

Determinação de um modelo quantitativo de previsão de demanda em uma empresa do ramo de bojo localizada no sul de Minas Gerais

Carlos Henrique Fernandes , Thales Volpe Rodrigues, Adna Amorim dos Santos, Rômulo Henrique Gomes de Jesus, Nathan Peixoto Oliveira

Resumo: Com a evolução dos concorrentes, as organizações procuram meios de aperfeiçoar suas operações, com o intuito de reduzir seus desperdícios e melhorar o uso dos recursos existentes. A previsão de vendas surge como ferramenta que indica um parâmetro para equiparar o fluxo de clientes com o volume produzido. O presente trabalho faz uso de modelos quantitativos matemáticos, que visa facilitar no momento da tomada de decisão, possibilitando a elaboração de um plano estratégico eficiente. A pesquisa foi realizada utilizando dados históricos de vendas, indicando o Estudo de Caso como metodologia adequada a ser seguida. O método escolhido nesse trabalho visa projetar um cenário futuro de vendas, bem próximo da realidade. Gerando uma redução do investimento aplicado em produtos acabado além dá retração do volume de estoque existente, esse fator ocorre por causa da falta de uma estratégia de acompanhamento do fluxo de clientes. O método escolhido foi a partir dos critérios de análise de erro que indicou o modelo de previsão. Esse trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de previsão de demanda que aponte a melhor projeção de mercado, conseguindo alinhar a realidade da empresa têxtil, com a quantidade de clientes interessados no seu produto.

Palavras-chave: Previsão de demanda; Método Quantitativo; Engenharia de Produção; Análise de séries temporais.

Determination of a quantitative model of demand forecasting in a branch office located in the south of Minas Gerais

Abstract: *As competitors evolve, organizations look for ways to streamline their operations to reduce their waste and improve the use of existing resources. The sales forecast comes as a tool that indicates a parameter to match the flow of customers with the volume produced. The present work makes use of quantitative mathematical models, which aims to facilitate the moment of decision making, making possible the elaboration of an efficient strategic plan. The research was performed using historical sales data, indicating the Case Study as an appropriate methodology to be followed. The method chosen in this work aims to design a future scenario of sales, very close to reality. Generating a reduction in investment applied to finished products further shrinks the existing stock volume, this factor occurs because of the lack of a customer flow tracking strategy. The method chosen was based on the error analysis criteria that indicated the forecast model. The objective of this work is to present a forecast of demand that indicates the best projection of the market, managing to align the reality of the textile company with the number of customers interested in its product.*

Keywords: *Forecast of demand; Quantitative Method; Production engineering; Time series analysis.*

1 Introdução

O nível de competitividade entre as organizações tem crescido significativamente durante as últimas décadas. A grande maioria das empresas, se não todas, precisam se adequar aos novos critérios para conseguir permanecer concorrendo com outras, garantindo

assim sua sobrevivência no mercado. Seguindo essa linha de pensamento, encontrar o melhor modelo previsão de demanda se tornou um forte aliado para gestão da empresa, demonstrando ser uma poderosa alternativa para enfrentar as oscilações existentes, buscando assim a diminuição dos prejuízos (MANCUSO; WERNER, 2014).

Pensando nisso, a previsão de demanda surge com ferramentas para diminuição dos riscos conseguindo uma projeção de mercado que eleva as chances da obtenção de resultados positivos principalmente monetários. Além disso, estabelece a maneira adequada de como os recursos produzidos devem ser utilizados, conseguindo criar uma projeção do fluxo de saída de um produto em questão, levando a realizar a reposição dos materiais no momento e na quantidade certa, tendo como consequência todas as demais atividades necessárias ao processo industrial sejam adequadamente programadas, seguindo uma lógica proposta pelo mercado, com isso produzindo de maneira inteligente e eficiente (OLIVEIRA *et al.*; 2005; MARTINS; LAUGENI, 2005).

Além disso a agência de notícias CNI (Confederação Nacional da Indústria) demonstra um fato muito importante, o crescimento do mercado chinês no cenário nacional, que vem afetando cada dia mais as empresas brasileiras, a pesquisa abrangeu 2146 empresas de 15 setores e demonstrou que 16% das indústrias perderam participação do mercado interno por causa dos produtos importados, demonstrando a importância de uma estratégia para se manter competitivo (CNI, 2015).

A presente pesquisa será formulada seguindo os conceitos do estudo de caso descritivo quantitativo aplicável, em uma fábrica localizada no sul do estado de Minas Gerais. A indústria desenvolve atividades no ramo têxtil de fabricação de peças femininas sendo ele o bojo, utilizado em sutiãs. Atualmente a empresa sofre com o excesso de produtos produzidos, gerando um custo extra referente aos valores agregados na formação do estoque sendo repassado ao consumidor final, além de dificuldades em atender a demanda em períodos de pico e excesso de produção em meses de baixa procura.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Previsão de demanda

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009) ressaltam que apenas entender quando a demanda por determinado produto está aumentando ou diminuindo não é suficiente para administrar uma instituição. Entretanto ter conhecimento de quando essa mudança ocorre se torna fundamental para o sucesso do planejamento da organização. A questão principal é saber o quanto para frente no tempo o gestor precisa destinar seu foco, isso irá depender das opções e recursos disponíveis, conhecendo as possíveis alternativas os gerentes podem decidir a escala de tempo para as previsões, existindo a possibilidade de ocorrer várias para o curto, médio e longo prazos.

Métodos quantitativos - Para antecipar o fluxo de vendas futuro é utilizado modelos que apresentam menor probabilidade de erros, por isso é escolhido com maior frequência. Essas ferramentas são encontradas na maioria das vezes em bibliografia, sendo eles: métodos das médias; decomposição das séries temporais; ajustamento exponencial (MARTINS; LAUGENI, 2005; LUSTOSA *et al.*, 2008; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Média móvel simples - Martins e Laugeni (2005) o cálculo de previsão utilizando a média móvel (simples) tem um período no futuro sendo t e calculado encima da média de n períodos anteriores. Do mesmo modo, Lustosa et al. (2008) acreditam que o método considerado mais simples é a repetição do último valor resultante, porém iria levar consigo toda a variação proveniente da demanda. Uma solução para esse imbróglio seria a elaboração da média aritmética de “ n ” período que antecede. Esse procedimento é denominado como “média móvel”, pois com a colocação de cada valor na série histórica, o primeiro é descartado assim em sequência.

Média móvel com ajustamento exponencial - Segundo Martins e Laugeni (2005) para calcular o método de ajustamento exponencial é necessário utilizar a previsão (P) o último dado da previsão realizada sendo representado por $(t-1)$ podendo ser adicionada ou subtraída por um coeficiente (α), que faz uma multiplicação do consumo real (C) e da previsão do período ($t - 1$).

Modelo com regressão linear simples - Modelos com regressão simples contém uma relação entre uma variável depender e outra sendo variável independente. Sendo normalmente distribuído com média zero e desvio padrão σ : $f(xt-k)$ função que representa o comportamento da variável independente x no período $t - k$ (FERNANDES; GODINHO, 2010, pag. 22).

Caso seja necessário calcular os valores referentes as letras a e b , existe um método sugerido por Martins e Laugeni (2005), denominado Mínimos Quadrados, Para analisar o ajustamento da reta com os dados existentes, usa-se o coeficiente de correlação r , ou senão o de determinação r^2 , para ser calculado utiliza se a equação representada por 1 e 2:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

$$r^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{(y - \bar{y})^2} \quad (2)$$

O coeficiente de correlação na função varia entre $+1$ ou -1 . Quando acontece do coeficiente de correlação seja negativo então a tendência decresce mais quando é positiva significa que a tendência vai crescer. Para conseguir uma correlação aceitável a experiência recomenda um valor de pelo menos $0,7$ referente ao r (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Ajustamento sazonal para fenômenos sem tendência - Para encontrar a média de consumo de cada ano, e os coeficientes de sazonalidade em cada período ao decorrer dos anos. E a partir dos valores obtidos, estabeleça o coeficiente médio de sazonalidade de cada etapa do ano. Com esse cálculo é possível estabelecer um parâmetro futuro da demanda do ano indicado e com sua média absorvida durante o período, sendo projetada com o uso de previsões, (MARTINS; LAUGENI, 2005, p. 230).

Imaginando que exista uma previsão para o ano 5 de 2500, entendo que durante 4 anos foi consumido acima de 1000 chegando a 2200 unidades, acontecendo um acréscimo de pelo menos 300 unidades em média ao ano. Média do trimestre e de $2500/4 = 625$ unidades.

Ajustamento sazonal para fenômenos com tendência - Para Fernandes e Godinho (2010) a demanda já apresenta sazonalidade com uma tendência linear, pelo por causa do fator tempo, em termos matemáticos é possível descrever seguindo os dados da equação 3.

$$dt = (a + bt)ct + Et \quad (3)$$

De início é necessário calcular a tendência do período t representado por (Tt) . Para sua elaboração é necessário assegurar a diferença das eventuais demandas médias dos últimos dois meses, com isso dividir o resultado no número de variações sazonais. Quando encontrado o valor referente a TT já é possível dar início ao cálculo da estimativa, sendo assim buscar a suavizada exponencial ST .

É necessário calcular os fatores de sazonalidade (FT) que é responsável por indicar o nível que a demanda de um certo período é na ocasião maior ou menor que sua média do período, estando localizado na estação. Então para calcular a sazonalidade, precisa dividir a sua demanda real pelo número de estações.

Continuando a elaboração do modelo de previsão *Winters*, depois que encontrado TT , ST e FT , já é possível a encontrar o valor referente ao $T + K$, utilizando o método de previsão com tendência sazonal, e seguindo a fórmula é possível prever a demanda de quatro semanas.

Se for preciso encontrar um período que seja $k > L$ é usado os últimos valores de FT seguindo o período correspondente. No último passo os valores de ST , TT e FT são atualizados quando surge um novo valor real para (dT) fica disponível. Aplicando o método de suavização exponencial.

Os valores de α, β, γ precisa está entre 0 e 1. Quanto maior for o número desse parâmetro mais elevado será o poder se resposta e será recente eventuais mudanças. Sendo recomendado o γ um valor entre 0,1 e 0,3.

O modelo aditivo é aplicado na maioria das vezes em dados que apresentam sazonalidade com ciclo que permanece constante no decorrer do tempo, tendo assim uma extensão contínua. (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998 *apud* BRESSAN, 2004).

2.2 Critério para avaliação do modelo

O emprego do modelo selecionado pela previsão dos valores futuros, sofrer variação de acordo com seu comportamento em relação com sua série temporal a ser analisada. A elaboração da soma dos erros em cada, tendo como escolha aquele que apresenta menor erro. Além disso é necessário elaborar a soma dos erros baseado na seguinte formula: $e_t = z_t - \hat{z}_t$ (PELLEGRINI, 2000).

$$\text{Quadrado médio dos erros (EQM): } \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (4)$$

$$\text{Média absoluta dos erros (MSEA) } = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (5)$$

$$\text{Soma acumulada dos erros (SAE) } = \sum_{t=et}^T \quad (6)$$

n = Número

T = Total

t = Valores

e_t = Erro de previsão

\sum = Somatória

2.3 Controle dos modelos de previsão

Fernandes e Godinho (2010) e Martins e Laugeni (2005) o Sinal de Rastreamento TS (*Tracking Signal*), é um indicador para verificar o erro em previsões. Vale ressaltar que a antecipação de vendas com o tempo precisa ser refeita, então é possível detectar se os fatores de desvios são aleatórios ou com alguma causa determinada. Após a aplicação do TS é considerado uma variável normal, quando estiver com média zero e com desvio padrão um. Para não escolher um modelo inválido é necessário que o TS encontrado fique entre -3 e +3.

Ademais, o *Trigg* TR é considerado um meio mais eficiente que o TS, pois a variável foi criada para corrigir a evolução existente nos desvios acumulados, buscando reduzir o uso incorreto do seu modelo conseqüentemente. (MARTINS; LAUGENI, 2005).

3 Previsão de demanda

3.1 Cálculo da média móvel

A média móvel utilizada na tabela 1 foi aplicada em cima de três meses, pois a demanda da empresa em questão experimenta uma oscilação grande de um período para outro, construído uma previsão imprecisa, além disso Tubino (2000) na seção 2.1.1.1 afirma que a aplicação desse método em questão funciona melhor em momentos que apresentam maior constância, por isso quanto menos períodos forem utilizados, melhor a probabilidade do método apresentar um valor que antecipe o real.

3.2 Cálculo da média com ajuste exponencial

Da mesma forma que o método da seção 2.1.1.1 utiliza média na sua composição, o ajuste exponencial tem uma particularidade, como a atribuição de peso aos dados históricos mais antigos, como visto na parte 2.1.1.2 Para seu desenvolvimento a constante de suavização α é o valor fornecido para o erro da previsão vigente. Além disso existe mais uma incógnita de acordo com a equação 3, que no estudo foi considerado como 12 por causa do número de períodos, sua aplicação foi a seguinte: $\alpha = \frac{2}{12+1} = 0,15$, á modelagem aplicando todos os dados.

3.2 Equação da reta

Como apresentado na seção 2.1.1.3 a Previsão com Regressão Linear, seguiu os métodos de execução das equações 4 a 8 sendo elaborada uma tabela de execução dos fatores correspondentes, além disso teve como auxílio as ferramentas de elaboração de gráficos (Microsoft Excel), para melhorar a visualização e entendimento do objeto proposto. A figura 1 apresenta o gráfico com a equação da reta e na tabela 3.

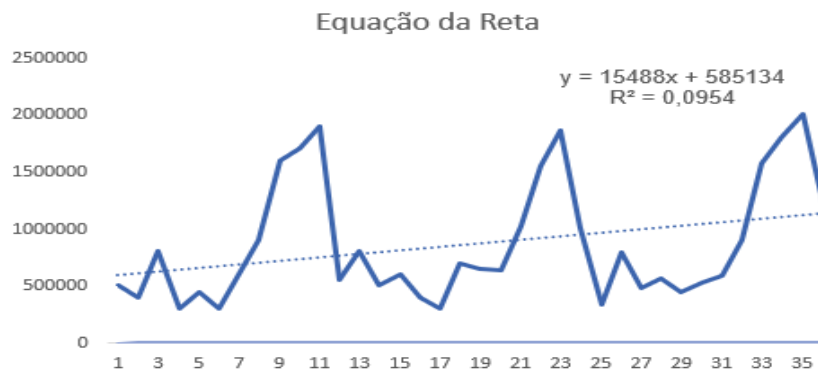


Figura 1 - Gráfico da demanda contendo a equação da reta

Após colocar todos os dados originais de demanda fornecidos pela entidade é elaborar o gráfico contendo a figura 1, com auxílio da ferramenta de elaboração é possível obter a equação $y = 15488x + 585134$ esse valor toma como base todos os números de demanda, com isso o valor de

Como dito na seção 2.1.1.3 com o valor de r^2 adquirida pela ferramenta de regressão linear utilizada no software Excel, sendo de 0,0954 número inferior a 0,7 implica que o ajuste não é satisfatório, além da série não ser estacionária ou seja há tendência temporal, seguindo a regra do método em questão, sendo inviável a aplicação do presente modelo, vale lembrar que o r^2 segue a lógica da demanda, como não tem um padrão de crescimento proporcional a tendência é fornecer uma previsão imprecisa. Com isso a Tabela 4 apresenta de forma completa a previsão da demanda construída em cima de cálculos, os períodos 37 a 48 são correspondentes a previsão do ano de 2018.

3.3 Cálculo de ajuste sazonal

Seguindo o método apresentado na seção 2.1.1.4 a utilização da Média Com Ajuste Sazonal é aplicada em dados que se encontra sazonalidade, porém não se aplica tendência de aumento e redução. Na execução dessa previsão os dados coletados são colocados em sequência, facilitando a aplicação da técnica proposta.

3.4 Cálculo do ajustamento sazonal para fenômenos com tendência

3.4.1 Método holt-winters multiplicativo

O presente método funciona por meio da retrocessão dos dados da equação da série. Esse método em particular busca se equiparar da maneira correta em relação as séries com tendência e sazonalidade multiplicativa como visto na seção 2.1.15. A busca pelas constantes de suavização α (demanda real) β (componente de tendência) e γ (componente de sazonalidade) foi feito o levantamento por meio de minimização do valor médio além da soma dos desvios absolutos (MSEA), para definir um valor adequado para as variáveis, foi utilizada o suplemento contida dentro do Microsoft Excel denominada *Solver*. Sua utilização foi necessária para encontrar as incógnitas (α , β , γ) para o programa gerar valores que na sua

aplicação forneça número bem mais aproximados a realidade. Na tabela 9 se encontra o modelo parcialmente aplicado, demonstrado apenas as partes importantes, seu conteúdo total estará no apêndice A.

3.4.2 Método holt-winters aditivo

A aplicação do método aditivo de *Holt-Winters* é elaborada de forma semelhante ao modelo multiplicativo, porém apresentam paradigmas equacionais diferentes. A mudança principal é que essa equação trabalha com índices de sazonalidade somados e subtraídos, diferentemente do anterior que multiplica e divide, seguindo a seção 2.1.1.5 e as equações 17 a 20. As constantes de suavização foram α , β , γ , é foram maximizadas com uso da Solver, para encontrar valores que apresentam uma evolução próxima a real.

3.5 Seleção do método previsão adequado

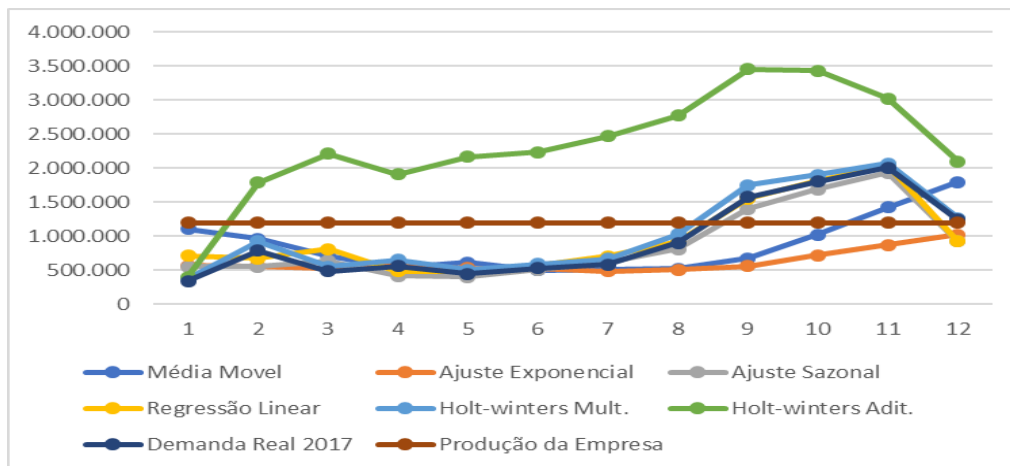
Para selecionar o modelo ideal para previsão que forneça o melhor parâmetro sendo ele aplicado no estudo de caso, seguiu - se os passos descritos na seção 2.2.

SAE correspondente ao somatório do erro de previsão, sendo feito o valor da previsão menos o real em seguida somado todos os valores resultantes. EQM corresponde a todo o erro gerado na previsão elevado ao quadrado e depois somados, por último MSEA que é a somatória de todos os erros em módulo (todos os valores positivos) dividido pelo número de períodos em questão. Para auxiliar no acompanhamento do mesmo, precisa se aplicar as técnicas propostas utilizando as equações 24 a 26, com os resultados adquiridos, foi construído a tabela 16 indicando a formulação dos sinais de rastreamento e Trigg.

Para encontra o valor de TS é necessário dividir o valor do desvio pelo desvio absoluto, porém os números colocados na tabela 16 o maior valor encontrado junto com o menor, conseguindo criar um parâmetro para análise final.

No entanto o TR é elaborado de forma diferente, pois é necessário calcular o valor do absoluto acumulado médio. É a divisão do valor acumulado pelo período do mês corresponde. Em seguida encontra o valor de EME, sendo uma equação simples encontrada na seção 2.3. Para encontrar a equação buscada, basta apenas dividir o valor encontrado proporcional do mês sendo ele absoluto médio/EME, vale ressaltar que o TS segue a mesma linha de pensamento.

Entretanto para ajudar na visualização antes de escolher o modelo adequado, foi expressada graficamente na figura 2 as relações do volume de produção real da fábrica em comparação com as variáveis já citadas, evidenciando que é extremamente necessário um método que acompanhe a flutuação existente no mercado.



Fonte: Autor

Figura 2 – Relação demanda, volume produzido e métodos de previsão

Como observado nas tabelas 11 e 12 e nas figuras 2, o modelo que melhor se adequa aos dados fornecidos pela empresa historicamente é o método de previsão Média com Ajuste Sazonal, pois foi identificado nele uma quantidade inferior de índices das médias das somas dos erros absolutos, soma dos erros e erros quadráticos médios, além de conter um sinal de trigger e rastreamento dentro dos padrões estabelecidos na seção 2.3

3.6 Resultados obtidos

Para iniciar essa etapa, foi feito um comparativo entre os valores gerados no método de previsão, Média Com Ajuste Sazonal é volume produzido mensalmente pela empresa, além disso foi feito um levantamento dos custos do seu montante, levando em consideração que em média 15% da produção são de peças sem conformidades, sendo vendido por 20% a menos do valor normal, que é R\$ 1,00 por peça. Esses dados estarão na tabela 1.

	Previsão	Produção Real
	Custo total	
15%	R\$ 1.255.194,84	R\$ 1.728.000,00
85%	R\$ 8.890.963,45	R\$ 12.240.000,00
Total	R\$ 10.146.158,29	R\$ 13.968.000,00
	Economia	

Tabela 1 – Comparativo entre produção real e método de previsão

Fonte: Autor

Como visto na tabela 1 só com a utilização do método de previsão escolhido a empresa já reduziria em 27% ao ano o volume de produção normal gerando uma economia de R\$ 3.821.841,71 durante esse período, para testar ainda mais a eficiência do objeto escolhido, será feito uma previsão utilizando os anos de 2014, 2015 e 2016 para o ano de 2017 criando um comparativo da quantidade produzida o valor demanda e o modelo de previsão, validado o presente trabalho.

4 Conclusão

Este trabalho apresentou diversos métodos de previsão de demanda, com a finalidade de escolher um que melhor se encaixa na oscilação existente no mercado. Entendendo que hoje a empresa produz com um volume fixo de material, algo considerado normal em empresas familiares, ter acesso ao um planejamento capaz de acompanhar a movimentação do desejo do cliente é fundamental.

Além do mais, a aplicação de um método de antecipação de clientes, gera uma série de benefícios como: melhoria dos recursos; mão de obra direta; redução do volume de estoque; movimentação do mesmo caso aconteça algum pico de demanda não programado; direcionamento do investimento para outros setores; aumento da atenção para outros quesitos dentro da organização; conhecimento sobre o comportamento da sua demanda. Assim sendo, em seu desenvolvimento foram construídos uns estudos em cima principalmente dos quesitos como Indústrias Têxtil, Planejamento e Controle da Produção, Previsão de Demanda e Critérios Para Avaliação sendo desenvolvidos dentro dos dados coletados durante o processo de pesquisa.

No processo de escolha do melhor método foi necessário escolher qual seria o ideal, portanto a pós estudo aprofundados, a maioria dos autores utilizavam o MSEA, EQM e SAE, encontrando o melhor modelo quantitativo de previsão, e como controle, TS e TR. Após o término de sua avaliação foi possível encontrar uma metodologia capaz de direcionar a empresa para um novo panorama.

As dificuldades encontradas para elaboração deste trabalho foram de início a coleta de dados, sendo que a quantidade demanda dos anos anteriores não entrava diretamente no planejamento da empresa, apenas o último, com sorte o gerente de produção tinha os dados gradados em um computador que hoje se em desuso no setor de PCP, a outra foi a não contabilização dos produtos não conforme, sendo que apenas por experiencia já sabiam que em média 15% da produção total no mês se encontraria fora dos padrões de qualidade.

Em relação ao ponto de vista científico, o trabalho agrega consideravelmente para a Engenharia de Produção, pois os estudiosos da área buscam formas de otimizar o processo com o custo mínimo, essa ferramenta te proporciona uma retração do volume produzido normalmente dentro de uma organização, além de se trata de tema relevante.

REFERÊNCIAS

MANCUSO, A. C. B; WERNER, L. Estudo dos métodos de previsão de demanda aplicado em uma empresa de auditorias médicas. **Revista Ingenieria Industrial**. v. 13, n. 1, p. 99-111, 2014.

OLIVEIRA, I. H. I.; RODRIGUES, L. L. F.; CASTORANI, R. R.; ALEXANDRE, F. M.; JACUBANICIUS, C. Aplicação de métodos de previsão de demanda para redução de custos na gestão do estoque. *In*: SIMÓCIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 12., 2015, Resende. **Anais do XII SEGeT 2015**. Resende: FATEC, 2015. p. 7-11.

MARTINS, G. P.; LAUGENI, P. F. **Administração da Produção**. 2. Ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

CNI – **Confederação Nacional da Indústria**. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/agenciacni/noticias/2015/09/aumentam-perdas-da-industria-brasileira-diante-da-concorrenca-chinesa/>. Acesso em: 20/03/2018.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3 Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

LUSTOSA, L. J.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.L.G.; OLIVEIRA, R. J. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO, F. M. **Planejamento e Controle da Produção** – Dos Fundamentos ao Essencial. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

BRESSAN, A. A. **Tomada De Decisão Em Futuros Agropecuários Com Modelos De Previsão De Séries Temporais**. RAE-eletrônica, v. 3, n. 1, Art. 9, Jan./Jun. 2004.

PELLEGRINI, F.R. **Metodologia para implementação de Sistemas de Previsão de Demanda**. Porto Alegre RS: UFRS, 2000. 146p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

APÊNDICES
Apêndice A - Cálculo Holt-Winters Multiplicativo

Cálculo <i>Holt-Winters</i> Multiplicativo								
α	0,75571667							
β	0,91547475							
γ	0,10738847	(Tt) Média	suavização					
Mês	(t) Real	0		Lt	Tt	St	Previsão	Diferença
1	501.705	836.175	1	836.175	0	1		
2	401.364	836.175	0	1.040.438	-116.320	0		
3	802.728	836.175	1	1.040.438	-116.320	1		
4	301.023	836.175	0	1.040.438	-116.320	0		
5	451.534	836.175	1	1.040.438	-116.320	1		
6	301.023	836.175	0	1.040.438	-116.320	0		
7	602.046	836.175	1	1.040.438	-116.320	1		
8	903.069	836.175	1	1.040.438	-116.320	1		
9	1.605.456	836.175	2	1.040.438	-116.320	2		
10	1.705.796	836.175	2	1.040.438	-116.320	2		
11	1.906.478	836.175	2	1.040.438	-116.320	2		
12	551.875	836.175	1	1.040.438	-116.320	1		
13	805.249	861.470	1	1.046.618	-98.820	1	431.913	373.336
14	503.281	869.963	1	1.073.988	-113.963	1	366.072	137.209
15	603.937	853.397	1	1.078.434	-132.481	1	725.760	121.823
16	402.625	861.864	0	1.063.936	-112.858	0	259.530	143.095
17	301.969	849.400	0	1.069.358	-128.517	0	404.463	102.494
18	704.593	883.031	1	1.065.110	-94.893	1	259.518	445.075
19	654.265	887.383	1	1.099.804	-119.828	1	567.460	86.805
20	634.134	864.972	1	1.098.681	-138.949	1	828.960	194.826
21	1.026.693	816.741	1	1.064.488	-153.694	1	1.393.964	367.271
22	1.550.105	803.767	2	1.013.088	-122.593	2	1.352.617	197.488
23	1.872.205	800.911	2	999.416	-113.788	2	1.553.077	319.128
24	1.006.562	838.802	1	1.005.816	-85.200	1	453.501	553.061
25	338.405	799.898	0	1.034.203	-143.601	0	723.441	385.036
26	789.611	823.759	1	1.001.128	-94.766	1	383.015	406.596
27	485.047	813.851	1	1.022.569	-121.447	1	507.129	22.082
28	564.008	827.300	1	1.015.947	-103.911	1	326.325	237.683
29	451.206	839.736	1	1.032.433	-106.482	1	253.851	197.355
30	530.167	825.201	1	1.041.319	-126.872	1	605.760	75.593
31	586.568	819.559	1	1.025.405	-118.697	1	517.141	69.427
32	902.412	841.916	1	1.025.225	-98.542	1	502.238	400.174
33	1.579.222	887.960	2	1.058.830	-85.264	2	887.956	691.266
34	1.804.825	909.187	2	1.110.059	-108.839	2	1.526.089	278.736
35	2.007.868	920.492	2	1.134.047	-118.655	2	1.864.955	142.913
36	1.240.817	940.013	1	1.150.121	-114.544	1	1.002.837	237.980
37							381.219	Média
38							925.041	257.769
39							554.226	
40							650.306	
41							511.868	
42							594.604	
43							668.679	
44							1.032.103	
45							1.753.432	
46							1.905.863	
47							2.073.241	
48							1.264.327	

Fonte: Autor

Apêndice B – Cálculo Holt-Winters aditivo

Anexo 2 - Cálculo Holt-Winters Aditivo							
α	0	At					
β	0	Média	Lt	Tt	St	Previsão	Diferença
γ	1	836.175	0				
Mês	(t) Real						
1	501.705	-334.470	836.175	0	-334.470		
2	401.364	-434.811	0	0	401.364		
3	802.728	-33.447	-334.470	836.175	1.137.198		
4	301.023	-535.152	-434.811	0	735.834		
5	451.534	-384.641	-33.447	-334.470	484.981		
6	301.023	-535.152	-535.152	-434.811	836.175		
7	602.046	-234.129	-384.641	-33.447	986.687		
8	903.069	66.894	-535.152	-535.152	1.438.221		
9	1.605.456	769.281	-234.129	-384.641	1.839.585		
10	1.705.796	869.621	66.894	-535.152	1.638.902		
11	1.906.478	1.070.303	769.281	-234.129	1.137.197		
12	551.875	-284.300	869.621	66.894	-317.746		
13	805.249	-30.926	1.070.303	769.281	-265.054	602.046	203.203
14	503.281	-332.894	-284.300	869.621	787.581	2.240.949	1.737.668
15	603.937	-232.238	-30.926	1.070.303	634.863	1.722.519	1.118.582
16	402.625	-433.550	-332.894	-284.300	735.519	1.775.211	1.372.586
17	301.969	-534.206	-232.238	-30.926	534.207	-132.213	434.182
18	704.593	-131.582	-433.550	-332.894	1.138.143	573.011	131.582
19	654.265	-181.910	-534.206	-232.238	1.188.471	220.243	434.022
20	634.134	-202.041	-131.582	-433.550	765.716	671.777	37.643
21	1.026.693	190.518	-181.910	-534.206	1.208.603	1.274.453	247.760
22	1.550.105	713.930	-202.041	-131.582	1.752.146	922.786	627.319
23	1.872.205	1.036.030	190.518	-181.910	1.681.687	803.574	1.068.631
24	1.006.562	170.387	713.930	-202.041	292.632	-309.138	1.315.700
25	338.405	-497.770	1.036.030	190.518	-697.625	246.835	91.570
26	789.611	-46.564	170.387	713.930	619.224	2.014.129	1.224.518
27	485.047	-351.128	-497.770	1.036.030	982.817	1.519.180	1.034.133
28	564.008	-272.167	-46.564	170.387	610.572	1.273.779	709.771
29	451.206	-384.969	-351.128	-497.770	802.334	658.030	206.824
30	530.167	-306.008	-272.167	-46.564	802.334	289.245	240.922
31	586.568	-249.607	-384.969	-351.128	971.537	869.740	283.172
32	902.412	66.237	-306.008	-272.167	1.208.420	29.619	872.793
33	1.579.222	743.047	-249.607	-384.969	1.828.829	630.428	948.794
34	1.804.825	968.650	66.237	-306.008	1.738.588	1.117.570	687.255
35	2.007.868	1.171.693	743.047	-249.607	1.264.821	1.441.916	565.952
36	1.240.817	404.642	968.650	66.237	272.167	786.072	454.745
37						403.500	Médio
38						1.786.586	668.722
39						2.216.416	
40						1.910.408	
41						2.168.408	
42						2.234.645	
43						2.470.085	
44						2.773.205	
45						3.459.852	
46						3.435.848	
47						3.028.318	
48						2.101.901	

Fonte: Autor