Técnicas de previsão de demanda: um estudo de caso triplo com dados de venda de materiais eletro-mecânicos

Data de recebimento: 03/05/2007
Data de aprovação: 31/05/2007

Gustavo Luis Zan (UNISINOS) gustavo_lz@yahoo.com.br
• Rua Ampélio Carlotto, 150, ap. 301 – CEP 95185-000 – Carlos Barbosa - RS
Miguel Afonso Sellitto (UNISINOS) – sellitto@unisinos.br

Resumo
Este artigo apresenta um estudo de caso triplo, no qual foram aplicadas técnicas de previsão de demanda a três produtos, com comportamento diferentes. Os produtos pertencem à linha de fabricação de uma empresa que opera com materiais eletromecânicos. Os produtos têm, respectivamente, comportamento tendencial positivo, aleatório e sazonal. Inicia-se com uma revisão bibliográfica sobre previsões de demanda, partindo-se para a apresentação dos casos. Dados históricos de vendas são coletados e modelados e análise comparativas de desempenho das técnicas são conduzidas. Melhorias na previsão de demandas de itens são importantes para a empresa estudada, pois esta opera principalmente a pronta-entrega.
Palavras-chave: *Previsão de demanda; comportamento de venda de produto; produção para estoque; modelos de previsão; erros de previsão.*

Abstracts
This paper presents a triple case study, in which xx techniques of forecast in three products, with different behavior, were applied. The products belong to a manufacturing line of a company, which operates with electromechanical materials .The products have a xx positive, random and seasonal pattern, respectively. It was started by a bibliographical review on forecast, prior to the presentation of the cases. Historical data of sales were collected and shaped, and a comparative analysis of techniques performance was conducted. Improvements in the forecast are important for the studied company, for it operates mainly with make-to-stock production, which allows ready-to-delivery practice.
Keywords: *Forecast; product sales pattern; make-to-stock production; forecast models; forecast Errors.*

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 2, vol. 4, jul-set/07, p. 95-106

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Previsões de demanda de produtos podem ter um papel importante no sistema produtivo de uma empresa, pois decisões relevantes podem se subordinar a esta previsão. Se o prazo de entrega requerido por clientes for maior do que o tempo de atravessamento de produção, não é possível esperar pelo pedido para começar a produzir. Neste caso, para manter elevado o nível de serviço, a empresa deve produzir em antecipação às demandas de clientes e uma técnica de previsão de demanda pode ser útil.

Considerando que o fluxo de materiais parte dos fornecedores e chega ao cliente, passando pela empresa produtora, possivelmente a atividade mais à jusante seja a previsão de demandas. Esta ocorre no ponto de consumo do produto e é transmitida no sentido inverso dos materiais, sincronizando as atividades da cadeia ao ritmo de consumo do produto. Decisões empresariais podem obter subsídios na previsão de demanda do produto: nível de produção e de distribuição; financiamento e fluxos de caixa; contratação e treinamento de recursos humanos (BALLOU, 2005). Oliveira, Marins e Dalcol (2006) afirmam que imperfeições na previsão de demanda podem causar riscos e incertezas em manufatura.

Previsões de demanda não são isenta de erros. Quanto mais distantes no tempo, menor a verossimilhança da previsão. Deve-se cuidar, não só na coleta das informações mas também na escolha da técnica, estabelecendo uma prática racional para identificar, dentre os métodos já propostos, o mais adequado ao caso (BALLOU, 2005).

Previsões de demanda podem ser usadas em vários tipos de negócios e segundo vários métodos. Relatos de casos surgem na literatura. Dentre outros, citam-se: Werner et al. (2006) que usam a suavização exponencial simples, para prever a demanda de produtos agrícolas e produzir uma estimativa da área a ser plantada; Antonio e Pires (2005), que usam simulação computacional para a previsão de demandas em cadeia de suprimentos; e Araújo, Araújo e Adissi (2005), que usam multivariáveis na previsão de demanda de um *call-center*,

O objetivo deste artigo é apresentar um estudo de caso triplo, conduzido em uma empresa fabricante de itens eletromecânicos. A empresa, até então, tem confiado em métodos qualitativos, principalmente aqueles ligados às opinões de especialistas de vendas ou métodos quantitativos menos elaborados, tais como médias móveis simples. A empresa produz aproximadamente três mil itens e a previsão de demanda assume um papel importante, pois suporta decisões de capacidade, redução de inventário e, conseqüentemente, do tempo de atravessamento da produção. O objetivo geral da pesquisa foi testar algumas técnicas de previsão de demanda para três produtos e auxiliar o planejamento das ordens de fabricação para a área de programação e controle da produção (PCP) da empresa. Os objetivos específicos foram: (i) escolher alguns produtos relevantes para o resultado da empresa; (ii) realizar análises gráficas das vendas de diversos itens, em alguns meses, dos principais produtos; e (iii) escolhidos três produtos, testar algumas técnicas disponíveis na literatura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Previsões de vendas auxiliam na determinação de que recursos são necessários, na programação dos recursos existentes, aquisição de recursos adicionais e permite diminuir estoques ao longo de cadeias produtivas (VOLLMANN et al., 2006). Demandas podem ser independentes ou dependentes. Uma demanda independente não se relaciona à outra demanda, enquanto a dependente se subordina à demanda de outro item (ARNOLD, 1999). Em demanda dependente, um modo de previsão é o MRP. Demanda independente requer técnicas de previsão (DAVIS, AQUILANO e CHASE, 2001).

Previsões podem ser qualitativas e quantitativas.

Previsões qualitativas são originadas de julgamentos de especialistas ou de pessoas que possam, por experiência ou conhecimento adquirido, antever eventos de interesse ou correlacionar circunstâncias, de

modo que possa gerar uma previsão das vendas em período futuro. Moreira (2001) cita quatro tipos de previsão qualitativa: opiniões de executivos; opinião da força de vendas; pesquisas junto a consumidores; e método Delphi. Este último, consiste na reunião de um grupo de pessoas que deve opinar sobre vendas, dentro de regras para a coleta e tabulação das opiniões e, principalmente, extração de conclusões. O nome Delphi faz referência ao oráculo de Delfos que, na antigüidade, supostamente podia fazer previsões.

Previsões quantitativas se valem de modelos matemáticos e incluem o método causal e a análise de série temporal. O método causal usa dados históricos para variáveis dependentes e independentes, procurando relações causais entre fatores que influenciam a demanda de um produto, tais como, campanhas promocionais, condições econômicas e ações de concorrentes. As relações entre o fator a ser previsto e outros fatores são expressas por funções matemáticas, tais como, a regressão linear ou outras regressões. A análise da série temporal se baseia em dados históricos da demanda, reconhecendo tendências e padrões sazonais, que, ao serem extrapolados, auxiliam a projetar o futuro (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004).

Na regressão linear, há um relacionamento funcional entre variáveis correlacionadas. Um parâmetro (variável independente) é usado para predizer outro (variável dependente), de modo linear, como na equação 1 (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004).

$$Y = a + bX \qquad (1)$$

na qual
Y = variável dependente;
a = intersecção no eixo Y;
b = inclinação; e
X = variável independente.

O coeficiente de correlação, o erro-padrão e o intervalo de confiança são indicadores da qualidade da regressão. O coeficiente de correlação r mostra a relação entre as variáveis dependente e independente. Valores positivos indicam variação no mesmo sentido das variáveis. Valores negativos indicam variáveis inversamente relacionadas. Um valor nulo significa que não existe relação. Quanto mais próximo r estiver de $\pm$ 1,00, maior a correlação. O coeficiente de determinação r^2 é o quadrado do coeficiente de correlação e varia de 0 a 1,00. Valores próximos a 1,00 são desejáveis e indicam que as variáveis dependente e independente estão fortemente correlacionadas (BUSSAB, 1998). O erro-padrão da estimativa s_{yx}, mede a proximidade dos valores da variável dependente, ao redor da linha de regressão. É a diferença entre a demanda real e a previsão. O intervalo de confiança considera a variabilidade da previsão e é dado pela equação 2 (MOREIRA, 2001).

$$\text{Intervalo de confiança} = \hat{y} \pm zs_{yx} \qquad (2)$$

na qual
$\hat{y}$ = variável dependente calculada pela equação; e
Z = número de desvio padrão correspondente à área sob a curva normal.

Alguns valores são z = 1,64 (confiança de 90%), z = 1,96 (95%) e z = 3,0 (99,7%).

Os métodos de séries temporais utilizam informações históricas, que dizem respeito somente à variável dependente. Esses métodos baseiam-se na hipótese de que o padrão anterior da variável dependente persistirá no futuro, ou seja, os pressupostos mais importantes que explicam o passado, também explicarão o futuro (MARTINS e LAUGENI, 2002).

Os métodos de séries temporais que foram utilizados no caso, são: média móvel simples, média móvel ponderada, suavização exponencial e padrão sazonal.

O método da média móvel simples é utilizado para estimar a média de uma série temporal e filtrar variações aleatórias. Calcula-se a média para os n períodos de tempo mais recentes, como na equação 3 (MOREIRA, 2001)

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \ldots + D_{t-n+1}}{n} \quad (3)$$

na qual
D_t = Demanda real no período *t*;
n = Número total de períodos na média; e
F_{t+1}= Previsão para o período *t+1*.

Em alguns casos, os dados mais recentes têm uma maior importância para se calcular a previsão do que os dados mais antigos. Sendo assim, no método da média móvel ponderada, cada demanda tem seu próprio peso e a soma dos pesos tem que ser igual a 1 (MOREIRA, 2001). Na equação 4, apresenta-se um exemplo com *n* = 3.

$$F_{t+1} = 0{,}50\,D_t + 0{,}30\,D_{t-1} + 0{,}20\,D_{t-2} \quad (4)$$

O método da suavização exponencial atribui às demandas recentes, maior peso do que às demandas iniciais e três tipos de dados: a previsão do último período, a demanda para este período e um parâmetro de aproximação alfa (α),entre 0 e 1. A suavização exponencial é dada pelas equação 5 (MOREIRA, 2001)

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_t \quad (5)$$

na qual
D_t = Demanda do período; e
F_t = Previsão calculada no último período.

O método do padrão sazonal é usado para produtos que possuem uma venda sazonal. Essas vendas seguem padrões que se repetem em intervalos denominados períodos sazonais. Pode-se usar a regressão não-linear. Nesse caso, o relacionamento das variáveis é segundo um polinômio de ordem superior a dois. O coeficiente de determinação r^2 tem o mesmo significado que para a regressão linear. O erro de previsão é a diferença entre a previsão e a demanda real e é dado pela equação 6 (BATTERSBY, 1968; COBRA, 1994).

$$E_t = D_t - F_t \quad (6)$$

na qual
E_t = Erro de previsão para o período *t*

Como técnicas de previsão são sujeitas a erros, é necessário verificar sua acuracidade, através de indicadores. A soma cumulativa dos erros de previsão CFE (*cumulative sum of forecast error*) mede a soma total dos erros e é dada pela equação 7. O erro médio de previsão $\overline{E}$ é calculado pela equação 8. Pode-se ainda calcular o erro médio ao quadrado MSE (*mean squared error*) e o desvio absoluto médio MAD (*mean absolute deviation*), conforme as equações 9 e 10 (MOREIRA, 2001). O sinal de monitoramento, também é uma medida da precisão de uma previsão e é dado pela equação 11 (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004).

$$CFE = \sum E_t \quad (7)$$

$$\overline{E} = \frac{CFE}{n} \quad (8)$$

$$MAD = \frac{\sum |E_t|}{n} \quad (10)$$

$$\text{Sinal de monitoramento} = \frac{CFE}{MAD} \qquad (11)$$

3. ESTUDOS DE CASO

O objetivo do artigo é criar previsões de vendas para três produtos de uma empresa de fabricação de materiais elétricos. Para escolher os três produtos, foram analisados gráficos de venda dos principais produtos. As informações foram coletadas entre janeiro de 2003 a dezembro de 2005 e escolhidos três tipos de comportamento: tendencial, aleatório e sazonal. A escolha incluiu o conhecimento de mercado que a empresa tem, não se limitando a grafismos. O *software* utilizado foi o "Explorer APO", um suplemento que pode ser instalado no Microsoft Excel, indicado por Ritzman e Krajewski (2004).

O primeiro produto é A. A engenharia de produto da empresa acredita que o produto está na fase de introdução, o que justifica o comportamento tendencial positivo apresentado. Acrescenta-se que o produto é novo, tem tido aceitação no seu segmento e tem aumentado sua participação em novas aplicações; e por ora, o preço é inferior ao concorrente. Na figura 1, apresenta-se o gráfico de vendas do produto. Opta-se pela série temporal linear.

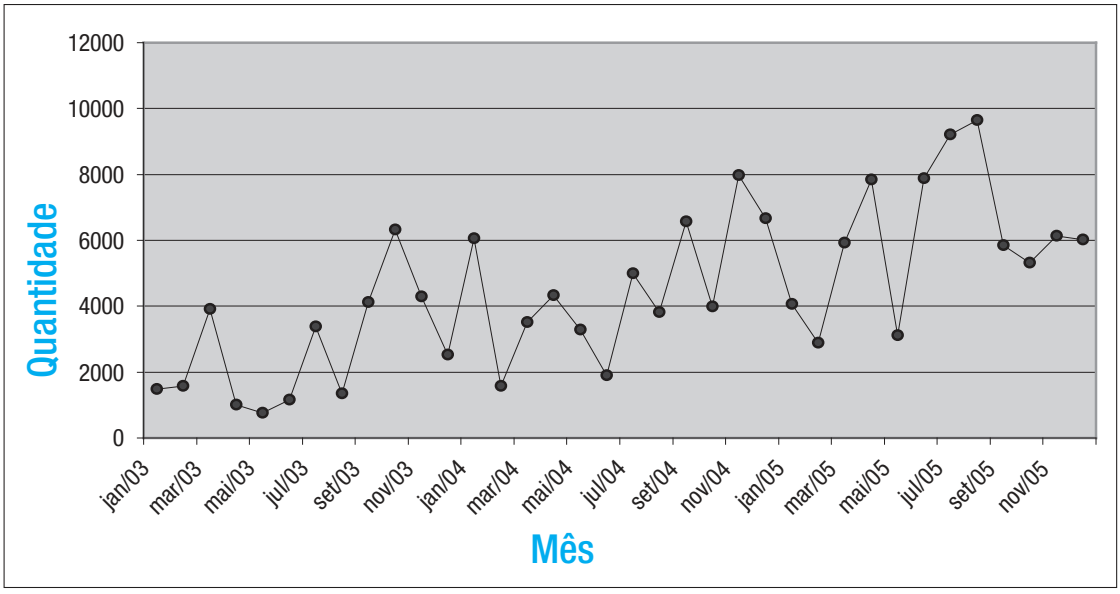

FIGURA 1 – Gráfico de vendas do produto tendencial.

Os dados foram colocadas no Explorer APO, que ofereceu a equação 12. Os r e r2 e o erro-padrão da estimativa são apresentados na tabela 1. A relação entre variáveis dependente e independente é positiva. Fazendo projeções semestrais de vendas, com intervalo de confiança de 90% (z = 1,64) e comparando com as demandas reais, verifica-se a proximidade de resultados (tabela 2)

$$Y = 1546{,}08 + 157{,}32\,X_1 \qquad (12)$$

TABELA 1 – Coeficientes de correlação, determinação e erro-padrão da estimativa para o produto A.

Indicadores	Valores
r	0,69
r2	0,48
Syx	1.762,97

TABELA 2 – Previsão de vendas para o próximo semestre do produto A.

Mês	Previsão		Demanda real
Janeiro/06	Limite superior	10.258,19	10.452
	Limite inferior	4.475,65	
Fevereiro/06	Limite superior	10.415,51	8.340
	Limite inferior	4.632,97	
Março/06	Limite superior	10.572,83	10.824
	Limite inferior	4.790,29	
Abril/06	Limite superior	10.730,15	8.304
	Limite inferior	4.947,61	
Maio/06	Limite superior	10.887,47	6.516
	Limite inferior	5.104,93	
Junho/06	Limite superior	11.044,79	12.080
	Limite inferior	5.262,25	

O segundo produto estudado, é B. A empresa acredita que B esteja em maturidade e tenha comportamento aleatório, pois (i) a venda depende do tipo de projeto desenvolvido; e (ii) a competição é de mercado. Na figura 2, apresenta-se o gráfico de vendas do produto. Escolheu-se a média móvel para a previsão.

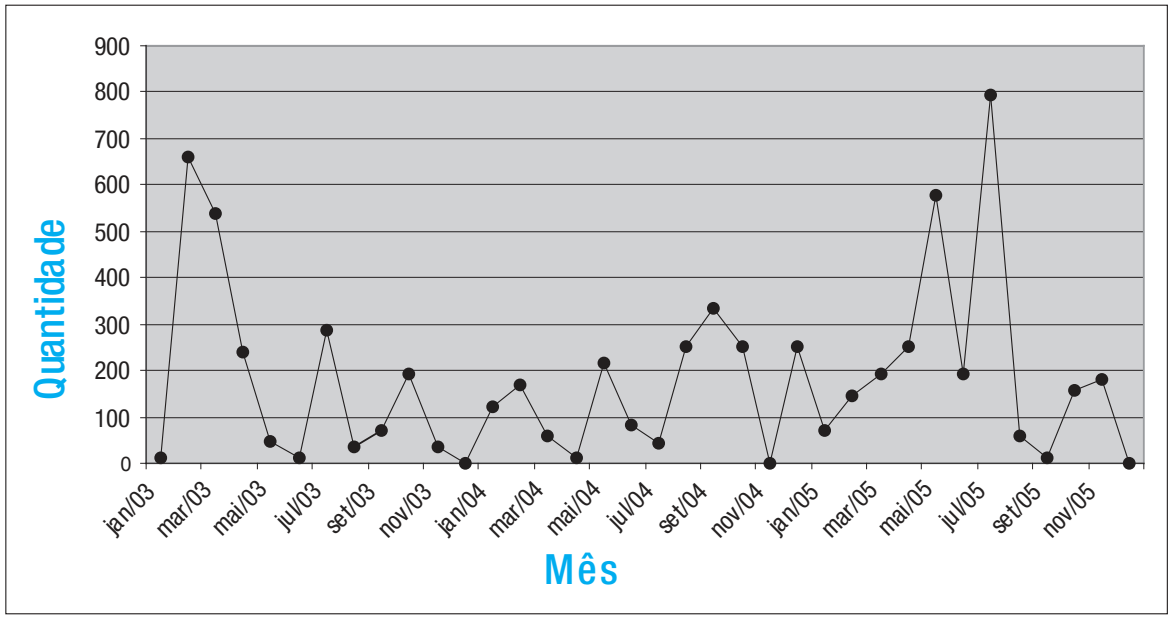

FIGURA 2 – Gráfico de vendas do produto aleatório.

Usa-se a média móvel simples, em trinta e seis observações mensais, com n escolhido por análise do CFE, MAD, MSE e sinal de monitoramento, com $n = 2$, $n = 4$, $n = 6$, $n = 8$ e $n = 10$ (figura 3). Os melhores resultados são para $n = 8$, apresentados na tabela 3.

A equação final por esse método, é dada pela equação 13:

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + D_{t-3} + D_{t-4} + D_{t-5} + D_{t-6} + D_{t-7}}{8} \qquad (13)$$

Para média móvel ponderada, fizeram-se cálculos com $n = 3$, $n = 4$, $n = 6$, $n = 8$ e $n = 10$ (figura 4). Os melhores resultados foram encontrados para $n = 8$, apresentados na tabela 4.

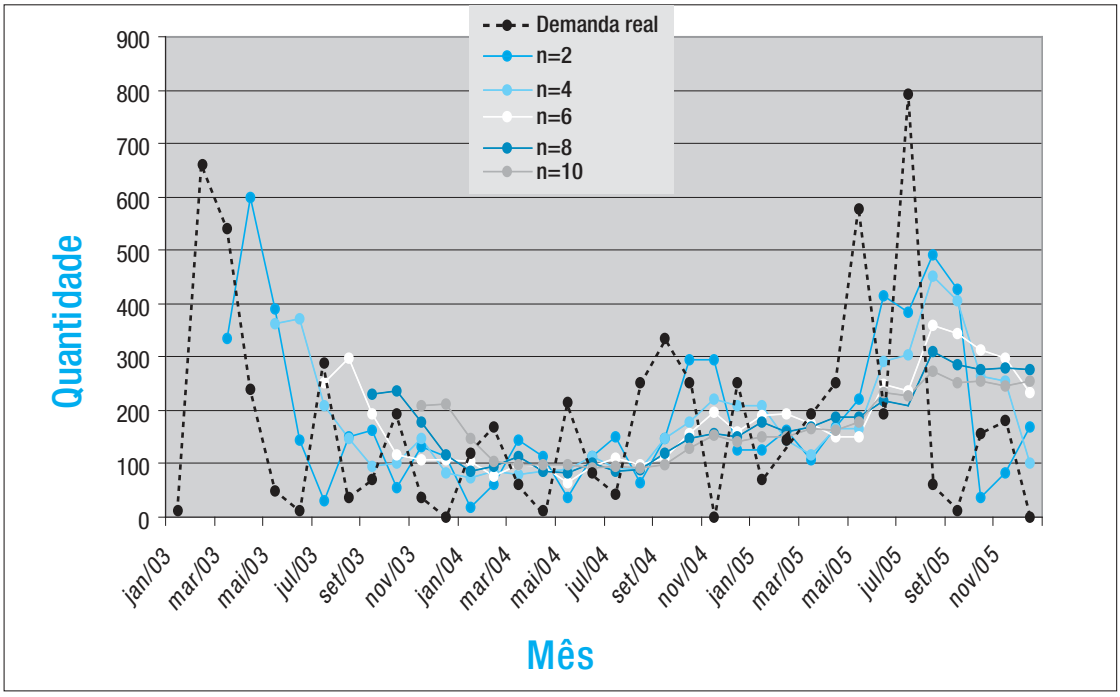

FIGURA 3 – Simulações da média móvel simples.

TABELA 3 – Resultados para n = 8 da média móvel simples.

Indicador	Valor
CFE	-87,00
MAD	138,05
MSE	34.310,00
Sinal de Monitoramento	-0,63

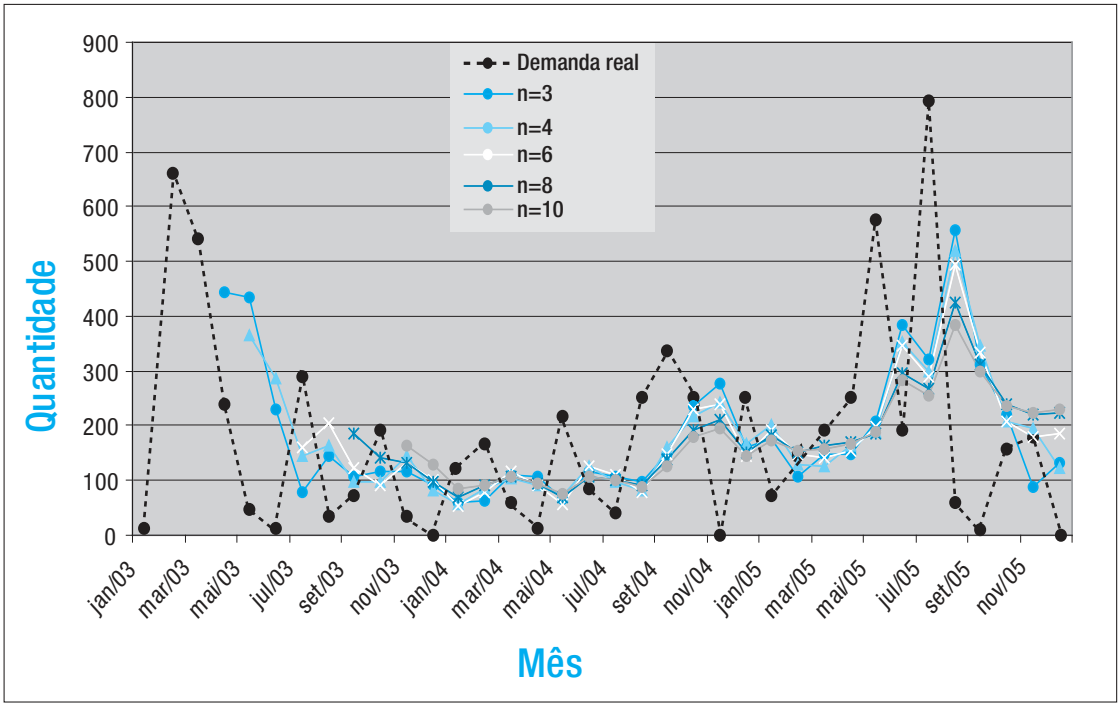

FIGURA 4 – Simulações da média móvel ponderada.

TABELA 4 – Resultados para n = 8 da média móvel ponderada.

Indicador	Valor
CFE	-88,68
MAD	136,92
MSE	33.580,00
Sinal de monitoramento	-0,65

A tabela 5 apresenta os pesos ótimos para $n = 8$, obtidos por simulação computacional. O modelo é dado pela equação 14.

TABELA 5 – Pesos das demandas da média móvel ponderada.

Valores dos pesos para $n = 8$			
Peso 1	0,30	Peso 5	0,09
Peso 2	0,20	Peso 6	0,08
Peso 3	0,15	Peso 7	0,07
Peso 4	0,10	Peso 8	0,01

$$F_{t+1} = 0{,}30\,D_t + 0{,}20\,D_{t-1} + 0{,}15\,D_{t-2} + 0{,}10\,D_{t-3} + 0{,}09\,D_{t-4} + 0{,}08\,D_{t-5} + 0{,}07\,D_{t-6} + 0{,}01\,D_{t-7} \qquad (14)$$

Fez-se a suavização exponencial para $\alpha = 0{,}10$; 0,30; 0,50; 0,70 e 0,90 (figura 5). Os melhores resultados são para $\alpha = 0{,}50$ (tabela 6). O modelo é o da equação 15.

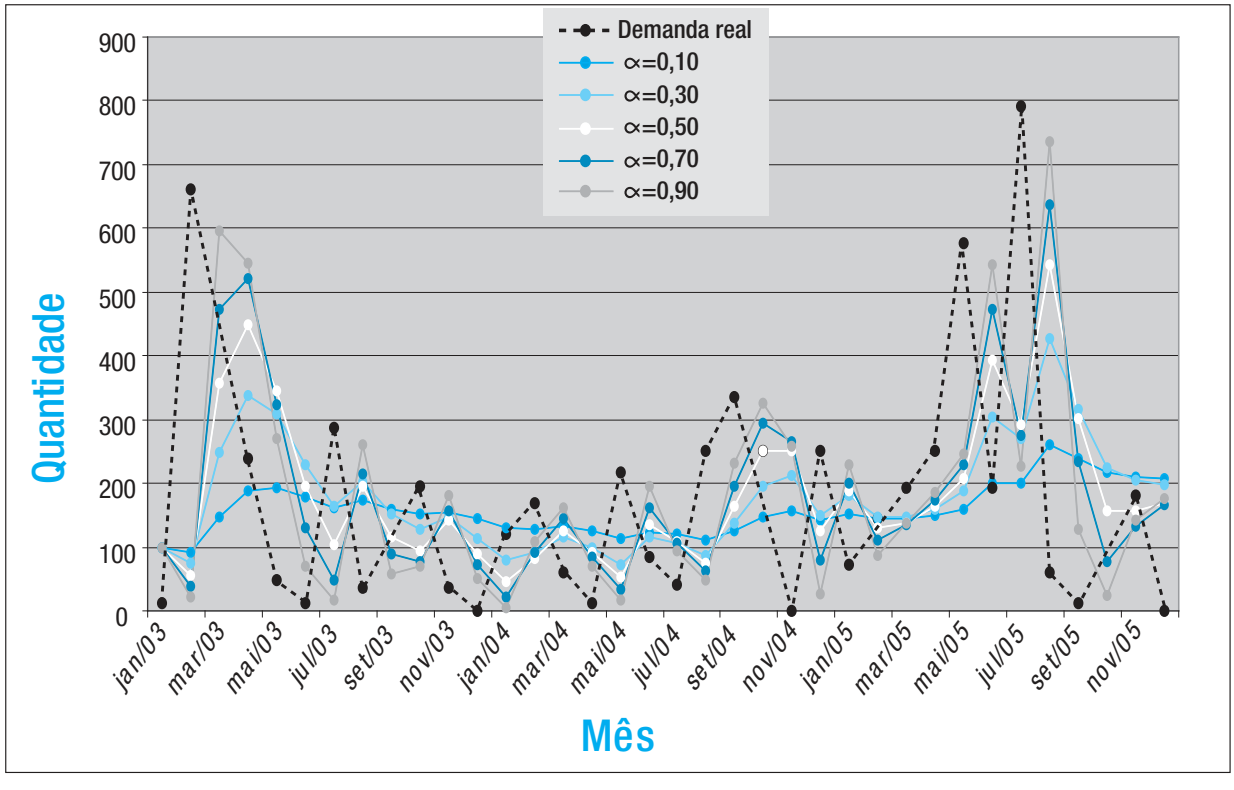

FIGURA 5 – Suavização exponencial.

TABELA 6 – Resultados para α = 0,50 da suavização exponencial.

Indicador	Valor
CFE	-31,87
MAD	162,94
MSE	45.927,00
Sinal de monitoramento	-0,20

$$F_{t+1} = 0{,}50\,D_t + 0{,}50\,F_t \qquad (15)$$

O terceiro produto estudado foi C, lançado em agosto de 2003. Os acumulados vendidos nos meses dos três anos, de 2003 a 2005, são apresentados na figura 6.

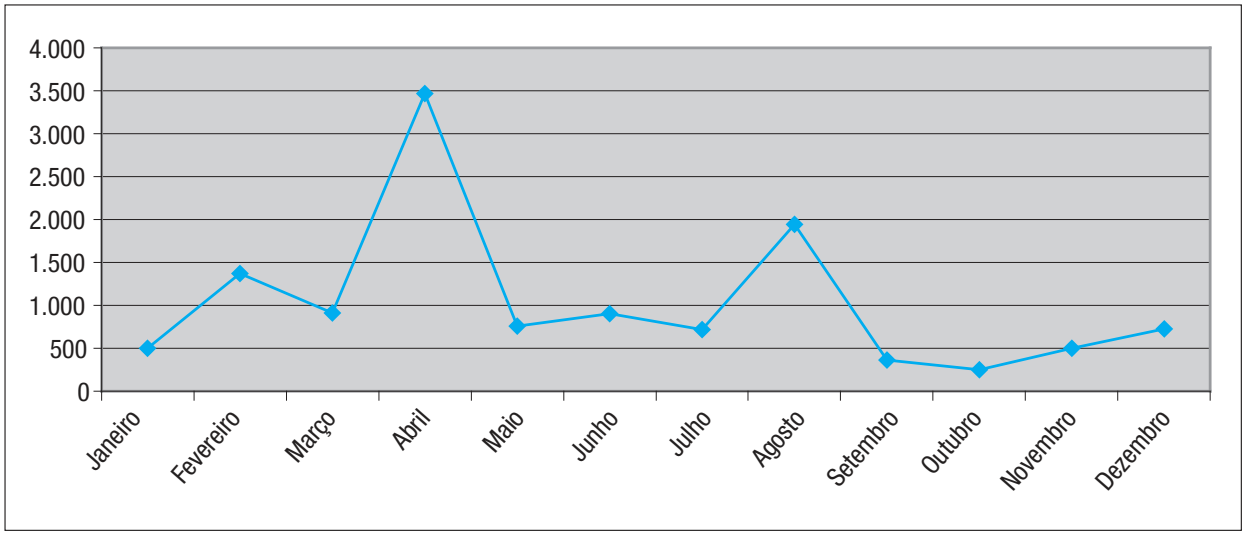

FIGURA 6 – Acumulado de vendas mensais do produto C, nos três anos estudados.

C é sazonal e foi planejado para ter demanda mais forte no inverno. Para verificação do comportamento, definem-se como períodos sazonais, os doze meses do ano. Verifica-se uma demanda maior nos períodos de abril. Em agosto de 2004, ocorreu uma promoção, com redução de preço e aumento da demanda. Sendo assim, as vendas desse período não podem ser consideradas como uma regularidade através dos anos. Opta-se pela técnica de regressão polinomial, de ordem superior a dois. Os períodos sazonais considerados são os doze meses de cada ano. Para comparação, observam-se as linhas de tendência e o gráfico de vendas, com polinômios de ordem 3, 4 e 5 (figura 7).

Obtiveram-se as equações dos polinômios e o coeficiente de determinação r^2. Com as equações, calculam-se as demandas previstas para cada período sazonal, substituindo-se na equação, o mês correspondente (x). Analisando-se os resultados, encontram-se os menores erros para o polinômio de ordem 4. Os meses que apresentam erros mais críticos são abril e agosto. Em agosto de 2004, ocorreu a já citada promoção. É uma situação imprevisível e esporádica, que deve ser desconsiderada. Em abril, tem-se uma regularidade de demanda maior. De um modo geral, no longo prazo, o método apresenta bons resultados, visto que o erro total é quase nulo. Este erro acumulado quase nulo permite que se faça a previsão global para o período, respeitada a temporalidade, ou seja, havendo uma antecipação da produção, é possível produzir o montante a ser vendido praticamente sem erro.

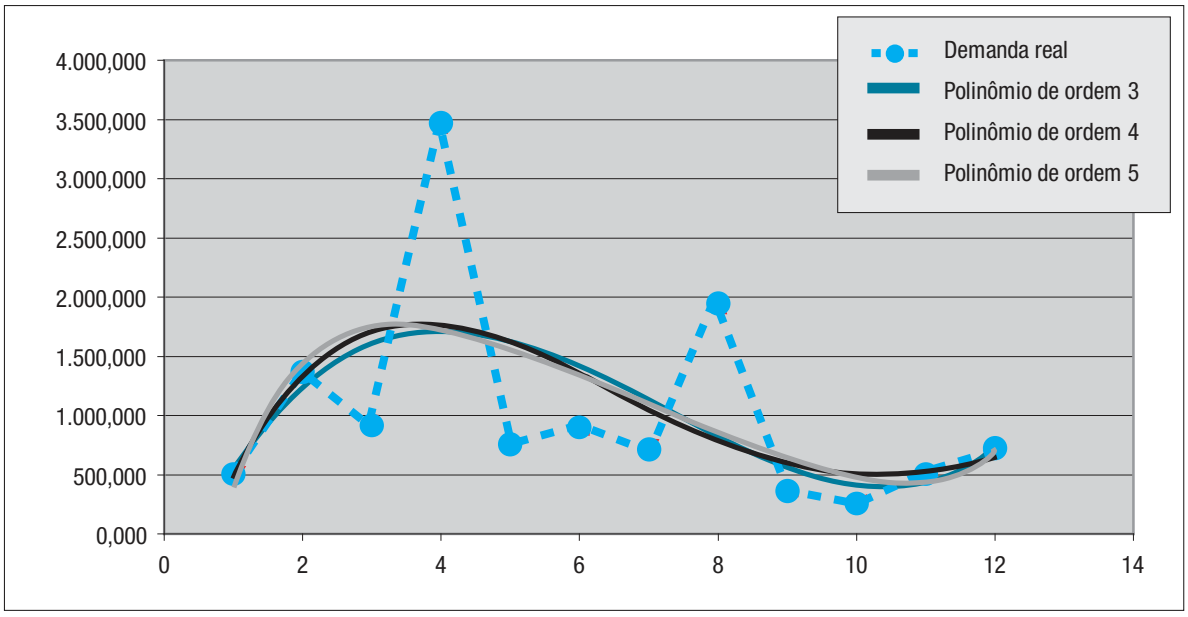

FIGURA 7 – Simulações do produto sazonal.

O modelo final para o método é dado pela equação 16:

$$y = -0{,}75x^4 + 29{,}84x^3 - 390{,}83x^2 + 1822{,}72x - 986{,}23 \quad (16)$$

4. DISCUSSÃO

As técnicas de previsão estudadas para os diferentes comportamentos de produtos, são pouco exploradas na empresa em estudo. Atualmente, a empresa trabalha apenas com a técnica da média móvel simples, com $n = 3$.

No produto com comportamento tendencial, o método de regressão linear mostrou-se satisfatório e parece ser adequado. Para o produto com comportamento aleatório, que é o comportamento da grande maioria de produtos da empresa, fizeram-se várias tentativas para obter-se parâmetros de comparação dos diferentes métodos utilizados. Os métodos que apresentaram os melhores resultados foram a média móvel ponderada e suavização exponencial. Analisando-se os gráficos, a suavização exponencial teve uma resposta mais rápida, em relação à demanda real, devido aos dados recentes ter um peso maior, onde os resultados mostraram-se quase como um espelho, com uma pequena defasagem. Porém, verificando-se os números absolutos, a média móvel mostrou-se mais eficaz. Um ponto negativo que se pode encontrar nesse método, é a grande quantidade de armazenamento de dados e o seu tempo de processamento. Dependendo do *software* e investimentos aplicados, poderá ser mais rentável e aconselhável a aplicação da técnica de suavização exponencial, que também apresentou resultados significantes.

A técnica da média móvel simples pode continuar sendo aplicada para os produtos que apresentam pequenas variações. Um ponto que deve ser considerado, é o fato de a empresa já utilizar esse método e dessa forma, não precisar mudar suas análises para esses produtos com pequenas variações.

Para o produto com comportamento sazonal, sugere-se dar atenção para a previsão do mês sazonal de abril. Analisando-se em longo prazo, os resultados foram satisfatórios. A técnica foi apresentada mais como aplicação científica. Dificilmente será utilizada devido ao baixo número de produtos que apresentam esse comportamento dentro da empresa.

Estas técnicas devem ser implementadas de forma gradativa na empresa, visto que dependem de *software* e treinamento de pessoal qualificado. O uso do *software* mostrou-se eficaz e indispensável, devido à diversidade de produtos e simulações necessárias.

Fizeram-se ajustes até se obter os melhores resultados e erros possíveis. O período considerado para todas as previsões, foi 36 meses. Dentro da realidade da empresa, esses valores podem alterar-se. No mercado que a empresa atua, exige-se entrega imediata do produto, podendo-se ter como conseqüência a perda de negócios, se não houver pronta entrega. Sendo assim, parece ser válida a utilização de técnicas de previsão de vendas, para aumentar a competitividade da empresa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo testar técnicas de previsão de demanda para alguns produtos, com comportamento tendencial, aleatório e sazonal da empresa estudada. Através do conhecimento de mercado e da análise dos dados históricos dos produtos, foi definida qual técnica melhor ajusta-se ao modelo proposto. Cada comportamento de produto irá se ajustar a uma técnica diferente, de acordo com suas particularidades. E dependendo da aplicação e importância dos produtos, deve-se dar uma atenção especial para a previsão proposta.

Os resultados obtidos foram satisfatórios, se comparados à demanda real e servem para avaliar o desempenho do processo e propor modificações no atual sistema. O período de previsão de trinta e seis meses mostrou-se adequado para as aplicações.

Deve-se destacar a análise para os produtos com comportamento tendencial e aleatório, que são a quase totalidade de produtos da empresa. Para o produto tendencial, apenas a análise de uma técnica foi necessária para obtenção de resultados satisfatórios. O intervalo de confiança escolhido definirá o grau de importância do produto dentro do sistema produtivo da empresa. Em relação ao produto aleatório, devido às suas flutuações e incertezas, fizeram-se necessárias várias técnicas para comparação de parâmetros, até se obter resultados adequados às nossas finalidades.

Por melhor que seja a técnica de previsão utilizada, sempre existirão erros. Fatores imprevisíveis como promoções, instabilidade do mercado, ações dos concorrentes, entre outros, podem fazer com que nossas previsões fiquem além do esperado. Por isso, deve-se estar atento ao mercado e preparados para eventuais distorções de valores das previsões.

Este estudo foi importante, haja vista que a empresa trabalha, atualmente, com a técnica da média móvel simples e pretende implantar outras técnicas para auxiliar o planejamento das ordens de fabricação dos produtos. Como sugestão para continuidade do trabalho sugere-se a análise desses comportamentos dos produtos por outras técnicas de previsão e a verificação e validação dos resultados propostos nas previsões futuras.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIO, D.; PIRES, S. Uma análise da Gestão da Demanda na Cadeia de Suprimentos através de simulação. **Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, ENEGEP, P. Alegre, 2005.

ARAÚJO, M.; ARAÚJO, F.; ADISSI, P. Elaboração de um modelo multivariado de previsão de demanda para um call center. **Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, ENEGEP, P. Alegre, 2005.

ARNOLD, J. **Administração de Materiais**: Uma Introdução. São Paulo: Atlas, 1999.

BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. P. Alegre: Bookman, 2005.

BATTERSBY, A. **Previsão de Vendas**. R. Janeiro: Zahar Editores, 1968.

BUSSAB, W. **Análise de variância e de regressão**. S. Paulo: Atual, 1998.

COBRA, M. **Administração de Vendas**. S. Paulo: Atlas, 1994.

DAVIS, M; AQUILANO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da administração da produção**. P. Alegre: Bookman, 2001.

MARTINS, P.; LAUGENI, F. **Administração da Produção.** São Paulo: Saraiva, 2002.

MOREIRA, D. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

OLIVEIRA, U.; MARINS, F.; DALCOL, P. Seleção dos tipos de flexibilidade de manufatura versus seleção de carteira de ações: uma analogia para minimização de riscos e incertezas no ambiente fabril. **Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, ENEGEP, Fortaleza, 2006.

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

VOLLMANN, T.; BERRY, W.; WHYBARK, D.; JACOBS, F. **Sistemas de planejamento & controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos**. P. Alegre: Bookman, 2006.

WERNER, D.; ANZANELLO, M.; LEMOS, F.; ANZANELLO, R.Estimativas de áreas de plantio de sementes baseadas em previsão de demanda e análise de fatores climáticos **Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, ENEGEP, Fortaleza, 2006.