



Application of the *Holt Winters* model for demand forecasting in additive seasonal series: a case study

Pedro Vieira Souza Santos¹, Maycklla Rândrea Ribeiro Guedes da Purificação¹, Ciro Henrique de Araújo Fernandes¹, Ailton Abel Rodrigues dos Santos¹, Leonardo Santana Dias Neto¹

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Petrolina-PE.

Email: pedrovieirass@hotmail.com, maycklla@hotmail.com, ciro.fernandes@aol.com, ailtonabelr.santos@hotmail.com, leo_santanacf@hotmail.com

Received: February 13th, 2017

Accepted: March 14th, 2017

Published: June 30th, 2017

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Considering the competitive context in which companies are established, in the current market, support tools that help in decision making are gaining more and more importance within organizations. In pursuit of a competitive advantage, demand forecasting methods help reduce costs while predicting, with as much precision as possible, the required quantity of each product as well as the right time. The objective of this work was to analyze the forecast of demand in a company of the agricultural sector, more specifically of the fruit growing, located in the city of Petrolina - PE, using the Holt - Winters Additive Model.

Keywords: Prediction; Management; Holt Winters; Valley of the São Francisco; Demand.

Aplicação do modelo de *Holt Winters* para previsão de demanda em série sazonal aditiva: um estudo de caso

RESUMO

Considerando o contexto competitivo em que estão fixadas as empresas, no mercado atual, ferramentas de apoio que auxiliam na tomada de decisões vêm ganhando cada vez mais importância dentro das organizações. Em busca de uma vantagem competitiva, os métodos de previsão de demanda auxiliam na redução dos custos, enquanto preveem, com o maior grau de precisão possível, a quantidade requerida de cada produto bem como o tempo certo. Assim, o presente trabalho teve por finalidade analisar a previsão da demanda em uma empresa do setor agrícola, mais especificamente da fruticultura, localizada na cidade de Petrolina – PE, utilizando o Modelo Aditivo de Holt – Winters.

Palavras Chaves: Previsão; Gestão; Holt Winters; Vale do São Francisco; Demanda.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, para uma organização se manter competitiva no mercado, ela deve ser precisa em suas decisões. Logo, um diferencial que está sendo cada vez mais utilizado por empresas de todos os setores é a utilização de modelos estatísticos-matemáticos que permitam prever quantitativamente uma variável e medir a qualidade dessa previsão. Através de ferramentas como essas é possível antecipar cenários futuros e otimizar a forma de planejar, alocar e dimensionar recursos de modo a minimizar gastos desnecessários devido a decisões erradas.

A previsão de demanda constitui-se em uma das práticas de gestão mais importantes para a tomada de decisões a nível gerencial, uma vez que o sucesso futuro de qualquer empresa está relacionado com a habilidade que o gestor possui em detectar tendências e desenvolver estratégias adequadas.

Neste contexto, o planejamento e o direcionamento estratégico das empresas dependem da identificação e da previsão correta das mudanças emergentes no ambiente de negócios.

Nesse sentido, a busca por métodos estatísticos de previsão adequados para o prognóstico quantitativo de uma variável pré-determinada, assim como a mensuração da qualidade dessa previsão têm sido um diferencial cada vez mais utilizado pelas empresas para antecipar cenários futuros. As instituições recorrem frequentemente a esses métodos estatísticos em áreas diversas, tais como a administração de estoques, planejamento da produção, escalonamento dos recursos humanos, controle do processo, entre outras. O objetivo central da utilização destes métodos é prever os acontecimentos futuros, como por exemplo, o volume de vendas para um período estipulado, tendo como propósito a redução do risco na tomada de decisão e os custos associados às operações decorrentes.

Logo, escolher o método de previsão de demanda que melhor se ajuste ao comportamento da demanda local é um processo fundamental para se ter resultados que possam ser úteis como ferramentas de otimização de logística, cadeia de suprimentos e de outros setores de uma empresa. Para tal escolha, deve ser considerado o tipo de série de dados existentes para análise. No caso estudado, a tipologia caracteriza-se como série temporal/sazonal.

Uma série temporal, $f(t)$, pode ser definida como uma função de uma variável independente, tempo t , ligada a um processo em que uma descrição matemática é desconhecida. A característica principal de tais séries é que o seu comportamento futuro não pode ser previsto exatamente, pode ser previsto por meio de uma função determinística, conhecida em t . Contudo, o comportamento de uma série temporal pode algumas vezes ser antecipado através de procedimentos estatísticos, com base no histórico de dados da organização.

A análise das séries temporais pode desenvolver-se sem que se tenha como determinar o espaço de tempo mínimo necessário para que os resultados sejam os mais eficientes; porém, pode-se afirmar que quanto maior for este espaço de tempo, melhor. Dependendo da amplitude observada, é possível identificar alguns comportamentos associados a uma série do tipo temporal: o efeito de tendência, o efeito da sazonalidade, os ciclos de negócios e as variações irregulares ao acaso.

É importante notar que a série temporal traz uma sequência de observações registradas ao longo de um intervalo de tempo, com o espaçamento dos períodos analisados iguais com o objetivo de viabilizar a notação dos dados.

Nesse aspecto, este trabalho tem por objetivo principal a aplicação do método estatístico de suavização exponencial por séries temporais de *Holt-Winters* para estabelecer, a um curto prazo, previsões precisas para o planejamento de demanda de vendas (em Kg) da empresa. E, a partir dessa análise de previsão de demanda, auxiliar nas decisões que contemplem a busca contínua da gestão otimizada do processo produtivo de uma empresa do agrícola, localizada na região do Vale do São Francisco.

II. ABORDAGEM TEÓRICA

II.1. PREVISÃO DE DEMANDA

A previsão consiste na estimação e análise da demanda futura para um item em questão, componente ou serviço, utilizando entradas como relações históricas de vendas, estimação de marketing e informação promocional através de diferentes técnicas de previsão, onde, segundo [1] e [2], a base para a maioria das decisões orientadas para o futuro das empresas é estabelecida pela previsão de demanda, ou seja, ela é uma ferramenta essencial para decisões de gestão e de planejamento estratégico.

De acordo com [3], mensurar demandas futuras é uma ferramenta importante para diversos fins dentro de uma organização, como por exemplo, na aquisição de matérias-primas, cálculo do custo do produto, e para planejamento da produção.

Porém, muitos gestores acreditam que sua experiência e conhecimento no ramo em que atuam, são suficientemente capazes para estimar previsões futuras, o que se chama de método qualitativo de previsão e as julgam mais precisas que os resultados que os métodos quantitativos oferecem. No entanto, a realização de um estudo para identificar o melhor modelo de previsão, é capaz

de prever melhores resultados, podendo diminuir os erros pela metade [4].

Para [5], a utilização de procedimentos de previsões para auxiliar no processo de tomada de decisão, busca unificar as expectativas da empresa ao desempenho desta empresa, por meio do uso da tecnologia e dos modelos estatísticos de previsão, que através de dados históricos podem obter previsões precisas, que auxiliam o processo decisório das organizações.

Salienta-se que os padrões de demanda são resultados da variação da demanda com o tempo, ou seja, do crescimento ou declínio de taxas de demanda, sazonalidades e flutuações gerais causadas por diversos fatores [6].

Há dois tipos de padrões de demanda, os padrões de demanda regular e de demanda irregular. Os padrões de demanda regular podem ser decompostos em cinco componentes [7]; [8] (i) demanda média para o período (nível); (ii) tendência; (iii) sazonalidade; (iv) fatores cíclicos (ciclos de negócios ou ciclos de vida de serviços ou produtos); e (v) variação aleatória (erro aleatório).

II.2. MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE PREVISÃO POR SÉRIES TEMPORAIS

Neste trabalho será aplicada uma técnica para previsão da sazonalidade, pois o problema caracteriza-se pela ocorrência das variações. O período da sazonalidade pode ser anual, mensal, semanal ou até mesmo diário.

De acordo com [9] “a sazonalidade é expressa em termos de uma quantidade, ou de uma percentagem, da demanda que desvia dos valores médios da série”. A sazonalidade influencia diretamente na qualidade das previsões, não devendo-se esquecer de que as previsões não são totalmente confiáveis, são dados do passado transformados em dados para o futuro, assim definidas por [10]: “as da demanda podem fornecer informações futuras aos gerentes, permitindo que eles possam executar suas atividades com mais eficácia e eficiência”.

Assim, os métodos estatísticos de previsão por séries temporais baseiam-se na idéia de que as observações passadas da série contém informações sobre o seu padrão de comportamento no futuro.

A base desses métodos consiste em identificar o padrão da série, separando-o do ruído contido nas observações individuais, e utilizá-lo para prever os valores futuros da série [11]. O objetivo da análise de séries temporais é encontrar modelos (estatísticos e/ou matemáticos) que permitem descrever de forma adequada o processo de geração de dados para prever o comportamento futuro das variáveis para um determinado horizonte de planejamento.

A previsão de demanda utilizando métodos quantitativos pode ser desenvolvida através de vários métodos estatísticos. O emprego de cada método depende basicamente do comportamento da série temporal que se deseja analisar. Uma série temporal pode exibir até quatro características diferentes em seu comportamento: média, sazonalidade, ciclo e tendência [8].

A característica sazonal da série é quando padrões cíclicos de variação se repetem em intervalos relativamente constantes de tempo. A característica cíclica existe quando a série exibe variações ascendentes e descendentes, porém, em intervalos não regulares de tempo. Finalmente, a característica de tendência ocorre quando a série apresenta comportamento ascendente ou descendente por um período de tempo [12].

II.3. MÉTODO DE HOLT-WINTER PARA EFEITOS SAZONAIS ADITIVOS

Winters obteve esse método por meio da ampliação do método de Holt, ele acrescentou uma equação para permitir previsões onde a série observada apresente sazonalidade, essa nova equação determina o coeficiente de ajuste da sazonalidade [4]

O método de *Holt-Winter* para efeitos sazonais aditivos é utilizado na modelagem de dados, onde a amplitude do ciclo sazonal independe do nível local da série, ou seja, permanece constante com o passar do tempo. Seja um modelo cuja série sazonal, de período s , é formada pela soma do nível, tendência, um fator sazonal e um erro aleatório, dado por:

$$Z_t = L_t + Tt + S_t + \epsilon_t \quad t=1,2,\dots$$

As projeções dos valores futuros da série são efetuadas através da função de previsão do método representada por:

$$Z_{t+n} = L_t + nTt + S_{t-s+n} \quad n=1,2,\dots$$

onde Z_{t+n} é a previsão para n períodos à frente ($t+n$). Nesse método, além da função que calcula a previsão, três outras funções são utilizadas para estimar o nível, a tendência da série no período atual e, os valores do fator sazonal correspondente ao último período de sazonalidade, conforme equações abaixo:

$$L_t = \alpha(Z_t - S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}); \quad 0 < \alpha < 1$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}; \quad 0 < \beta < 1$$

$$S_t = \gamma(Z_t - L_t) + (1-\gamma)S_{t-s}, \quad 0 < \gamma < 1$$

onde, α , β e γ são as constantes de suavização que controlam o peso relativo ao nível ($t L$), a tendência ($t T$) e a sazonalidade ($t S$), respectivamente. As equações acima assumem que, no período de tempo t , existe uma estimativa do índice sazonal no período de tempo $t-s$ ou que existe um valor S_{t-s} . Assim, precisa-se estimar os valores para S_1, S_2, \dots, S_p . Uma forma simples de fazer estas estimativas sazonais iniciais necessárias para a utilização das equações de suavização é permitir que:

$$S_t = Z_t - \sum_{n=1}^s \frac{Z_n}{s}, \quad 1, 2, \dots, s.$$

Os valores de α e β são encontrados por ensaio sobre a série histórica, sendo frequente selecionar aqueles que minimizam o erro quadrático médio. Para enfrentar o problema da subjetividade na seleção dos parâmetros α e β algumas investigações [13][14] desenvolvidas que mostram como selecionar esses parâmetros otimizando alguma das medidas de desempenho dos prognósticos, como erro médio (ME), erro absoluto médio (MAE) e erro quadrático médio (MSE).

Enquanto isso, [14], propõe a obtenção tanto dos parâmetros α e β que otimizam o método de previsão, quanto os valores iniciais, definindo para tal o MSE como função objetivo para minimizar e resolver o método, com auxílio da ferramenta solver do MS-Excel.

III. METODOLOGIA

O presente trabalho foi dividido em três partes: o primeiro momento foi reservado à revisão bibliográfica de cunho exploratório, de maneira que fosse reunida a literatura necessária para a execução do trabalho, o segundo, a coleta de dados e o terceiro instante destinou-se à aplicação do modelo *Holt-Winters* para previsões por meio de séries temporais com posterior análise.

Devido à característica da obtenção dos dados o estudo pode ser classificado como pesquisa documental. Para [15] “a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos de pesquisa”. Além disso, o trabalho também é considerado um estudo de caso. Pois, de acordo com [16] o estudo de caso é caracterizado por um estudo aprofundado e detalhado do problema proposto.

Para este estudo, a empresa contribuiu com a disposição do histórico de informações locais, pois a mesma possui um sistema integrado de dados, onde é possível resgatar os dados históricos de venda dos produtos por diferentes parâmetros. Contudo, para esse estudo utilizou-se as informações de venda por peso em Kg.

Neste trabalho foi utilizado o modelo do tipo aditivo, onde as observações são consideradas conjuntamente, atribuindo-se a soma da tendência verificada, do efeito sazonal, do nível e do erro aleatório. Tal escolha do método de *Holt-Winters* para elaboração do estudo foi baseada nas análises realizadas na série temporal, pois o comportamento exibia componentes importantes abordados pelo método.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista que os dados disponíveis para análise se comportam de forma sazonal, optou-se por utilizar o modelo de Winters. Tal modelo se ajusta, de maneira mais adequada às séries com tendência e sazonalidade do tipo aditiva, ou seja, dados em que a amplitude da variação sazonal aumenta com o acréscimo no nível médio da série no tempo observado.

IV.1. CÁLCULO DE ERROS ASSOCIADOS AO MÉTODO

Com todos os dados disponíveis, foi possível partir para análise dos erros e identificar o quanto os valores satisfizeram a necessidade real da empresa em estudo. Na tabela 01, as estatísticas de MSE, MAD e MAPE (calculadas a partir de fórmulas fornecidas pela literatura) são exibidas, tendo valores satisfatórios, o que faz com que o método de análise *Holt-Winters* aditivo seja uma opção vantajosa para a empresa.

Tabela 1: Erros (MSE, MAD e MAPE).

Modelo	MSE	MAD	MAPE
Holt Winters Multiplicativo	388459	-2478,9	107%

Fonte: Autores, (2016).

De acordo com os dados apresentados no modelo, a média do quadrado dos erros (MSE) apresentou um total de 388459 kg de uva e a média absoluta dos erros (MAD) apresentou um total de -

2478,9 kg de uva, valores considerados aceitáveis de acordo com as oscilações que o mercado passa, e o valor de MAD é equivalente a um MAPE de 107%.

IV.2. CÁLCULO DE PARÂMETROS DE SUAUIZAÇÃO

Os parâmetros de suavização utilizados na fórmula do modelo de Winters, tais como o nível (α), a tendência (β) e a sazonalidade (γ), foram obtidos por meio do método de tentativa e erro, buscando os valores que minimizassem a amplitude dos erros. Assim encontrou-se para o Winters aditivo, a partir do Solver, os valores: $\alpha=0,439$, $\beta=0,312$ e $\gamma=0,566$.

Logo, aplicando as fórmulas com os parâmetros obtidos encontraram-se as seguintes previsões para o método de *Holt-Winters* expressas no gráfico da figura 1. Têm-se então, os dados para previsão de demanda calculados pelo método, conforme tabela 2.

Tabela 2: Dados reais versus dados previstos.

Mês	Dados reais	Previsão
1	17475,00	26669,00
2	11957,00	39435,00
3	8281,00	15210,89
4	8743,00	8642,38
5	42566,00	35056,83
6	11570,00	9520,54
7	40250,00	47705,26
8	81201,57	98754,69
9	11125,87	12524,11
10	41448,00	39472,06

Fonte: Autores, (2017).

A aplicação do método exposto além de gerar previsões, ajuda na escolha do modelo de previsão a ser utilizado. Através da decomposição é possível verificar as componentes de tendência e de sazonalidade separadamente da série de dados.

Segundo [4], a tendência é uma componente de fácil visualização, pois sua presença é percebida quando os valores da série aumentam ou diminuem em um determinado intervalo de tempo.

Já a componente sazonalidade conforme [17], 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 de dados.

No caso da série notada é possível verificar uma significativa tendência positiva e uma sazonalidade marcante. Conforme gráfico da figura 1, a extensão da variação sazonal é crescente no decorrer do tempo (até o fim do ano). Assim, existe diferença entre o maior e menor valor de demanda dentro das estações observadas.

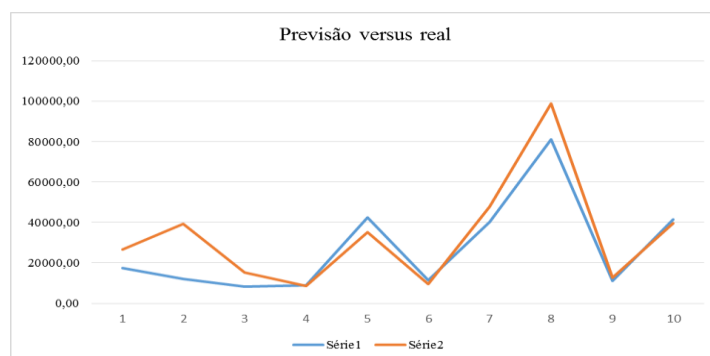


Figura 1: Gráfico – Dados previstos versus real (em Kg).
Fonte: Autores, (2016).

Como pode-se observar, os dados de demanda gerados pelo método se comportam bem próximos do real identificado pela série de dados reais.

Foi possível observar na série de dados que o setor em que atua a empresa estudada possui uma propriedade muito particular com padrões sazonais muito característicos nos ciclos anuais com períodos de produção crescente e decrescente que se repetem. Já o modelo escolhido mostrou ser adequado a esse tipo de série de dados.

É importante notar que, o método estudado tem como limitação os erros comuns referentes a qualquer análise estatística como também, o fato de que se tem como premissa que fatores sazonais semelhantes ocorridos em outros períodos, continuem ocorrendo nos próximos anos, em períodos semelhantes.

Assim, a previsão de demanda ofertada pelo modelo de *Holt Winters* é uma das ferramentas que apresenta vantagens competitivas a empresa, pois possibilita conhecer o que o cliente quer, no tempo desejado e na quantidade necessária. Saber o que o consumidor almeja antecipadamente é importante para um melhor planejamento do abastecimento de toda cadeia produtiva local, diminuindo custos e principalmente diminuindo os riscos de insatisfação do cliente.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática de fazer previsões não se resume apenas em aplicar modelos em séries de dados, e com isso gerar resultados que serão utilizados em decisões importantes dentro da empresa. Essa atividade é mais complexa do que parece, pois, as pessoas envolvidas devem compreender o comportamento da série de dados e buscar através de observações críticas e bom senso, a escolha do melhor modelo.

Logo, realizar previsões que tenham um comportamento mais próximo da realidade da empresa, aumentando a credibilidade do modelo e gerando confiança quanto a sua execução. Caso contrário, os resultados podem levar a decisões que não condizem com o mercado e nem com a realidade da empresa.

Por fim, para atender as necessidades e as características do comportamento da demanda da uva, o modelo de *Holt-Winters* Aditivo mostrou ser adequado para ser implementado como ferramenta de apoio a tomada de decisão na produção local.

Observa-se que a previsão de demanda é uma ferramenta que contém erros, e esses são possíveis de se mensurar, por serem menores que sejam os erros, os dados obtidos nunca serão precisos. Por esta razão, as metodologias de previsão de demanda são indicadas como uma ferramenta de auxílio a serem aplicadas associadas com as técnicas qualitativas já utilizadas pela empresa, juntamente com a base de conhecimento e experiências dos gestores da organização.

REFERÊNCIAS

- [1] Bermúdez, J. D.; Segura, J. V.; Vercher, E. **A decision support system methodology for forecasting of time series based on soft computing**. Computational Statistics & Data Analysis, v. 51, p.177-191, 2006.
- [2] Krajewski, L.; Ritzman, L.; Malhotra, M. **Operations Management: Processes and Value Chain, Eight Edition**, Pearson Prentice Hall, 2007.
- [3] Kotler, P. **Administração de Marketing: Edição do novo milênio; Tradução Bazán Tecnologia e Linguística**. Prentice Hall: São Paulo: 2000.
- [4] Samohyl, R. W.; Souza, G.; Miranda, R. **Métodos Simplificados de Previsão Empresarial**, Editora Ciência Moderna do Rio de Janeiro, 2008.
- [5] Wanke, P. **O processo de previsão de vendas nas empresas**. Disponível em: <<http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fs-busca.htm?fr-previsao.htm>> Acesso em 12 de Out de 2016.
- [6] Ballou, Dale. **Pay for performance in public and private schools**. Economics of Education Review, v. 20, n. 1, p. 51-61, 2001.
- [7] MENTZER, J. T.; GOMES, R. **Evaluating a Decision Support Forecasting System**. Industrial Marketing Management. v. 18, n. 4, p. 313 -323, 1989.
- [8] Makridakis, S.; Wheelwright, S.; Hyndman, R.J. **Forecasting Methods and Applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- [9] Tubino, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2008.
- [10] Davis, Mark M.; Schaan, Eduardo D'agord; Chase, Richard B; Aquilano, Nicholas J. **Fundamentos da administração da produção**. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- [11] Henning E.; Alves C.C.; Konrath, A.C. **Previsão de vendas de rodízios para móveis em uma empresa de médio porte**. In: ICPR Americas - 5th Americas International Conference on Production Research, Bogotá, Colômbia, 2010. Proceedings. Bogotá: 2010.
- [12] Pellegrini, F.R.; Foliatto, F.S. **Passos para Implantação de Sistemas de Previsão de Demanda -Técnicas e Estudo de Caso**. Revista Produção, v. 11, n. 1, p. 43-64, 2001.
- [13] Billah, B.; King, M. L.; Snyder, R. D.; Koehle, A. B. (2006). **Exponential smoothing model selection for forecasting**. International Journal of Forecasting, v.22, n. 2, p. 239-247, 2006.
- [14] Gelper, S.; Fried, R.; Croux, C. **Robust forecasting with exponential and Holt-Winters smoothing**. Journal of Forecasting, v.29, n. 3, p. 285-300, 2010.
- [14] Rasmussen, R. **On time series data and optimal parameters**. Omega, v. 32, n. 2, p. 111-120, 2004.
- [15] Gil, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.
- [16] Kauark, F. S.; Manhães, F. C.; Medeiros, C. H. **Métodologia da pesquisa: Um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.
- [17] Wallis, K. F.; Thomas, J.J. **Seasonal variation in regression analysis**. Journal of the Royal Statistical Society, Ser. A, v. 134, n. 1, p. 57-72, 1971.