

Gestão de estoques para peças de reposição de baixo consumo em empresa do setor Bioenergético Sucroalcooleiro

JORGE LUIZ DE BIAZZI

USP - Universidade de São Paulo
jlbiazzi@usp.br

MARCELO VITAL DOS SANTOS

USP - Universidade de São Paulo
mvitalsan@yahoo.com.br

Gestão de estoques para peças de reposição de baixo consumo em empresa do setor Bioenergético Sucroalcooleiro

1. Introdução

O cenário global da atualidade exige que as organizações desenvolvam estratégias de gerenciamento de materiais que garantam maior competitividade perante os desafios do mercado e seus concorrentes. As grandes organizações enxergam na gestão de estoques oportunidade de minimizar o custo total de produção, melhorar o fluxo de caixa e níveis de serviços. Identificar modelos teóricos que melhor se adaptam e possam ser aplicados a determinados segmentos e tipos de materiais específicos é de extrema relevância para as organizações.

No segmento sucroalcooleiro a realidade não é diferente. O mercado é extremamente competitivo e há como tendência apenas os grandes *players* sobreviverem. Para isso, é relevante a realização de projetos voltados ao tema que possibilite o desenvolvimento competitivo e sustentável.

Aplicar conceitos de demanda, classificação e de controle específicos a peças de reposição objetiva propor alternativas diferentes dos modelos generalistas aplicados para todos os materiais e auxiliar nas tomadas de decisões, levando em consideração as particularidades.

2. Referencial Teórico

Peças de reposição apresentam particularidades que, segundo Wanke (2011, p.206) “são um capítulo à parte na literatura e prática de gestão de estoques. Isso porque os elevados custos de aquisição, os longos tempos de resposta do ressuprimento e os baixíssimos giros, característicos das peças de reposição, são armadilhas presentes nas tomadas de decisão de quanto pedir, quando pedir e quanto manter em estoques”.

De acordo a conceituação de Ballou (2006, p. 242), “quando a demanda é regular, os padrões de demanda podem ser divididos em componentes de tendência sazonais ou aleatórios e o sucesso da previsão é obtida a partir de procedimentos conhecidos”. Porém Ballou (2006, p. 242) também caracteriza “quando a demanda de determinados itens, em função do baixo volume e da incerteza de quanto a quando e em que nível essa demanda ocorrerá, a série de tempo é chamada de incerta ou irregular”. Na proposta a ser apresentada, dedicaremos nossos esforços com foco a encontrar soluções para peças de reposição consideradas com demanda irregular, uma vez que para esse tipo de materiais temos oportunidades, talvez, ainda não bem exploradas na companhia de Bioenergia a qual será nosso objeto de estudo.

Peças de reposição, além de características de irregularidades, também são muitas vezes intermitentes, ou seja, apresentam períodos sem consumo. Considerando esse conceito, o estudo decorrerá de modelo específico para materiais com essas características.

Outro conceito que será levado em consideração é que peças de reposição são consideradas itens de baixo ou de baixíssimo consumo, classificados assim por Wanke (2011): “baixíssimo consumo seriam aquelas que apresentam consumo médio inferior a uma unidade por ano. Peças de baixo consumo seriam aquelas cujos consumos médios históricos podem variar entre 1 e 300 unidade por ano”.

2.1 Gestão de Peças de baixíssimo consumo

Para os itens classificados como baixíssimo consumo, Wanke (2011) propõe a utilização do “método que deve decidir se é mais viável economicamente ter zero ou uma unidade do item de reposição em estoque”.

Devemos considerar que:

- CTR é o custo total de ressurgimento de peça (R\$);
- Caq é o Custo unitário de Aquisição da peça (R\$);
- TR é o tempo de resposta do pedido (meses);
- λ é a taxa de consumo histórico por ano (peças/ano);
- i é a taxa de oportunidade do capital (% ao ano);
- Cip é o custo de Indisponibilidade e Penalidade (R\$).

A decisão de não manter materiais em estoques é dado pela fórmula a seguir, que leva em consideração o custo total, e está representada na Figura1:

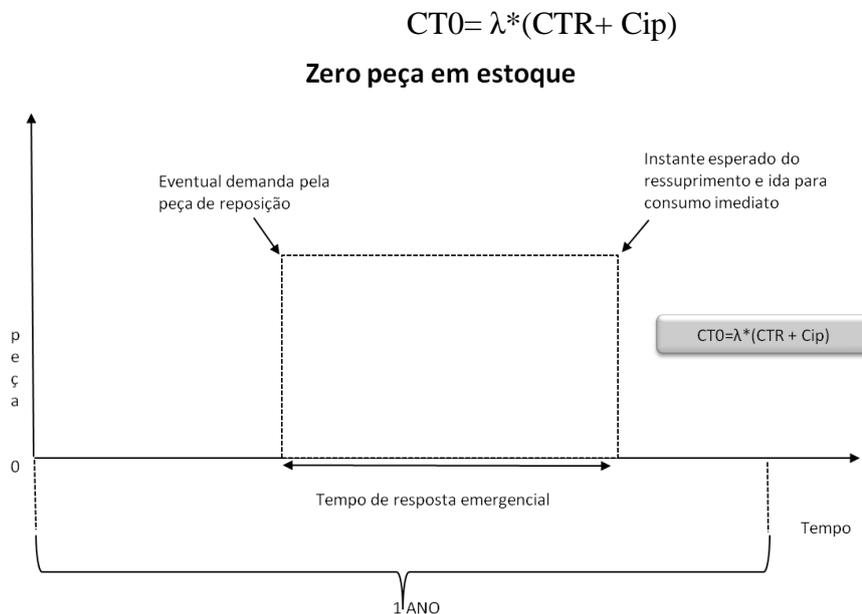


Figura 1. Representação da decisão de manter ou não estoque (Wanke, 2011).

Já para a decisão de manter 1 peça de estoque, seguindo o mesmo método proposto por Wanke (2011), devem-se seguir duas etapas:

a) Encontrar a fração de tempo esperada com estoques (FTECE) considerando horizonte de um ano.

$$FTECE = 1 - FTECE * \lambda * TR$$

$$FTECE = 1 / (1 + \lambda * TR)$$

b) Calcular o custo total associado à decisão de manter 1 unidade em estoque (representado na Figura 2):

$$CT1 = FTECE * Caq * i + CTR * \lambda + Cip * \lambda * (1 - FTECE)$$

Após encontrar o custo total dos modelos de manter zero ou uma peça em estoque, comparam-se os resultados pela análise dos custos totais. A aplicação do método poderá ser observada no decorrer do trabalho.

Uma peça em estoque

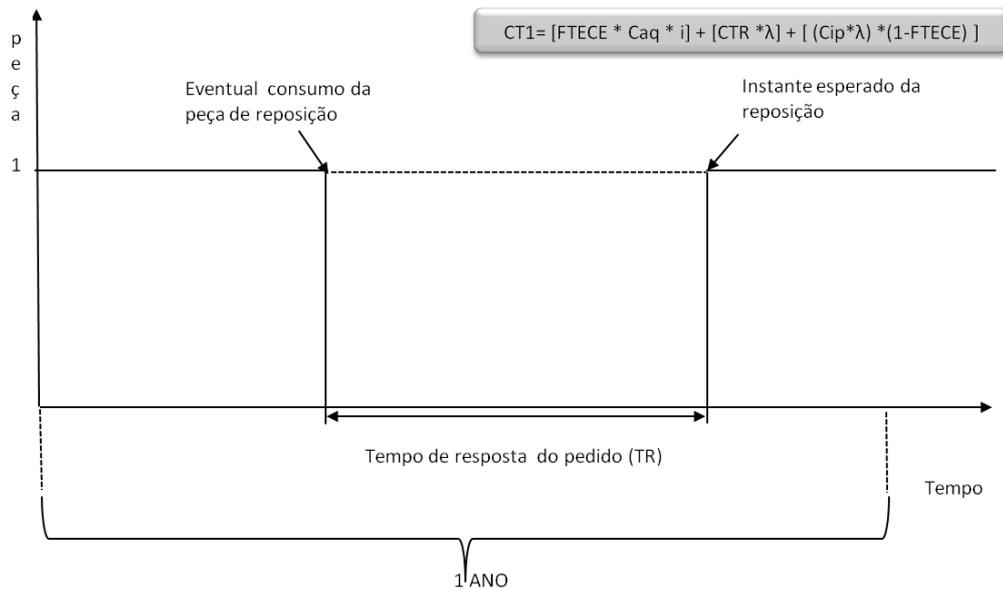


Figura 2. Representação da decisão de manter 1 peça em estoques (Wanke, 2011).

2.2 Gestão de peças de reposição de baixo consumo

Existem diversos modelos para previsão de demanda; dentre os mais tradicionais está a técnica de Média Móvel que, segundo Ballou (2006), “é a média aritmética ou ponderada de um número de pontos consecutivos das séries, na qual o número de pontos de dados é escolhido de forma a eliminar os efeitos da sazonalidade e irregularidades”. Entretanto além dos modelos tradicionais para gestão de estoques, existem alguns autores dedicando literatura específica a peças de reposição, dentre os quais se destacam aqueles que utilizam o conceito de previsão de demanda com modelos de suavização exponencial, que apresentam diversas variações. O procedimento básico de previsão pela suavização exponencial pode ser visto na equação abaixo (Ballou 2006):

$$F_{t+1} = \alpha * A_t + (1-\alpha) * F_t$$

Em que,

- t é o período de tempo atual
- A_t é a demanda do período t
- F_t é a previsão para o período t
- α é a constante de ponderação

Entretanto, segundo Croston (1972), quando o histórico da demanda apresenta baixo consumo pode ocorrer aumento do nível de estoque em virtude da suavização exponencial não prever períodos de intermitência. Croston apresentou uma variante do modelo de suavização para aplicação específica nos casos em que a série temporal apresenta valores de consumo 0 (zero) em alguns períodos.

Se $y_t = 0$,

$$Z_t = Z_{t-1}$$

$$P_t = P_{t-1}$$

$$q_t = q_{t-1} + 1$$

Se $y_t > 0$

$$Z_t = Z_{t-1} + \alpha * (y_t - Z_{t-1})$$

$$P_t = P_{t-1} + \alpha * (q_t - P_{t-1})$$

$$q_t = 1$$

A estimativa da demanda é dada por: $Y_t = Z_t / P_t$

Em que:

- Y_t é a previsão de demanda
- Z_t é a Estimativa de Croston do tamanho médio da demanda (quando ela ocorre).
- P_t é a estimativa do intervalo médio entre as transações “não zero”
- y_t é o Valor “não zero” observado do período t
- q_t é o Intervalo de tempo desde a última demanda.
- α é o coeficiente de suavização do nível da série

Syntetos e Boylan (2001, 2005) demonstraram que o método de Croston é viesado, devido a um erro na derivação matemática da estimativa da demanda esperada do modelo de Croston, propuseram uma nova versão e obtiveram resultados ainda melhores para demandas intermitentes. A equação para elaboração do método de Croston modificado por Syntetos e Boylan é: $Y_t = (1 - \alpha/2) * Z_t / P_t$ (Croston modificado ou Syntetos-Boylan)

2.3 Erros de Previsão

Quando encontrada a previsão de demanda por diferentes métodos, existe a necessidade de identificar qual obtém melhor aderência ao realizado. Para tanto existem diferentes modelos para que se possam encontrar os menores erros, visto que é impossível eliminá-los.

As medidas mais utilizadas, na notação de Hanke & Reitsch (1998), são:

- **MAD** – *Mean Absolute Deviation* ou Desvio Médio Absoluto, que consiste na média dos módulos das diferenças entre o previsto e o realizado. Notado pela formula $MAD = \sum (\text{demanda atual} - \text{demanda prevista}) / n^\circ \text{ períodos}$.
- **MAPE** – *Mean Absolute Percentage Error* ou Erro Percentual Absoluto Médio, que consiste na média dos módulos dos percentuais das diferenças entre o previsto e o realizado.
- **MSE** – *Mean Square Error* ou Erro Quadrático Médio, que consiste na média dos quadrados das diferenças entre o previsto e o realizado.
- **MPE** – *Mean Percentage Error* ou Erro Percentual Médio, que consiste na média dos percentuais das diferenças entre o previsto e o realizado.

Como os produtos apresentam valores de demanda zero, não é possível aplicar MAPE e MPE. Foram utilizados, além do MAD, o Desvio Médio (para indicar viés) e os valores de MAD e desvio médio divididos pela demanda média de 12 meses, para melhor entendimento dos erros nas estimativas.

3. Metodologia da Produção Técnica

Os modelos de decisão e previsão foram testados para quatro itens, utilizando as demandas reais de três anos. Para a decisão manter ou não estoques, foram calculados e comparados os custos das duas alternativas. Para a busca dos melhores coeficientes de suavização (α), usados na previsão de demanda de itens de baixo consumo, foi feita uma busca auxiliada pelo Solver do MSExcel (variação de 0,1 em 0,1 do valor de α , seguida de uma busca pelo Solver para minimizar o MAD).

4. Contexto do Projeto

O segmento de Bioenergia/Sucroalcooleiro tem passado por diversas transformações nos últimos anos. Dentre elas está o gerenciamento estratégica dos materiais. Há pouco tempo atrás não se dava a devida importância aos controles e níveis de estoques. Atualmente a empresa tem indicadores de desempenho claros e conhecidos por todos, os níveis de giro de estoque aumentam a cada dia, existem reparametrizações periódicas de pontos de reabastecimento, inventário cíclico e o estoque médio no último ano-safra chegou a 35% menor que o ano anterior. Os materiais, tratando-se somente da indústria, desconsiderando a parte agrícola, são divididos basicamente em 3 (três) grandes classes: insumos indústrias, materiais de consumo e peças de reposição, correspondendo, respectivamente, a 10%, 30% e 60% aproximadamente dos valores em estoque. Por se tratar da maior parcela dos estoques totais da área industrial da empresa, acredita-se que existem maiores oportunidades na classe de materiais de peças de reposição.

As previsões de demanda para peças de reposição não estão bem definidas, pois não é mensurada a viabilidade de manter ou não peças de baixíssimo consumo em estoques, não levam-se em consideração os custos de falta e de ressurgimento, os erros de previsão de demanda não são mensurados e o método de média móvel (com base nos últimos 12 meses) é utilizado na previsão de demanda para todos os tipos de materiais em estoque, o que nem sempre é eficiente devido à irregularidade no consumo.

5. Resultados Obtidos e Análise

5.1 Dados relevantes e Delimitação

O estudo foi delimitado a 3 (três) unidades produtoras do grupo, denominadas aqui T, M e P, e também 4 (quatro) itens em estoque: Sede de Válvula, Junta Universal, Corpo de Inox e Rotor Fechado, que se acredita apresentarem características que desejamos estudar. Na Tabela 1 seguem as descrições dos itens e dados históricos do consumo.

Tabela 1. Histórico de consumo peças de reposição (Banco de dados da empresa)

COSUMO 3 ANOS		SEDE VALVULA			JUNTA UNIV			CORPO ESP			ROTOR			Total geral	
Descrição peças	T	M	P	T	M	P	P	P	P	P	P	P	Total consumo	Total geral	
janeiro-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
fevereiro-10	0	30	6	36	0	14	0	14	0	0	0	0	0	50	
março-10	20	0	0	20	0	4	0	4	2	0	0	0	26	26	
abril-10	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
maio-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
junho-10	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
julho-10	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	
agosto-10	0	17	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	17	17	
setembro-10	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	
outubro-10	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	
novembro-10	28	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	
dezembro-10	0	18	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18	
janeiro-11	4	24	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	
fevereiro-11	10	20	12	42	0	0	0	0	0	0	0	0	42	42	
março-11	18	27	5	50	0	0	0	0	0	0	1	1	51	51	
abril-11	12	2	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	
maio-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
junho-11	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
julho-11	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
agosto-11	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	4	4	
setembro-11	1	0	1	2	0	2	0	2	0	1	0	1	5	5	
outubro-11	0	4	0	4	0	1	0	1	0	0	0	0	5	5	
novembro-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
dezembro-11	10	15	7	32	0	0	0	0	0	0	0	0	32	32	
janeiro-12	36	37	1	74	0	0	0	0	0	0	0	0	74	74	
fevereiro-12	11	40	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0	51	51	
março-12	10	3	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	
abril-12	5	2	0	7	0	2	0	2	0	0	0	0	9	9	
maio-12	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
junho-12	0	1	0	1	0	2	0	2	0	0	0	0	3	3	
julho-12	0	1	1	2	0	2	0	2	0	0	0	0	4	4	
agosto-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
setembro-12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
outubro-12	0	0	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	6	6	
novembro-12	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2	2	
dezembro-12	30	0	0	30	0	14	0	14	0	0	0	0	44	44	
Total geral	203	247	37	487	0	54	0	54	2	2	2	2	2	545	

5.2 Novo Modelo de peças com baixíssimo consumo

No item anterior foi explanada a situação atual da empresa que está sendo base para este estudo. Observando os dados de consumo dos 4 (quatro) itens selecionados, o Corpo Espiral de Inox e o Rotor Fechado são classificados como de baixíssimo consumo. Para a tomada de decisão da viabilidade econômica de manter ou não as peças em estoque, seguindo o modelo proposto por Wanke (2011), foram utilizados os dados de demanda da Tabela 1 e os valores da Tabela 2, que apresenta os cálculos para cada opção.

Tabela 2. Custo de Manter 0 ou 1 peça em estoque (elaborada pelos autores)

	Rotor	Corpo
Caq (R\$/un)	6450	10500
i (%/ano)	36%	36%
TR (anos)	0,25	0,33
λ (un/ano)	0,67	0,67
CTR (R\$)	258	420
Cip (R\$)	8772	14280
FTECE	0,86	0,82
CT0 (R\$/ano)	6050	9849
CT1 (R\$/ano)	3005	5118

Após aplicação do método proposto por Wanke chegamos ao resultado para manter 0 (zero) peça em estoque de R\$ 6050,00/ano para o Rotor Fechado e de R\$ 9849,00/ano para o Corpo Espiral de Inox, enquanto para manter sempre 1 (uma) peça em estoque os resultados foram R\$ 3005/ano para o Rotor Fechado e de R\$ 5118/ano para o Corpo Espiral Inox.

A opção de manter sempre 1 (uma) peça em estoque seria a melhor para os dois itens.

5.3 Novo modelo peças com baixo consumo

Utilizando o conceito de Wanke (2011) na classificação de peças com baixo consumo, selecionaram-se a Sede de Válvula e a Junta Universal para exemplificar a metodologia a ser utilizada nas peças de reposição que tenham característica de intermitência e demandas irregulares. Analisando empiricamente o histórico de consumo dos itens da figura 3, é possível deduzir que se trata de itens com as características supracitadas, para os quais se sugere usar os modelos de previsão específicos, como o proposto por Croston (1972).

Em seguida foram aplicados os modelos de Média Móvel de 12 meses, Suavização Exponencial, Croston e Croston modificado, também conhecido como SBA (*Syntetos-Boylan Approximation*). Com base nos dados de janeiro a dezembro de 2010, foram estimados os comportamentos médios para inicializar os cálculos de previsão, feitos de janeiro de 2011 a dezembro de 2012. No caso da Média Móvel e da Suavização Exponencial, a estimativa de janeiro de 2011 corresponde à média de 2010. No caso do Croston e do Syntetos-Boylan, foram calculados a demanda média (quando existe, ou seja, sem contar os zeros) e o intervalo médio entre demandas (em meses).

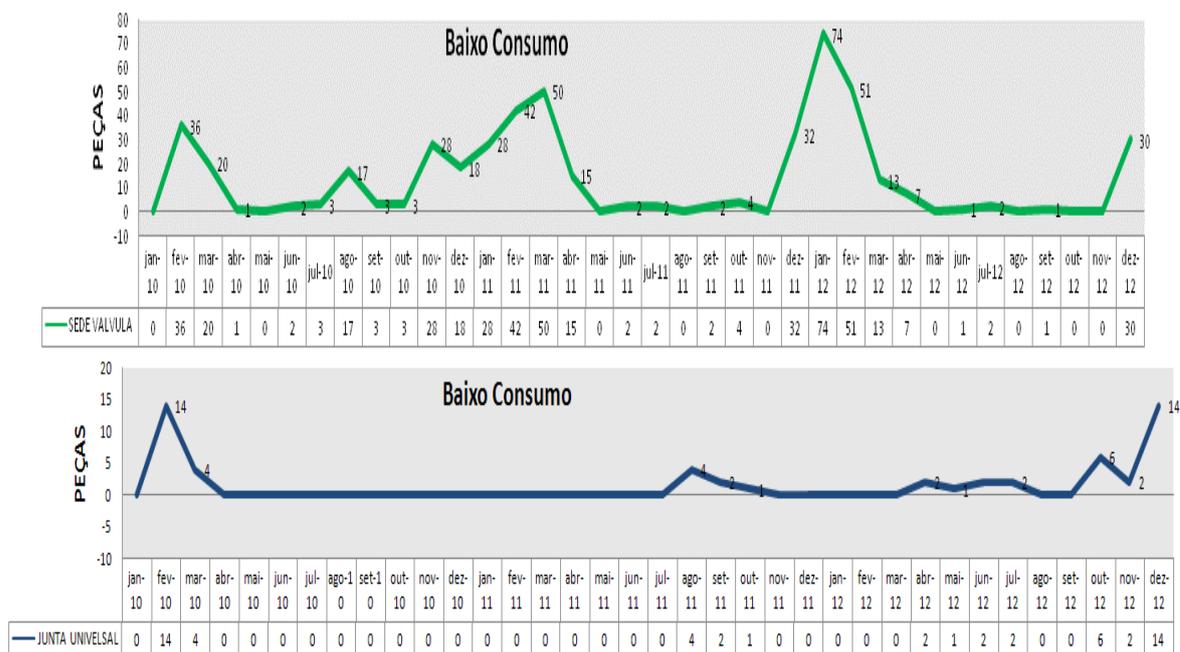


Figura 3. Gráficos do histórico de consumo de peças classificadas como baixo consumo. (Banco de dados da empresa)

Foram calculados, com base nos meses do ano de 2013, o desvio médio, o desvio absoluto médio (MAD) e os mesmos valores divididos pela demanda média, para se ter uma visão mais clara da dimensão dos erros de estimativa.

Para aplicação dos modelos foi necessária a definição do coeficiente de suavização α (alfa). O próprio Croston (1972) recomenda $0,2 < \alpha < 0,3$ quando há uma alta proporção de itens não estacionários ou $0,1 < \alpha < 0,2$, caso contrário. Para Syntetos e Boylan (2001) o alfa não deve ser superior a 0,15. Porém, para esse estudo, optou-se pela busca mencionada anteriormente. Os coeficientes ótimos, para cada item e modelo, podem ser visualizados nas Tabelas 3 e 4, que apresentam todos os resultados.

Para a Sede de Válvula, com a utilização de alfa igual a 1, o método de Syntetos-Boylan teve o menor desvio absoluto média/demanda média (74%), mas apresentou um viés elevado (51%). A Suavização Exponencial, também com alfa igual a 1, apresentou valores que podem ser considerados mais apropriados (respectivamente, 85% e -1%).

Para a Junta Universal, a Suavização Exponencial com alfa igual a 0,49 apresentou o menor MAD/demanda média (86%), com um viés quase tão baixo quanto o proporcionado pelo método de Croston com alfa igual a 1.

Assumindo valores de alfa iguais a 0,2 para os métodos de Suavização Exponencial, Croston e Syntetos-Boylan, os resultados são bastante semelhantes (para os dois itens), como mostra a Figura 4.

SEDE DE VÁLVULA		Média móvel 12 meses		Suavização Exponencial		Croston		Syntetos Boylan	
				α	0,20	α	0,20	α	0,20
Desvio médio (12meses)	MAD (12 meses)	-1,10	18,86	-0,55	19,68	-0,70	19,79	0,86	18,90
Desvio médio/demanda média	MAD/demanda média	-7,36%	126,44%	-3,68%	131,93%	-4,67%	132,65%	5,80%	126,70%
JUNTA UNIVERSAL		Média móvel 12 meses		Suavização Exponencial		Croston		Syntetos Boylan	
				α	0,20	α	0,20	α	0,20
Desvio médio (12meses)	MAD (12 meses)	1,59	2,22	1,47	2,14	0,94	2,28	1,09	2,28
Desvio médio/demanda média	MAD/demanda média	65,80%	91,67%	60,72%	88,63%	38,96%	94,42%	45,06%	94,29%

Figura 4 – Resultados dos indicadores para alfas iguais a 0,2 (elaborada pelos autores).

Tabela 4. Previsão de Demanda Sede de Válvula (elaborada pelos autores)

Histórico				Média móvel 12 meses			Suavização Exponencial			Croston						Syntetos Boylan							
							α 0,49			9,00 0,00 4,08 <Inicialização			α 1,00			9,00 0,00 4,08 <Inicialização			α 0,05				
t	Ano	Mês	Demanda	Média	Estimativa Média Móvel 12 meses	Desvio média 12 meses	Desvio abs média 12 meses	Estimativa Exponencial	Desvio Exponencial	Desvio abs Exponencial	zt	qt	pt	Estimativa Croston	Desvio Croston	Desvio abs Croston	zt	qt	pt	Estimativa Sintetos Boylan	Desvio Sintetos Boylan	Desvio abs Sintetos Boylan	
1	2010	janeiro	0																				
2		fevereiro	14																				
3		março	4																				
4		abril	0																				
5		maio	0																				
6		junho	0																				
7		julho	0																				
8		agosto	0																				
9		setembro	0																				
10		outubro	0																				
11		novembro	0																				
12		dezembro	0	1,50																			
13	2011	janeiro	0		1,50			1,50			9,00	1,00	4,08	2,20			9,00	1,00	4,08	2,20			
14		fevereiro	0		1,50			0,77			9,00	2,00	4,08	2,20			9,00	2,00	4,08	2,15			
15		março	0		0,33			0,40			9,00	3,00	4,08	2,20			9,00	3,00	4,08	2,15			
16		abril	0		0,00			0,20			9,00	4,00	4,08	2,20			9,00	4,00	4,08	2,15			
17		maio	0		0,00			0,10			9,00	5,00	4,08	2,20			9,00	5,00	4,08	2,15			
18		junho	0		0,00			0,05			9,00	6,00	4,08	2,20			9,00	6,00	4,08	2,15			
19		julho	0		0,00			0,03			9,00	7,00	4,08	2,20			9,00	7,00	4,08	2,15			
20		agosto	4		0,00			0,01			4,00	1,00	7,00	2,20			8,75	1,00	4,23	2,15			
21		setembro	2		0,33			1,95			2,00	1,00	1,00	0,57			8,40	1,00	4,07	2,01			
22		outubro	1		0,50			1,98			1,00	1,00	1,00	2,00			8,03	1,00	3,91	2,01			
23		novembro	0		0,58			1,50			1,00	2,00	1,00	1,00			8,03	2,00	3,91	2,00			
24		dezembro	0	0,58		0,58		0,77			1,00	3,00	1,00	1,00			8,03	3,00	3,91	2,00			
25	2012	janeiro	0		0,58	-0,58	0,58	0,40	-0,40	0,40	1,00	4,00	1,00	1,00	-1,00	1,00	8,03	4,00	3,91	2,00	-2,00	2,00	
26		fevereiro	0		0,58	-0,58	0,58	0,20	-0,20	0,20	1,00	5,00	1,00	1,00	-1,00	1,00	8,03	5,00	3,91	2,00	-2,00	2,00	
27		março	0		0,58	-0,58	0,58	0,10	-0,10	0,10	1,00	6,00	1,00	1,00	-1,00	1,00	8,03	6,00	3,91	2,00	-2,00	2,00	
28		abril	2		0,58	1,42	1,42	0,05	1,95	1,95	2,00	1,00	6,00	1,00	1,00	1,00	7,72	1,00	4,02	2,00	0,00	0,00	
29		maio	1		0,75	0,25	0,25	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,67	0,67	7,38	1,00	3,86	1,87	-0,87	0,87	
30		junho	2		0,83	1,17	1,17	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,11	1,00	3,72	1,86	0,14	0,14	
31		julho	2		1,00	1,00	1,00	1,49	0,51	0,51	2,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,00	6,85	1,00	3,58	1,86	0,14	0,14	
32		agosto	0		1,17	-1,17	1,17	1,74	-1,74	1,74	2,00	2,00	1,00	2,00	-2,00	2,00	6,85	2,00	3,58	1,86	-1,86	1,86	
33		setembro	0		0,83	-0,83	0,83	0,89	-0,89	0,89	2,00	3,00	1,00	2,00	-2,00	2,00	6,85	3,00	3,58	1,86	-1,86	1,86	
34		outubro	6		0,67	5,33	5,33	0,46	5,54	5,54	6,00	1,00	3,00	2,00	4,00	4,00	6,80	1,00	3,55	1,86	4,14	4,14	
35		novembro	2		1,08	0,92	0,92	3,15	-1,15	1,15	2,00	1,00	1,00	2,00	0,00	0,00	6,56	1,00	3,42	1,87	0,13	0,13	
36		dezembro	14	2,42		1,25	12,75	12,75	2,59	11,41	11,41	14,00	1,00	1,00	2,00	12,00	12,00	6,94	1,00	3,30	1,87	12,13	12,13
Desvio médio (12meses)			MAD (12 meses)			1,59	2,22		1,33	2,07				0,97	2,14					0,51	2,27		
Desvio médio/demanda média			MAD/demanda média			65,80%	91,67%		54,91%	85,84%				40,23%	88,51%					20,96%	94,06%		

6. Conclusão

Explanados os conceitos teóricos para peças de reposição, foram aplicados os métodos em número reduzido de 4 (quatro) peças a fim de viabilizar o estudo em tempo hábil, porém sem prejudicar a proposta de testar modelos diferentes de gestão de estoque e foram encontrados resultados que servem como base para a implantação na empresa.

Para peças de reposição de baixíssimo consumo, podemos concluir que quanto maior a relevância do custo da falta, manter 1(uma) peça em estoque torna-se mais adequado do ponto de vista do custo total.

Para peças de baixo consumo, através da análise de previsão de demanda, foi possível observar que quando a quantidade de intermitências entre os períodos é maior, o método de previsão Média Móvel apresenta maiores erros de previsão e os métodos que têm como base a exponencial são mais adequados. Quando as demandas não apresentam tanta irregularidade e intermitência, a Média Móvel, apesar da existência de métodos mais eficientes, ainda é viável.

Após a breve análise descrita, têm-se a seguinte proposta de solução:

1. Classificar todas as peças de reposição com baixo giro de estoque como baixo e baixíssimo consumo. Hoje existem em torno de 10000 itens nessa categoria, que poderiam ser classificados rapidamente utilizando o sistema existente e ferramentas como *Microsoft Excel*.
2. Simular o método proposto para previsão de demanda nos itens de baixo consumo auxiliando na tomada de decisão para qual método será utilizado para previsão de demanda. A aplicação desse método demandaria um pouco mais de tempo e recursos devido à complexidade da simulação de cada item, porém, tendo em vista que, sem avaliar custos, observam-se diferenças de 30% de erro na previsão média mensal, os ganhos tendem a ser compensadores.
3. Modificar a parametrização do sistema MRP (*Material Requirements Planning*) levando em conta o novo modelo. Tendo em vista que o sistema já existe e a tecnologia é dominada pelos colaboradores da empresa, não haverá grandes problemas para modificações.

Os métodos de Suavização Exponencial, Croston e Croston modificado, ao serem comparados com o método Média Móvel utilizado na empresa atualmente, proporcionaram a experiência e expectativa de que, se aplicados, trarão resultados ainda melhores nas previsões de demanda.

Referências

- BALLOU, RONALD H. Gerenciamento das cadeias de suprimentos / Logística Empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CHOPRA, S. & MEINDL, P. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação. São Paulo: Prentice Hall, 2003
- CROSTON, J. D. *Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands. Operational Research Quarterly*, v.23, p. 289-303, 1972.
- HANKE, J. E., REITSCH, A. G., *Business forecasting*. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- REGO J. R. DO, MESQUITA M.A. DE Controle de estoques de peças de reposição uma revisão literária. *Produção*, v. 21, n.4, out. /dez. 2011, p. 645-655.
- SYNTETOS, A. A.; BOYLAN, J. E. *On the bias of intermittent demand estimates. International Journal of Production Economics*, v. 71-1/3, p. 45-466, 2001.
- SYNTETOS, A. A., BOYLAN, J. E. *The Accuracy of Intermittent Demand Estimates. International Journal of Forecasting*, v. 21, p. 303-314, 2005.
- WANKE, PETER *Gestão de Estoques na cadeia de Suprimentos: Decisões e Modelos Quantitativos*. São Paulo: Atlas, 2011.