 \quad (9)$$

$$B_S = (3/30) \times 7 = 1 \quad (10)$$

$$B_N = (1/30) \times 7 = 0 \quad (11)$$

De posse dessas informações foi possível calcular o estoque total necessário por item, somando o estoque base com o estoque de segurança. A Tabela (7) realiza um comparativo entre o modelo proposto pelo estudo frente ao modelo atual. O modelo atual foi calculado a partir da política de estoques da empresa. Como a política para essa família de lentes é manter 4 meses de estoque, a demanda média mensal (recebida da área comercial da empresa) foi multiplicada por quatro para estabelecer o estoque total em cada mês. Já o valor de estoque para ambos os modelos foi calculado multiplicando a quantidade em estoque pelo custo médio do item.

		Modelo Proposto			Modelo Atual		
	Mês	Demanda Prevista Mensal	Estoque Total	Valor de estoque (R\$)	Demanda Prevista Mensal	Estoque Total	Valor de Estoque (R\$)
<b>Lente F</b>	jan/15	140	186	3.906	135	540	11.340
	fev/15	140	186	3.906	128	512	10.752
	mar/15	140	186	3.906	120	480	10.080
		Subtotal			11.718		
<b>Lente S</b>	jan/15	3	6	126	3	12	252
	fev/15	3	6	126	2	8	168
	mar/15	3	6	126	2	8	168
		Subtotal			378		
<b>Lente N</b>	jan/15	1	6	126	1	4	84
	fev/15	1	6	126	0	1	21
	mar/15	1	6	126	0	1	21
		Subtotal			378		
		<b>Total</b>		<b>12.474</b>			<b>32.886</b>

Tabela 7: Comparativo de estoques entre modelo proposto e modelo atual

Foi possível identificar que a modelagem proposta neste artigo representa uma redução de R\$ 20.412,00 no estoque total das três lentes, no horizonte de previsão analisado. Também se identifica que a política utilizada pela empresa por um lado está superestimando os valores de estoque das Lentes F e S, em R\$ 20.454,00 e R\$ 210,00, respectivamente, e, por outro lado, subestimando em R\$ 252,00 o valor para a Lente N. Isso demonstra que tratar os itens de uma mesma maneira não é o mais correto, já que eles apresentam características diferentes de demanda e *lead time*, o que pode ocasionar excesso de estoque para alguns itens e riscos de rupturas para outros.

## 5. Conclusão

A gestão de estoques é um assunto de importância para as empresas que buscam ser competitivas no cenário atual. Contudo, é comum encontrar empresas que utilizam de conhecimento empírico para gerir seus estoques, ocasionando, muitas vezes, uma gestão sub-ótima de seus recursos. De tal forma, este artigo apresentou um procedimento para a otimização de estoques, embasado em ferramentas de classificação de itens, previsão de demanda, estoque de segurança e sistemas de revisão de estoques.

O método proposto foi aplicado em uma empresa do ramo farmacêutico que tem em seus estoques grande parte de seu negócio, já que atua, principalmente, como revendedora de produtos importados. O cenário de planejamento é bastante complexo, contando com mais de 20 mil SKU's. Entretanto, para o estudo em questão foram coletados os dados da família de produtos que apresenta maior faturamento e, conseqüentemente, maior estoque. Os itens foram classificados a partir da demanda e do tempo de permanência no estoque; na seqüência foram analisadas a demanda e o *lead time*, para se obter um modelo de gestão de estoques otimizado.

A partir da aplicação do método, foi possível reduzir em 62% o estoque total dos itens, proporcionando uma economia de R\$ 20.412,00 no período analisado e mantendo um nível de serviço de 98%. O resultado demonstra que utilizar uma política única e baseada apenas no conhecimento dos colaboradores pode ser muito onerosa para a empresa. Uma vez que, os produtos apresentam características singulares de demanda e *lead time*, se gerenciados igualmente acabam ocasionando excesso ou ruptura de estoques. Como oportunidades para trabalhos futuros, sugere-se a utilização de modelos de previsão de demanda que combinem métodos quantitativos e opiniões de especialistas, a fim de se obter uma melhor acurácia total das previsões para os itens.

## 6. Referências

ARMSTRONG, J. **Principles of Forecasting: a Handbook for Researchers and Practitioners**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial**. 4. Ed., Porto Alegre: Bookman, 2001.

BLACKSTONE, J.H.; COX, J.F., **APICS Dictionary**, 12th ed, American Production and Inventory Control Society, Alexandria, VA. 2008.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G.M.; REINSELL, G. C. **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. New Jersey: Prentice Hall, 1994

BOYLAN, J. E.; SYNTETOS, A. A.; KARAKOSTAS, G. C. **Classification for forecasting and stock control: a case study**. Journal of the Operational Research Society, v. 59, 2008.

CAVALIERI, S.; GARETTI, M.; MACCHI, M.; PINTO, R. **A decision-making framework for managing maintenance spare parts**, Production Planning & Control, Vol. 19, 2008.

CHOPRA, S. ; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

ELSAYED, E. A.; BOUCHER, T. O. **Analysis and control of Production Systems**. 2.ed. Prentice Hall, 1994

EPPEN, G. D.; MARTIN, R. K. **Determining safety stock in the presence of stochastic tempo de resposta and demand**. Management Science, 1988.

FILHO K. E. **Metodologia para implementação de um sistema de gestão de estoques: Estudo de caso do almoxarifado da base aérea de Canoas**. 2004. Tese de mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FLORES, B.E.; WHYBARK, D.C. (1986), **Multiple criteria ABC analysis**, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 6, 1986.

GAJPAL, P.P.; GANESH, L.S.; RAJENDRAM, C. **Criticality analysis of spare parts using the analytic hierarchy process**, International Journal of Production Economics, Vol. 35, 1994.

GARDNER JR., E. S. & DIAZ-SAIZ, J. **Seasonal adjustment of inventory demand series: a case study**. International Journal of Forecasting. Vol. 18, n. 1, 2002.

GOODWIN. P. **Integrating Management Judgment and Statistical Methods to Improve Short-term Forecasts**. Omega. 2002.

GUERRA, J. H. L.; **Uma proposta para o processo de definição do estoque de segurança de itens comprados em empresas que fabricam produtos complexos sob encomenda**. Revista Gestão & Produção. 2009.

GWYNNE R.; GRINSTED S. **The Logistics and Supply Chain Toolkit : Over 90 Tools for Transport, Warehousing and Inventory Management** Kogan Page, 2013

HARHALAKIS, G.; SHARMA, P.; ZACHMANN, W.S. **A dynamic planning and control system for inventories of raw materials**, Production & Inventory Management Journal, Vol. 30, 1989.

HARRIS, F. W. **How many parts to make at once.** Factory: The Magazine of Management, v. 10-2, p. 135-136, 1913.

HUISKONEN, J. **Maintenance spare parts logistics: special characteristics and strategic choices,** International Journal of Production Economics, 2001.

KEATON, M. **Using the Gamma distribution to model demand when tempo de resposta is random.** Journal of Business Logistics, 1995.

LEMOS, F. O.; FOGLIATTO, F. S. **Modelagem estocástica de itens revisados periodicamente com pedidos sujeitos a múltiplas datas de entrega.** Anais de XXIV ENEGEP, Florianópolis, SC, 2004

MAKRIDAKIS, S. **Forecasting: Its Role and Value Planning and Strategy.** International Journal of Forecasting. 1998

MENTZER, J. T.; GOMES, R. **Evaluating a Decision Support Forecasting System.** Industrial Marketing Management. 1989.

MONKS, J. G. **Administração da Produção.** São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

MUKHOPADHYAY, S. K.; PATHAK, K.; GUDDU, K., **Development of decision support system for stock control at area level in mines,** Institution of Engineers (India) Journal – Mining, Vol. 84, 2003.

NOVAES, A. G.; ALVARENGA, A. C. **Armazenagem de produtos. Logística Aplicada: suprimento e distribuição física.** São Paulo: Pioneira, 1994.

REGO, J. R.; MESQUITA, M. A. **Controle de estoque de peças de reposição em local único: uma revisão da literatura.** Produção, v. 21, n. 4, 2011.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J.; **Administração da Produção e Operações.** São Paulo: Prentice Hall, 2004.

SANTOS B. E.; AZEVEDO M. B. H .P; BENTES I. R.; ARAUJO T. R. L. PINHEIRO G. A. H. **Análise da utilização de ferramentas de gestão de estoque em uma empresa produtora de bebidas, como auxílio à gestão da logística de materiais em um cenário de demanda variável.** Artigo submetido para o ENEGEP 2012.

SILVA, G. L. C. **Modelo de estoque para peças de reposição sujeitas à demanda intermitente e lead-time estocástico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

SILVER, E.A., PYKE, D.F. and PETERSON, R. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling,** 3rd ed., Wiley, New York, 1998.

SLACK N.; CHAMBERS S.; JOHNSTON R. **Administração da Produção.** 3.ed. Atlas, 2009

- SYNTETOS, A. A.; BOYLAN, J. E. **On the bias of intermittent demand estimates.** International Journal of Production Economics, p. 457 – 466, 2001
- SYNTETOS, A.A.; BOYLAN, J.E.; CROSTON, J.D. **On the categorization of demand patterns.** Journal of Operational Research Society, p. 495-503, 2005.
- TAVARES, L. V.; ALMEIDA, L. T. **A binary decision model for stock control os very slow moving items.** Operational Research Society, 1983.
- THOMAS, R. J. **Estimating demand for services: issues in combining sales forecasts.** OMEGA Internatinal Journal of Management Science. Vol. 12, 1996.
- VAN KAMPEM T. J.; AKKERMAN R.; VAN DONK D. P. **SKU classification: a literature reviewand conceptual framework,** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 32, 2012.
- VAISAKH P. S.; DILEEPLAL J. V.; NARAYANAN UNNI V. **Inventory Management of Spare Parts by Combined FSN and VED Analysis,** International Journal of Engineering and Innovate Technology, Vol 2, 2013
- WANKE, P. F. **Gestão de estoques na cadeia de suprimentos: decisões e modelos quantitativos.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- WATERS C. D. J. **Inventory control and management.** 2.ed. J.Willey, 2003
- WILD, T. **Best practice in inventory management.** Oxford: Elsevier, 2002.