

## Método de previsão de demanda e detecção de sazonalidade para o planejamento da produção de indústrias de alimentos.

Abelardo Alves Queiroz (UFSC) [abelardo@emc.ufsc.br](mailto:abelardo@emc.ufsc.br)

Darlene Cavalheiro (UFSC) [darcavalheiro@yahoo.com.br](mailto:darcavalheiro@yahoo.com.br)

### Resumo

*Nas últimas décadas, a economia brasileira tem estado relativamente estável, o que leva à demanda de vendas mais previsível. A indústria de alimentos constitui um dos setores mais importantes da economia nacional e, como outras indústrias, necessita planejar sua produção, cujos produtos são sensíveis a sazonalidade de oferta e demanda, perecíveis e de grande diversidade. Este trabalho propõe um método para gerar dados de previsão da demanda. O método compreende três etapas: análise dos dados históricos de demanda, verificação da sazonalidade e aplicação do modelo matemático. O modelo matemático é validado teoricamente com dados da bibliografia e comparando-o com modelos clássicos de previsão de dados sazonais como de Winters e de Decomposição Clássica. Para complementar, realizou-se uma aplicação do método proposto a situações reais, utilizando-se dados de vendas de alimentos. As previsões obtidas com o método proposto mostraram previsibilidade igual ou melhor do que os métodos clássicos de previsão de demanda que incluem a sazonalidade.*

*Palavras chave: Previsão de demanda, Sazonalidade, Planejamento da produção.*

### 1 Introdução

As mudanças econômicas ocorridas nos últimos tempos têm forçado as organizações a adaptarem-se continuamente para enfrentar os desafios de manterem-se no mercado de forma competitiva. O planejamento da produção tem a previsão de demanda como um dos seus principais subsídios. A previsão tem a função de fornecer informações sobre a demanda futura dos produtos para que a produção possa ser planejada com antecedência, permitindo que os recursos produtivos estejam disponíveis na quantidade, momento e qualidade adequada.

A sazonalidade é uma característica freqüente na demanda por alimentos, sendo causada por variações climáticas, datas comemorativas, entre outros fatores. Com isso, é conveniente utilizar procedimentos para avaliar a sazonalidade e métodos de previsão que considerem o efeito das flutuações sazonais sobre a demanda, pois quanto mais informações se tiverem sobre o comportamento da demanda de um produto, mais acurada será a previsão e, conseqüentemente, as decisões baseadas nesta previsão.

De acordo com dados da Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos (ABIA), em 2001 a indústria de alimentos atingiu um faturamento líquido (líquido de impostos indiretos) de R\$ 96,8 bilhões e contribuiu com 9,6% do Produto Interno Bruto (PIB). Donk (2000) apresenta algumas características dos produtos da indústria de alimentos como a origem da matéria prima que freqüentemente implica em oferta, devido à produção instável e a perecibilidade de matérias-primas, semi-manufaturadas e produtos acabados, as quais devem ser levadas em

conta para os propósitos de planejamento da produção e, conseqüentemente de previsão de demanda.

## 2 Métodos de Previsão de Demanda

Martins (1999) define previsão da seguinte maneira: “Previsão é um processo metodológico para a determinação de dados futuros baseado em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente definida”. A escolha do método a ser adotado para a previsão de demanda depende da natureza do produto e de vários fatores, tais como disponibilidade de dados históricos, horizonte de previsão a longo, médio ou curto, precisão necessária, orçamento disponível e padrão dos dados existentes (horizontal, sazonal, cíclico ou tendência). (DAVIS 1997). Existem vários métodos para prever a demanda, os quais podem ser agrupados em duas categorias principais: quantitativos e qualitativos. Os métodos qualitativos envolvem estimação subjetiva através de opiniões de especialistas. Os métodos quantitativos definem explicitamente como a previsão é determinada. A lógica é claramente determinada e as operações são matemáticas. Dois tipos básicos de modelos são usados: modelos de séries temporais e modelos causais.

### 2.1 Análise de Séries Temporais

Uma série de tempo é uma seqüência de observações históricas sobre uma variável de interesse. Para prever séries temporais é necessário representar o comportamento do processo por um modelo matemático que pode ser extrapolado para o futuro. (MONTGOMERY 1976). A análise de séries temporais assume que os dados históricos da demanda têm quatro componentes Shafer *et al*, (1998): **Tendência:** é a direção a longa distância da série, incluindo qualquer quantidade constante de demanda nos dados. **Variação sazonal:** são flutuações regulares que se repetem em períodos quase sempre coincidindo com o calendário anual, mensal ou semanal. **Variação cíclica:** óbvia somente em séries que transpõem vários anos. Um ciclo pode ser definido como uma oscilação de longo-prazo, ou um impulso de dados sobre a linha de tendência durante um período de pelo menos três períodos completos. **Variação aleatória:** as variações deste tipo são sem uma causa específica e sem um padrão, portanto são tratados como erros aleatórios.

### 2.2 Sazonalidade

Segundo Wallis & Thomas (1971) a sazonalidade pode ser definida como o conjunto dos movimentos ou flutuações com período igual ou inferior a um ano, sistemáticos, mas não necessariamente regulares, que ocorrem numa série temporal. A sazonalidade é o resultado de causas naturais, econômicas, sociais e institucionais. Existem dois interesses principais no ajuste de séries temporais para variação sazonal: o estudo da sazonalidade propriamente dita e a remoção da sazonalidade da série para depois estudá-la em seus demais aspectos. Nesse último está implícita a idéia de que a existência de movimentos sazonais afeta o reconhecimento e a interpretação de importantes movimentos não-sazonais numa série (PINO *et al*, 1994). Outra característica da sazonalidade é se ela é aditiva ou multiplicativa. No caso aditivo, a série mostra uma flutuação sazonal estável, sem levar em consideração o nível médio da série; no caso multiplicativo, o tamanho da flutuação sazonal varia, dependendo do nível médio da série.

## 3 Método proposto

O método proposto compreende três etapas principais: a análise dos dados de entrada, a verificação da significância da sazonalidade presente nos dados e a aplicação do modelo matemático.

### 3.1 Análise dos dados de entrada

Quando os dados econômicos representam as vendas é interessante entender as mudanças que ocorrem nestas vendas. A análise pode ser por produto, por grupos de clientes, por regiões geográficas, entre outros. Os dados de entrada do método são aqueles de vendas passadas de um determinado produto ou família de produtos, coletados em períodos de tempo regulares. Na análise de séries temporais a quantidade em que os dados devem estar disponíveis para análise deve ser suficiente para que seja possível identificar padrões do comportamento da demanda. Se após a organização e análise prévia dos dados, estes apresentarem indícios de sazonalidade deve-se fazer a verificação da sazonalidade.

### 3.2 Verificação da significância da sazonalidade

Esta etapa do método compreende a verificação da significância da sazonalidade frente ao erro. Para tanto, propõe-se a realização da análise de variância de um fator único (*one way analysis of variance*) e do teste F sobre os dados de sazonalidade. Considerando “a” estações de sazonalidade que se deseja avaliar,  $s_{ij}$ , representa o j-ésimo dado de sazonalidade tomado sob a estação  $i$ . Há em geral  $n$  dados sazonais sob a estação  $i$ . A repetibilidade dos dados sazonais corresponde ao número de períodos, por exemplo, anos, utilizados na análise. Sendo que  $s_{i..}$  representa o total dos dados de sazonalidade sob a i-ésima estação e  $\bar{s}_{i..}$  representa a média dos dados sazonais sob a i-ésima estação e, similarmente  $s_{..}$  representa o total de todos os dados sazonais e  $\bar{s}_{..}$  representa a média de todos os dados sazonais, expressa-se simbolicamente,

$$s_{i..} = \sum_{j=1}^n s_{ij}, i = 1, 2, \dots, a \quad (1)$$

$$\bar{s}_{i..} = \frac{s_{i..}}{n}, i = 1, 2, \dots, a \quad (2)$$

$$s_{..} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n s_{ij} \quad (3)$$

$$\bar{s}_{..} = \frac{s_{..}}{N}, N = \text{número total de dados de sazonalidade} \quad (4)$$

Obs.: A notação do ponto subscrito implica no somatório do subscrito que ele substitui. O objetivo é testar hipóteses apropriadas sobre o efeito das estações e estimá-los. Interessa testar a igualdade da média das estações, isto é,  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$  ou  $H_1: \mu_i \neq \mu_j$  para pelo menos um par  $(i,j)$ . Se  $H_0$  é verdadeira, todas as estações têm uma média comum  $\mu$ . O procedimento apropriado para testar a igualdade da estação “a” é a análise de variância. A soma dos quadrados total corrigida

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (s_{ij} - \bar{s}_{..})^2 \quad (5)$$

é usada como a medida da variabilidade total nos dados. Esta equação pode ser parcionada no somatório do quadrado das diferenças entre a média das estações e a média de todos os dados de sazonalidade, mais o somatório do quadrado das diferenças dos dados sazonais, dentro das estações, da média das estações, conforme equação.

$$SS_T = n \sum_{i=1}^a (\bar{s}_i - \bar{s}_{..})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (s_{ij} - \bar{s}_i)^2 \quad (6)$$

$$SS_T = SS_{estação} + SS_{erro} \quad (7)$$

onde  $SS_{estação}$  é a soma quadrática devido as estações e  $SS_{erro}$  é a soma quadrática devido ao erro. Se há “ $a.n=N$ ” dados de sazonalidade totais, desta forma  $SS_T$  têm  $(N-1)$  graus de liberdade; se há “ $a$ ” estações de sazonalidade (e “ $a$ ” médias das estações), assim  $SS_{estação}$  tem  $(a-1)$  graus de liberdade. Dentro de cada estação tem “ $n$ ” replicações provendo  $(n-1)$  graus de liberdade, com os quais estima-se o erro. Desde que há “ $a$ ” estações, tem-se  $a(n-1) = na - a = (N - a)$  graus de liberdade para o erro. Com as quantidades,  $SS_{estação}$  e  $SS_{erro}$  e seus respectivos graus de liberdade, calcula-se as médias quadradas:

$$MS_{estação} = \frac{SS_{estação}}{a - 1} \quad (8)$$

$$MS_{erro} = \frac{SS_{erro}}{N - a} \quad (9)$$

A partir das médias quadradas calcula-se o teste estatístico, ou seja,  $F_0$ :

$$F_0 = \frac{MS_{estação}}{MS_{erro}} \quad (10)$$

Se a hipótese nula de nenhuma diferença na média das estações é verdadeira, a razão acima é distribuída como  $F$  com  $a - 1$  e  $N - a$  graus de liberdade. Contudo, se a hipótese nula é falsa, rejeita-se  $H_0$ , e conclui-se que há diferença na média das estações, ou seja,  $F_0 > F_{\alpha, a-1, N-a}$ , onde  $F_{\alpha, a-1, N-a}$  é obtido a partir de tabelas;  $\alpha$  representa o nível de significância.

Desta forma, para verificação da significância da sazonalidade se:

- $F_0 > F_{\alpha, a-1, N-a} \Rightarrow$  a sazonalidade é significativa na série de dados;
- $F_0 \leq F_{\alpha, a-1, N-a} \Rightarrow$  a sazonalidade não é significativa na série de dados.

Se a sazonalidade for significativa então a mesma deve ser considerada no processo de previsão da demanda.

### 3.3 Aplicação do modelo

Esta etapa consiste da modelagem matemática do comportamento da demanda. O modelo, também proposto nesse trabalho, determina padrões para o comportamento da demanda, admitindo que estes padrões se repetem, extrapola-os para os períodos futuros. O modelo proposto baseia-se na análise de séries temporais, ou seja, utilizando dados de demandas anteriores, estratificados em períodos de tempo regulares, determina cada componente da demanda e usa este conhecimento para gerar a previsão. As etapas principais que compõe o modelo são: análise dos componentes da demanda e previsão da demanda.

#### 3.3.1 Análise dos componentes da demanda

A análise dos componentes da demanda assume que os dados de demanda ( $X$ ) têm quatro componentes: tendência ( $T$ ), variação cíclica ( $C$ ), variação sazonal ( $S$ ) e variação aleatória ou erro ( $e$ ), os quais podem ser representados da seguinte forma:

$$X_t = T_t + C_t + S_t + e_t \quad (11)$$

Neste trabalho, considera-se a tendência e o ciclo como um componente único, ou seja, uma tendência cíclica representada por  $T$ . Os ciclos são movimentos de longo prazo, sendo pouco perceptíveis nas séries usadas nas previsões de médio a curto prazo. Assim, a demanda compõe-se agora de tendência, sazonalidade e erro:

$$X_t = T_t + S_t + e_t \quad (12)$$

O procedimento consiste em analisar estes componentes e, de acordo com o comportamento de cada um, determinar sua magnitude, utilizando este conhecimento para o propósito de previsão.

#### a) Tendência

Em geral, os dados de demanda apresentam uma tendência, que pode variar no decorrer dos períodos de forma crescente ou decrescente. Esta tendência pode ser linear ou representada por um polinômio de grau maior, mas sempre bem inferior ao grau que representaria as estações.

#### b) Sazonalidade

O resíduo da melhor reta ou do melhor polinômio representa a sazonalidade mais o erro da demanda, ou seja:

$$X_t - \hat{T}_t = S_t + e_t \quad (13)$$

Com os valores de  $S_t + e_t$ , faz-se o teste para verificação da sazonalidade frente ao erro. Se a sazonalidade for significativa, então para o próximo período de tempo  $t$  determiná-la como sendo a média dos dados sazonais de cada período  $j$  sob a estação  $i$ .

$$\hat{S}_t = \bar{s}_i \quad (14)$$

$\hat{S}_t$  = estimativa da sazonalidade para o período de tempo  $t$

$\bar{s}_i$  = média dos dados sazonais sob a estação  $i$

Conhecidos os componentes de tendência e sazonalidade, obtém-se um resíduo que representa o erro:

$$e_t = X_t - \hat{T}_t - \hat{S}_t \quad (15)$$

### 3.3.2 Previsão da demanda

Feita a análise dos componentes da demanda é possível então prever a demanda. A previsão da demanda consiste no reagrupamento dos componentes da demanda. A equação da melhor reta ou curva que representa a tendência do período analisado é extrapolada para os períodos subsequentes.

$$T_{t+1} = \hat{T}_{t+1} \quad (16)$$

A sazonalidade para o período  $t+1$  é igual a estimativa da sazonalidade para o período  $t+1$ , considerando-se que a sazonalidade é significativa e repete-se em períodos de tempo regulares.

$$S_{t+1} = \hat{S}_{t+1} \quad (17)$$

Caso a sazonalidade seja multiplicativa, deve-se determinar os fatores multiplicativos para os períodos a serem previstos.

$$S_{t+1} = \hat{S}_{t+1} * \hat{A}_{t+1} \quad (18)$$

Após determinar a tendência e a sazonalidade, estas devem ser reagrupadas para gerar a previsão da demanda para os períodos futuros, de acordo com o modelo:

$$F_{t+1} = T_{t+1} + S_{t+1} \quad (19)$$

onde:  $F_{t+1}$  = previsão para o período de tempo  $t+1$

$T_{t+1}$  = tendência para o período  $t+1$

$S_{t+1}$  = sazonalidade para o período  $t+1$

#### 4 Aplicação do método de previsão de demanda proposto

Uma aplicação do método de previsão de demanda é proposto neste trabalho, ela consta de dados reais de vendas de produtos alimentícios. Das empresas que disponibilizaram os dados para análise, uma caracteriza-se como indústria de pequeno porte e atua no segmento de mel de abelha e derivados. Os dados de vendas desta empresa, em geral, apresentaram sazonalidade, porém fraca e instável. A segunda empresa caracteriza-se como de grande porte com produtos como farinhas, misturas para pães e bolos. Estes produtos tipicamente apresentam fraca sazonalidade, pois grande parte deles é do grupo de consumo diário. A terceira empresa caracteriza-se como uma empresa de pequeno porte, produtora de sorvetes e tortas geladas. Para estes produtos a demanda é caracterizada por uma sazonalidade significativa, forte e estável.

A Figura 2 apresenta as vendas mensais do produto da Empresa 1. De acordo com os dados da Tabela 2, este produto apresentou uma sazonalidade pouco significativa. Também, pela análise gráfica percebe-se que as flutuações sazonais são instáveis variando de um ano para outro. A previsão é feita para os meses de Janeiro e Fevereiro de 2003, dando continuidade aos períodos utilizados na análise da demanda.

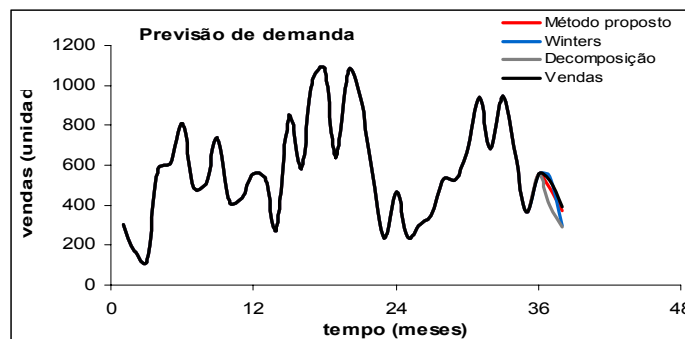


Figura 2 – Previsão de vendas para o produto da Empresa 1.

A Figura 3 apresenta a previsão de vendas para o produto da Empresa 2. Assim a sazonalidade se mostrou pouco significativa, conforme dados da Tabela 2.

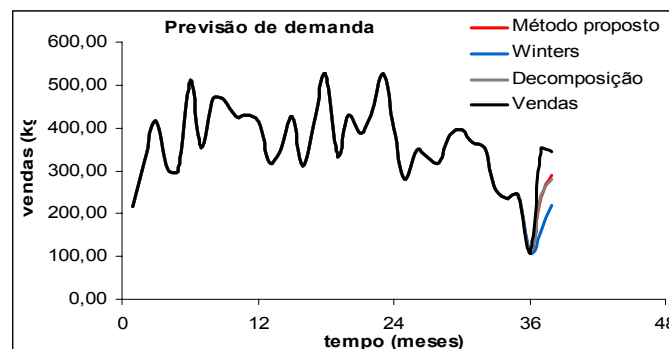


Figura 3 – Previsão de vendas para o produto da Empresa 2.

A Figura 4 apresenta a previsão de vendas para o produto da Empresa 3. A demanda de vendas para este produto apresenta uma sazonalidade significativa e bastante acentuada, de acordo com os dados da Tabela 2 e também pelo perfil da demanda apresentado na Figura 4.

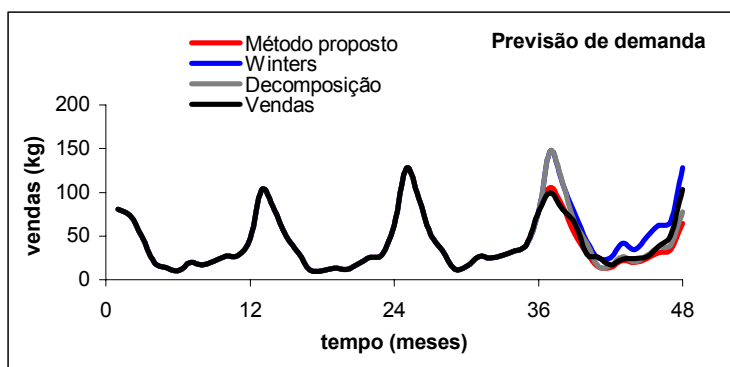


Figura 4 – Previsão de vendas para o produto da Empresa 3.

A Tabela 2 apresenta os resultados da verificação da significância da sazonalidade para os exemplos dos produtos das empresas 1, 2 e 3.

Produto	$F_0$ (calculado)	$F_{\alpha, a-1, N-a}$ (tabelado)	Sazonalidade $F_0 > F$
Empresa 1	2,92	2,22	Não significativa
Empresa 2	4,08	2,22	Não significativa
Empresa 3	28,48	2,22	Sim

Tabela 2 – Resultados da verificação da significancia da sazonalidade.

As Tabelas 3, apresenta os valores das medidas de precisão das previsões geradas pelos diferentes métodos. Para estes exemplos o método proposto gerou previsões mais precisas, pois as medidas de precisão são menores. Os valores de MSE são maiores, devido esta medida considerar os grandes desvios da média ao invés de pequenos desvios.

Produto da Empresa 1	Método proposto	Método de Winters	Método de decomposição	Melhor
AD	31	55	116	Modelo proposto
MSE	1118	4621	13646	Modelo proposto
MAPE	7	13	25	Modelo proposto
Produto da Empresa 2	Método proposto	Método de Winters	Método de decomposição	Melhor
MAD	84	159	85	Modelo proposto
MSE	7938	26588	7728	Modelo proposto

MAPE	24	46	25	<i>Modelo proposto</i>
<b>Produto da Empresa C</b>	<b>Método proposto</b>	<b>Método de Winters</b>	<b>Método de decomposição</b>	<b>Melhor</b>
MAD	9	19	12	<i>Modelo proposto</i>
MSE	182	501	359	<i>Modelo proposto</i>
MAPE	18	45	22	<i>Modelo proposto</i>

Tabela 3 – Resultados das medidas de precisão de previsões

## 5. Conclusões

Neste trabalho, desenvolveu-se um método de previsão da demanda capaz de prover dados para o planejamento da produção. Os dados gerados pelo método proposto fornecem estimativas da demanda futura, que apóiam os planos de produção (estoque, capacidade) na tarefa de informar o que, quando e quanto produzir.

O método proposto analisa um aspecto fundamental que é a significância da sazonalidade supostamente presente nos dados. Para produtos como alimentos, analisados neste trabalho, a sazonalidade é uma característica bastante freqüente, porém algumas flutuações que aparecem nos dados nem sempre caracterizam uma sazonalidade. Desta forma, a verificação da significância da sazonalidade através da análise de variância e teste F proporciona um bom indicador da natureza dos dados quanto a sua sazonalidade.

A partir da validação teórica do modelo, seguiu-se com a aplicação do método proposto usando dados reais de vendas de produtos alimentícios. Os dados necessários para esta etapa foram obtidos de empresas de alimentos. A aplicação do método a dados reais de vendas de produtos alimentícios mostrou-se muito boa para detectar dados com sazonalidade. Os dados da empresa 1 e 2 mostraram pobre sazonalidade enquanto para a empresa 3 a análise mostrou boa sazonalidade. Como o método de previsão proposto foi desenhado para dados com sazonalidade também a previsão de demanda gerada para a empresa 3 pelo método proposto foi bastante precisa. Acredita-se que o método de previsão de demanda proposto neste trabalho seja de grande valia para empresas que desejam implementar, de forma fácil e rápida, métodos de previsão de demanda. Pois para que as empresas possam manter-se competitivas devem investir no planejamento de suas operações, implementando ferramentas que melhorem seu desempenho.

## Referências

- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. (1997) - Fundamentos da Administração da Produção. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman,.
- DONK, D. P. VAN. (2000) Make to stock or make to order: The decoupling point in the food processing industries. - *International Journal of Production Economics*, n. 69, p. 297-306.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. (1998) - *Administração da produção*. São Paulo: Saraiva.
- MONTGOMERY, D. C.; JOHNSON, L. A. (1976) - *Forecasting and time series analysis*. New York: McGraw-Hill.
- PINO, F. A.; FRANCISCO, V. L. F. dos S.; CÉZAR, S. A. G.; SUEYOSHI, M. de L. S.; AMARAL, A.. (1994) - Sazonalidade em séries temporais econômicas: um levantamento sobre o estado da arte. *Agricultura em São Paulo*, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 103-133.
- SHAFER, S. M.; MEREDITH, J. R. (1998) - *Operations Management*. New York: John Wiley & Sons.
- WALLIS, K. F.; THOMAS, J. J. (1971) - Seasonal variation in regression analysis. *Journal of the Royal Statistical Society*, Ser. A, v. 134, n. 1, p. 57-72.