

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE HOLT-WINTERS PARA PREVISÃO DE ESTOQUE INTERMEDIÁRIO EM UMA METALÚRGICA

Matheus Lima Medeiros (UNIFAVIP | WYDEN) matheusmedeiros@outlook.pt

Matheus Valeriano da Silva (UNIFAVIP | WYDEN) valeriano1214@hotmail.com

RESUMO

Esse estudo foi desenvolvido em uma metalúrgica na cidade de Caruaru, referência na região de Pernambuco, onde sua produção é baseada nos pedidos em carteira. O objetivo desse estudo é criar uma sequência de passos estruturados na elaboração de um sistema de previsão de demanda, para possibilitar uma base para o planejamento e controle da produção e um plano estratégico para reduzir o tempo de entrega. O início da pesquisa baseou-se em identificar o processo produtivo da organização e analisar a grande variedade que a empresa oferece de produtos e cores, observando a necessidade de que o modelo de previsão seja criado para um estoque intermediário de produtos semiacabados dentro da indústria. Em sequência, foi utilizado o método da curva ABC para encontrar o produto principal servindo como modelo para a pesquisa a partir do histórico de venda da firma nos últimos anos e com isso identificar que o modelo de previsão mais adequado para o trabalho seria o baseado em séries temporais do modelo de Holt-winters.

Palavras-Chaves: Pedidos em carteira; Previsão de Demanda, Holt-Winters.

1. INTRODUÇÃO

O método de previsão de demanda constitui-se fundamental em qualquer empresa para tomada de decisões gerenciais, uma vez que o gestor consegue identificar tendência dos seus produtos e sazonalidades desses itens, afim de montar um planejamento estratégico para que se possa atender a demanda e conquistar a satisfação dos clientes.

Uma das áreas de maior dificuldade na ciência é a previsão. Fazer uma análise dessa magnitude se torna imprescindível para o sucesso da pesquisa, pois providenciar esse estudo, quando um modelo matemático de um fenômeno é desconhecido ou incompleto é extremamente relevante para a análise de series temporais.

Essa pesquisa deteve a abordagem em um estudo de previsão de demanda para estabelecer um estoque intermediário de produtos pré-acabados dentro de uma empresa metalúrgica localizada em Caruaru, no agreste de Pernambuco, baseado no método estatístico de suavização exponencial por series temporais Holt-Winters. A partir dessa análise, poderá

ser reduzido o tempo de setups de processos, reduzir custos e tempo de entrega, além de tomar decisões de forma mais assertiva.

Na pesquisa foi desenvolvido primeiramente o referencial teórico sobre previsão de demanda e o modelo abordado no artigo, em sequência apresenta um estudo de caso em uma empresa metalúrgica utilizando técnicas e aderindo o melhor tipo de previsão e por fim as considerações finais do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Curva ABC

Gerenciar uma organização com uma alta quantidade de produtos dentro do seu portfólio não é uma tarefa fácil. A maioria fabrica muitos produtos, que estão em diferentes pontos de seu ciclo de vida e com variados graus de sucesso comercial. Moreira (2003) afirma que focar a atenção em produtos onde representam maior demanda de investimento durante o ano é essencial pois qualquer economia obtida por significar disponibilidade de recursos para utilizar em outras necessidades da empresa. Outros critérios ainda podem existir, mas independente de qual for definido, é possível aplicar a metodologia ABC é qualquer caso de classificação dos itens.

Pozo (2002) assegura que na área administrativa, o método se tornou de ampla utilidade nos mais variados setores em que é necessário tomar a melhor decisão, reunindo um grande volume de informações e a execução torna-se prioridade, sendo normalmente utilizada para análise de estoque, vendas, produção, faturamento e outros.

Com isso, essa metodologia comprova uma maneira adequada de organizar a disposição de produtos a partir da sua classificação diante da demanda de venda. Segundo Moreira (2009) é esperado que menos de 20% dos produtos representem até 70% a 80% do investimento, considerando classe A. Existe uma classe intermediária dos itens, onde aproximadamente 20% dos itens representam 20% do investimento, nomeados de classe B e, finalmente a classe C onde a maior parte dos itens representados em torno de 60% a 70%, contribuem para 10% do retorno esperado.

2.2. Previsão

A previsão de demanda é um processo racional onde se busca informações de um item ou um conjunto de itens a partir de informações ou históricos para que se possa prever vendas futuras desses produtos.

Os métodos de previsão são classificados em:

- Qualitativos ou baseados no julgamento
- Quantitativos ou matemáticos

Nessa pesquisa o método abordado será o quantitativo onde se subdivide em causais e séries temporais. As atenções se concentrarão nos métodos matemáticos baseados em series temporais. Segundo Moreira (2009) uma série temporal é uma sequência de observação da demanda ao longo do tempo. Em geral as observações são espaçamentos igualmente (dias, meses, trimestres, anos etc.). A hipótese básica no uso de séries temporais é a de que os valores futuros das séries podem ser estimados com base nos valores passados.

Se o período analisado for suficientemente longo, é possível que os resultados sejam os mais eficientes possível, além de distinguir o padrão de demanda em quatro comportamentos com uma série temporal: o efeito tendência, o efeito sazonal, os ciclos de negócios e as variações irregulares ao acaso.

2.3. Método Holt-Winters

Martins e Laugeni (2005), afirmam que para poder se obter o ajustamento sazonal dos dados com tendência, deve-se utilizar o modelo conhecido como Winter, que é uma extensão do modelo Holt que adiciona uma Equação para poder estimar a sazonalidade. Os autores citam as seguintes fórmulas no quadro a seguir.

Quadro 1 : Fórmulas para previsão

A NOVA SÉRIE AMORTECIDA	$A_t = \Delta \frac{Y_t}{S_{t-L}} (1 \times \Delta)(A_{t-1} \times T_{t-1})$
ESTIMATIVA DE TENDÊNCIA	$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)S_{t-L}$
ESTIMATIVA DE SAZONALIDADE	$S_t = \gamma \frac{Y_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-L}$
PREVISÃO PARA PERÍODOS FUTUROS	$\hat{Y}_{t+p} = (A_t + pT_t)S_{t-L+p}$

Fonte: Martins e Laugeni (2005)

Sendo:

A t= novo valor amortecido

A = constante de amortecimento ($0 < \alpha < 1$)

Yt = nova observação ou valor atual da série no período t

β = constante de amortecimento para a estimativa da tendência ($0 < \beta < 1$)

Tt= estimativa da tendência

γ = constante de amortecimento para a estimativa da sazonalidade ($0 < \gamma < 1$) 39

St= estimativa da sazonalidade p= períodos a serem previstos no futuro

L= duração da sazonalidade

\hat{Y}_{t+p} = previsão para p períodos no futuro

Os modelos de Winters descrevem dados de demanda onde é possível verificar a ocorrência de tendência, além de um componente de sazonalidade. Segundo Lustosa et al. (2008), uma das dificuldades do método é a necessidade de série histórica mais longa, de pelo menos três ciclos sazonais completos, 36 meses, no caso em anos.

Morettin e Tolo (2006) salienta que o método de Holt-Winters é adequado para análise de séries com padrão de comportamento mais geral, porém que existe desvantagens em

determinar os valores mais apropriados das constantes de suavização e a dificuldade de construção de um intervalo de confiança.

3. APLICAÇÃO E RESULTADOS

3.1. Procedimento Metódico

O trabalho foi realizado em uma empresa metalúrgica, especificadamente no setor metal mecânico, onde produz para a área de lojas de vestuário, tendo como o produto escolhido a Arara Central de Luxo Desmontável, identificada a partir do método da curva ABC, dando início a pesquisa. Foi necessária uma base de dados onde foi disponibilizada pela empresa a partir do sistema gerencial da fábrica e desenvolvido uma análise de dados a partir do software Excel (2016), em sequência foi extraído as informações para plotar um gráfico e identificar como o histórico de vendas se comporta para então poder identificar o método de previsão mais adequado, gerando um relatório com o melhor resultado possível.

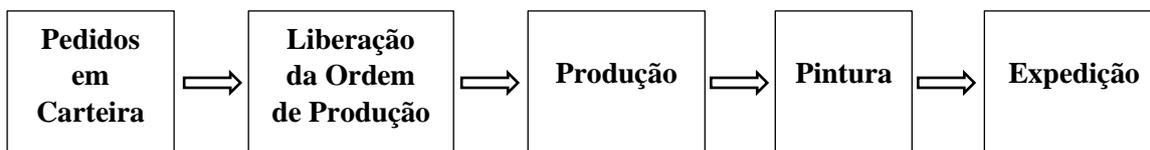
3.2. Processo Produtivo

A empresa possui um sistema de produção puxada, ocorrendo a produção somente após o pedido de venda, logo o sistema produtivo é baseado nos pedidos em carteira, com isso não se tem estoque final e o cliente requisita à companhia a quantidade desejada e, em alguns casos, o cliente chega a emitir o pagamento antecipado ou então encomenda o item e fica aguardando a entrega. Com isso a empresa solicita um prazo mínimo de quinze dias úteis para a entrega de cada ordem de compra para seus clientes. As ordens de produção descem por lotes, porém em alguns casos, pela alta variedade de produtos que a organização detém, essas ordens de produção descem com uma quantidade não compensável de produção e com isso eleva o tempo de *setup* dos processos, gerando um aumento do custo da empresa e reduzindo a produtividade das operações.

O sistema de produção da indústria na planta de Caruaru é composto pelos setores: Administrativo; Expedição; Pintura; Produção. No setor administrativo estão lotados os departamentos de gestão de pessoas, financeiro, vendas e tecnologia da informação. No setor de Produção estão lotados os setores de Tubo, de Tela, de Chapa e de Solda, além

da sala de Produção, o almoxarifado e a Oficina de Moldes. Na Figura 1, é apresentado o fluxo de processos da empresa.

Figura 1 - Fluxo de Processo da Empresa



Fonte: Autor (2020)

A partir dos pedidos em carteira é definido um lote mínimo de produção, para que se tente reduzir os custos de *setups* dos processos, caso não seja atingido durante um intervalo de tempo, a empresa emite a ordem de produção onde é produzido abaixo do lote econômico, elevando o custo produtivo. A partir dessa problemática, a previsão de demanda auxiliaria a redução no tempo de entrega aos clientes e o tempo de processo da empresa.

3.3. Coleta de dados

A empresa possui um sistema gerencial de informação dentro de um software onde reúne todas as informações da empresa, além de interligar todos os setores da fábrica, a partir disso, foi extraído um relatório de venda, segregado em meses a partir de Janeiro de 2017 até novembro de 2019 com todo o histórico de vendas, referenciando o produto vendido, a quantidade, o valor representado em faturamento e o percentual que o produto representou no mês analisado, na figura abaixo é possível visualizar melhor.

Figura 2 - Relatório de Vendas por Produto no mês de outubro 2019

Estabelecimento(s): 4000		Produto(s): 000001 a 0115038		Data emissão: 01/10/2019 a 31/10/2019		Periodicidade: Informada		Considerando: Vendas e Ordens de Serviço		Considerando: Valor	
Representante(s): Todos											
Código	Produto	Grupo	Un.	Quantidade	Valor	Percent	Preço Med.				
0040021	ARARA CENTRAL LUXO DESMONTAVEL	4001	UN	283,000	33.182,28	7,34230%	117,25187				
0040501	REGUA P/CREM. 1,20 CM BRANCO	4021	UN	1.336,000	18.720,52	4,14232%	14,01237				
0050038	ARARA CENTRAL LUXO DESMONTAVEL	5001	UN	60,000	13.750,00	3,04249%	229,16667				
0030014	BALCAO VITRINE AÇO BRANCO	11001	UN	11,000	13.200,00	2,92079%	1.200,00000				
0040505	REGUA P/CREM. 1,50 CM BRANCA	4021	UN	812,000	12.975,76	2,87117%	15,98000				
0113952	PE DE MESA GAMA TRAMONTINA	8007	UN	150,000	9.480,00	2,09766%	63,20000				
0114809	DISPLAY COND. SADIO 1,80 X 0,70 MT P	4037	UN	30,000	8.544,30	1,89061%	284,81000				
0040022	ARARA CENTRAL LUXO DESMONTAVEL	4001	UN	53,000	7.958,30	1,76095%	150,15660				
0110882	BANDEJA 0,35 X 0,96 CM BRANCA	3003	UN	202,000	7.676,00	1,69848%	38,00000				
0114807	DISPLAY PAO VISCONTI 1,80 X 0,31 MT	4037	UN	50,000	7.250,00	1,60422%	145,00000				
0110072	BANDEJA 0,30 X 0,96 CM BRANCA	3003	UN	193,000	7.178,00	1,58829%	37,19171				
0112818	RT RETO P/REGUA C/ 9 PINOS 40CM TB	5017	UN	600,000	6.906,00	1,52810%	11,51000				
0040635	TRILHO DE CREMALHEIRA 2,00 MT FINC	4033	UN	310,000	6.785,90	1,50153%	21,89000				
0050079	ARARA FIXA 1,20m CROMADO	5001	UN	260,000	6.785,80	1,50151%	26,09923				
0040118	ARARA SUASTICA C/BRACO CROMADO	4001	UN	50,000	6.717,25	1,48634%	134,34500				
0050080	ARARA FIXA 1,50m CROMADO	5001	UN	184,000	6.033,18	1,33497%	32,78902				

Fonte: Disponibilizado pelo T.I. da empresa

Esse relatório ele pode ser extraído do sistema em formato .xls/x sendo aberto no software Excel (2016).

3.4. Curva ABC

Além do relatório abordado anteriormente, tinha que ser identificar o produto a ser estudado. Dessa forma, foi extraído um relatório onde fosse possível identificar o produto de maior relevância na indústria, e desenvolvido um estudo para classificar o produto A na curva ABC. Foi percebido que no relatório entregue, estava contido mais de 700 produtos, subdivido em cores, modelos e tamanho. Com isso, foi definido classificar os produtos em famílias, categorizando-os em modelo, e conseqüentemente agrupando a cor e o tamanho dentro da mesma família, e assim chegou o resultado descrito abaixo onde a Arara Central Luxo Desmontável é o produto que tem maior representatividade dentro da empresa.

Figura 3 - Relatório de venda no Ano de 2019

Código	Modelo	Quantidade	Valor total	Percentual	Preço Médio
0040019	ARARA CENTRAL C/5 BRAÇOS CROMADOS PRETO	2	R\$346	0,008%	R\$173,040
0114754	ARARA CENTRAL CROMADA C/ 6 RTS	2	R\$532	0,012%	R\$266,000
0114949	ARARA CENTRAL DESM QUAD 1,60 X 1,20 PRETO FOSCO	30	R\$5.273	0,121%	R\$175,750
0112817	ARARA CENTRAL LUXO DESM QUAD 1,40X1,20 BRANCA	85	R\$16.174	0,370%	R\$190,280
0114702	ARARA CENTRAL LUXO DESM QUAD 1,40X1,50 BRANCA	94	R\$18.039	0,412%	R\$191,900
0112780	ARARA CENTRAL LUXO DESM QUAD 1,60X1,50 BRANCA	6	R\$1.259	0,029%	R\$209,760
0112777	ARARA CENTRAL LUXO DESM QUAD 2,00X1,50 BRANCA	112	R\$22.703	0,519%	R\$202,701
0040024	ARARA CENTRAL LUXO DESM QUAD 2,00X1,50 CROMADA	2	R\$757	0,017%	R\$378,310
0040021	ARARA CENTRAL LUXO DESMONTAVEL BRANCA	2.390,00	R\$302.083	6,907%	R\$126,395
0040022	ARARA CENTRAL LUXO DESMONTAVEL CINZA	237	R\$34.985	0,800%	R\$147,614
0050038	ARARA CENTRAL LUXO DESMONTAVEL CROMADA	196	R\$43.368	0,992%	R\$221,264
0040023	ARARA CENTRAL LUXO DESMONTAVEL PRETO	102	R\$12.750	0,292%	R\$125,000
0114811	ARARA CENTRAL LUXO DESMONTAVEL PRETO FOSCO	291	R\$41.351	0,946%	R\$142,110
0040025	ARARA CLOSET 1,20m C/2 PRAT. BRANCA	24	R\$3.334	0,076%	R\$138,913
0040026	ARARA CLOSET 1,20m C/2 PRAT. PRETO	11	R\$1.564	0,036%	R\$142,215
0114822	ARARA DE CANTO LUXO DESM. QUAD. 2,00 X 1,20 PRETO	8	R\$1.881	0,043%	R\$235,120
0040027	ARARA DESF 1,00m BRANCA	543	R\$29.138	0,666%	R\$53,661
0050044	ARARA DESF 1,00m CROMADO	192	R\$17.747	0,406%	R\$92,434
0040028	ARARA DESF 1,00m PRETO	96	R\$5.145	0,118%	R\$53,596
-----	-----	---	---	-----	---

Fonte: Desenvolvido pelo autor

A partir do relatório acima, foi possível identificar que a família das araras centrais representou 9,94% do faturamento da empresa no ano de 2019 e da mesma forma nos outros dois anos, além de ser considerado uma informação de extrema relevância para o planejamento estratégico da organização. Com isso, classificado como produto A, esse item será referência para a pesquisa, por se tratar de um produto chave dentro da firma e que pode ser explorado dentro do departamento de vendas. Mais abaixo é mostrado o produto analisado.

Figura 4 - Arara Central Luxo Desmontável

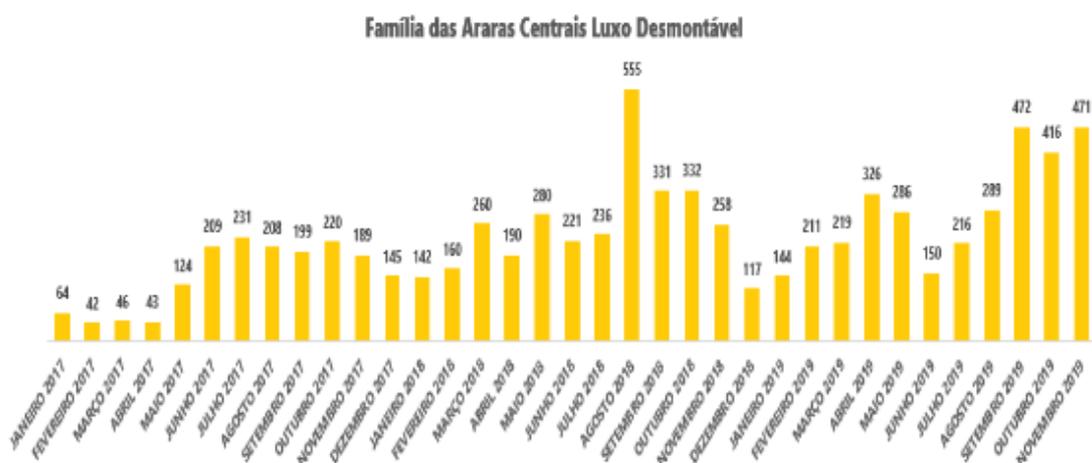


Fonte: Disponibilizado pelo Setor de Design

3.5. Previsão

Nesta etapa da pesquisa, foi necessário analisar como se comporta o gráfico do histórico de vendas da arara central luxo desmontável dos últimos três anos, para desenvolver o modelo de previsão mais assertivo. O departamento de venda também informou que durante do final do primeiro semestre e o final do ano, se tem um crescimento de vendas considerável, com essa informação é provável que exista sazonalidade e a partir do gráfico abaixo, foi possível identificar esse entendimento.

Figura 5 - Gráfico da demanda Real



Fonte: Autor (2020)

Como mencionado anteriormente, o gráfico apresenta sazonalidade, além disso, é possível perceber uma tendência de crescimento ao passar dos meses. Após um profundo estudo, e o gráfico ser comparado com outros modelos, foi possível analisar que se trata de séries temporais onde é possível perceber que se assemelha muito ao modelo de Holt-Winters, possibilitando corrigir a previsão de demanda com suavização exponencial levando em consideração a sazonalidade e a tendência do gráfico mencionado.

É possível analisar também que o mês de setembro apesar de não ser precisamente o final do ano, apresenta bons resultados e após uma conversa com alguns clientes da empresa, eles informaram que eles tentam fazer uma previsão de venda para que nos meses finais do ano, não faltem produtos para as pessoas que procuram esses itens, já que setembro é um mês que antecede o início do aumento das vendas.

A partir da identificação do modelo de previsão de demanda, se deu início a estruturar a resolução e análise para saber se viável confirmar a pressuposição anterior. Com isso começou a definir as variáveis do método de Holt-Winters para possibilitar a minimização dos erros e após uma profunda análise, as variáveis ficaram definidas abaixo.

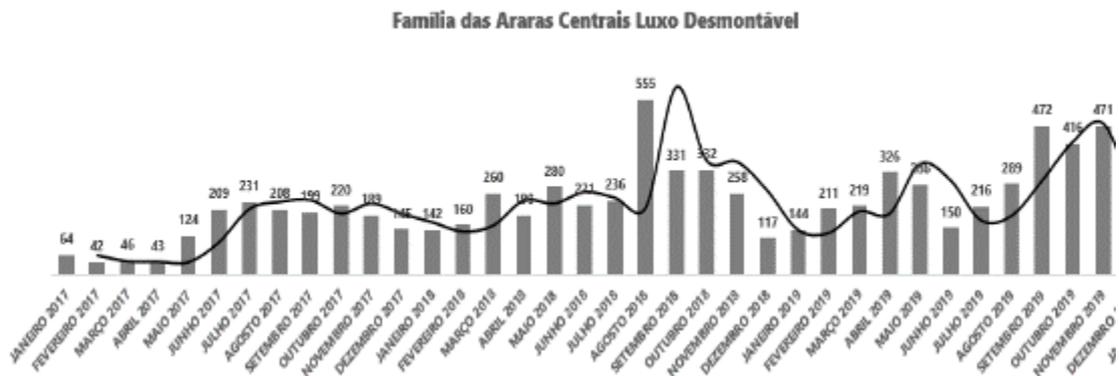
Tabela 1 - Variáveis do Modelo de Holt - Winters

L	6,00
α	0,80
β	0,05
γ	0,50

Fonte: Autor (2020)

Definido as variáveis, o gráfico foi plotado com uma linha equiparada a previsão de demanda, e analisada para permitir a análise da eficácia da pesquisa. O gráfico abaixo é identificado com a linha a demanda prevista para cada mês e analisada as possíveis faltas e sobras de cada mês.

Figura 6 - Demanda Real x Demanda Prevista



Fonte: Autor (2020)

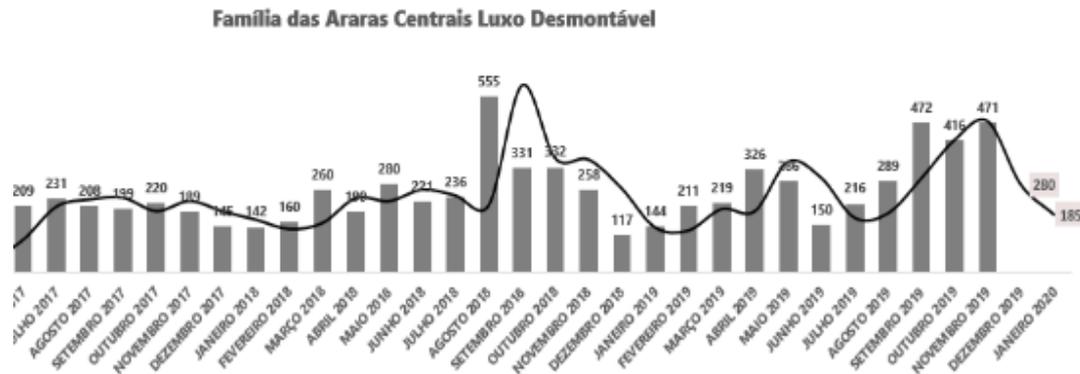
É possível analisar que apesar de existir alguns meses discrepantes do alinhamento do histórico como por exemplo o mês de agosto de 2018 e dezembro de 2018, onde acabou acarretando falta e sobra do item, a maioria dos meses segue um padrão onde a previsão de demanda consegue acompanhar, e onde o erro é minimizado ou não ocorre faltas como o mês de outubro e novembro de 2019.

A partir desse modelo de previsão, foi necessário aprofundar o estudo, e verificar outra situação, como a variedade dos itens da empresa é extremamente alta, principalmente se for categorizado cor, correria o risco do cliente solicitar uma cor desse produto onde o estoque final poderia não atender, com isso o estudo auxiliou a tomar uma decisão gerencial de criar um estoque intermediário, entre o setor de produção e o setor da pintura, onde esses itens estariam semiacabados e a partir da ordem de venda, cada lote seria liberado para ser pintado, a partir disso, reduziria o risco do problema citado acima, além de reduzir o tempo de entrega que antes era de 15 dias úteis para 5 dias úteis, pois seria esse o tempo máximo que levaria de o item ser pintado e embalado e pronto para ser entregue, logo a redução seria de 66,6% para o produto chegar até o cliente.

3.6. Resultados

A partir dessa pesquisa, foi possível fazer uma previsão para os próximos dois meses, queria seria dezembro de 2019 e janeiro de 2020, meses onde encerraria a temporada de altas demandas e iniciaria o mês de baixa demanda. Mais abaixo o gráfico mostra esses resultados:

Figura 7 - Demanda prevista para Dez 2019 e Jan 2020



Fonte: Autor (2020)

O modelo de previsão apresentado se adaptou muito bem ao problema apresentado, o mesmo conseguiu assimilar a sazonalidade que esse segmento apresenta e a tendência desses produtos. O modelo de Holt-Winters apresenta definições que partir da análise gráfica foi possível utilizar na pesquisa, apesar de existir alguns meses fora do padrão, a empresa informou que pode ter ocorrido uma falta de matéria prima, impossibilitando a produção das Araras Centrais ou uma promoção, atraindo os clientes e aumentando as vendas e receita para empresa.

4. CONCLUSÃO

Com esse modelo, torna-se factível a previsão de uma demanda para os meses de dezembro e janeiro, com isso, pode-se montar um planejamento para esses meses, tanto de aquisição de matéria prima, processo produtivo e até uma expectativa de receita para o financeiro, alinhamento esse que a empresa tem como objetivo. A análise gráfica no estudo teve uma função essencial na pesquisa, sendo fundamental para a definição do modelo previsão adotado, conseguindo a partir dos parâmetros escolhidos, ter um ótimo resultado para a expectativa gerada.

Outro ponto que pode ser discutido a partir desse trabalho é a análise que o departamento de vendas fez e identificou que o item estudado tem uma busca reprimida na região, muito pelo fator do tempo de entrega, e que o gráfico do histórico mostrou um crescimento desse produto nos últimos anos, com isso, pode-se desenvolver um estudo paralelo para analisar

todo o processo de produção desse item, e verificar se existe possibilidade de reduzir ou identificar algum provável gargalo durante sua fabricação.

Após a apresentação para os gestores da empresa, eles demonstraram satisfação do estudo realizado e a necessidade que a organização tem a partir desse modelo, poder replicar para outros itens do seu portfólio. Além disso, a empresa identificou a sobrecarga que o responsável pelo PCP tinha, impossibilitando fazer a implantação de modelos analíticos e o desenvolvimento desse estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008

POZO, Hamilton. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. Disponível em http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5471/1/MD_COENP_2015_2_02.pdf
Acesso 15 de janeiro de 2020.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. **Análise de séries temporais** 2ª ed. São Paulo: Egard Blucher, 2006.