



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO**

**CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JOSELIA OLIVEIRA DE MOURA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE
PREVISÃO DE VENDAS EM UMA INDÚSTRIA DE
EMBALAGENS PLÁSTICAS**

CARUARU / 2019

JOSELIA OLIVEIRA DE MOURA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE
PREVISÃO DE VENDAS EM UMA INDÚSTRIA DE
EMBALAGENS PLÁSTICAS**

Proposta de trabalho a ser apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para a disciplina **Projeto Final de Curso**.

Área de concentração: Gestão da Produção Orientadora: Prof^ª. Dra. Tatiana Balbi Fraga

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

M929a Moura, Joselia Oliveira de.
Análise comparativa de modelos de previsão de vendas em uma indústria de
embalagens plásticas. / Joselia Oliveira de Moura. – 2019.
44 f. il. : 30 cm.

Orientadora: Tatiana Balbi Fraga.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2019.
Inclui Referências.

1. Previsão de vendas. 2. Demanda. 3. Controle de produção. I. Fraga, Tatiana
Balbi (Orientadora). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-105)

JOSELIA OLIVEIRA DE MOURA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE PREVISÃO
DE VENDAS EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS
PLÁSTICAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia de Produção
do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como
requisito para a disciplina **Projeto Final de Curso**.

Área de concentração: Gestão da Produção

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera o candidato ALUNO
APROVADO COM NOTA_____.

Caruaru, 11 de julho de 2019.

Banca examinadora:

Prof^a. Dra Tatiana Balbi Fraga _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. Dr. José Cícero Castro _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof^a. Dra. Michele Mara de Araújo Espíndula Lima _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof. Dr. Osmar Veras Araújo _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser minha base, meu guia e minha força em todos os momentos da minha vida, pois a Ele toda honra e toda glória.

Aos meus pais, Maria José e Antônio Xavier, por sempre caminharem ao meu lado, com apoio incondicional e incentivo para que eu alcançasse esse que foi um dos maiores objetivos da minha vida.

Ao meu irmão, Kleiton Weskly, pela amizade e companheirismo em todas as fases da minha vida.

Ao meu namorado, Ivo Fábio, por todo amor, apoio, paciência e incentivo, tanto na vida pessoal como na vida profissional.

Aos amigos da graduação por todos os anos de convivência, deixando essa fase mais leve e divertida.

A todos os professores que fizeram parte da minha caminhada. E em especial a minha orientadora, Tatiana Balbi Fraga, pelo apoio e atenção durante a graduação e durante esse trabalho de conclusão de curso.

Agradeço a Universidade Federal de Pernambuco pela oportunidade de crescimento profissional.

Por fim, quero agradecer e dedicar essa conquista da minha vida aos meus avôs, Josefa Viana de Oliveira e Severiano de Oliveira Neto, por todo amor e por terem sido os meus maiores exemplos de vida.

RESUMO

A manutenção do controle da produção é um das dificuldades diárias de qualquer organização, assim como manter o processo produtivo isento de avarias. Como estão inseridas em um ambiente dinâmico e competitivo, as empresas devem estar preparadas para enfrentar esses obstáculos, agindo de forma proativa. Levando em conta esse cenário, o planejamento produtivo e sua gestão de estoque, precisam do auxílio da administração da demanda e sua previsão de demanda. Tendo essa visão das previsões futuras, com base em previsões de demanda acuradas, as empresas têm a possibilidade de obter vantagens competitivas em relação aos concorrentes. Esse trabalho tem como objetivo identificar um método de previsão de vendas, para uma empresa no setor de embalagens plásticas, que melhor se adapte a realidade da empresa. Atualmente a empresa utiliza o método mais simples de previsão de vendas, média móvel com horizonte de tempo de três meses. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os diferentes métodos de previsão de vendas, metodologias, seleção de métodos e medidas de erros, chamadas de medidas de acurácia. E em seguida, os métodos foram aplicados utilizando o software Excel, com auxílio da ferramenta Solver, e realizado uma análise comparativa entre seus resultados, visando identificar o método que mais se enquadra na realidade da empresa estudo de caso.

Palavras-chaves: Previsão de demanda. Métodos de previsão. Previsão de vendas.

ABSTRACT

Keeping control of production is one of the daily obstacles of any organization, as well as keeping the production process free from malfunctions. As they are embedded in a dynamic and competitive environment, companies must be prepared to address these obstacles by acting proactively. Taking into account this scenario, productive planning and its inventory management need the help of demand management and its forecast of demand. Taking this view of future forecasts, based on accurate demand forecasts, companies have the possibility of obtaining competitive advantages over competitors. This work aims to identify a sales forecasting method for a company in the plastic packaging sector, which best suits the reality of the company, which means that the company uses the simplest method of sales forecasting, moving average with horizon of time of three months. For this, a bibliographic review was performed on the different methods of sales forecasting, methodologies, selection of methods and measures of errors, called measures of accuracy. Then the methods were applied using the Excel software, with the help of the Solver tool, and a comparative analysis was carried out to identify the method that best fits the company's case study.

Keywords: Forecast of demand. Forecasting methods. Sales forecast.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Padrões de demanda.....	14
Figura 2 – Demanda real e prevista da indústria A – Média Móvel.....	29
Figura 3 – Otimização do método de suavização exponencial simples.....	30
Figura 4 – Otimização do modelo de Holt com auxílio do Solver.....	32
Figura 5 – Demanda real e prevista da indústria A.....	33
Figura 6 – Demanda real da indústria A.....	35
Figura 7 – Otimização do modelo de Holt Winters com auxílio do Solver.....	36
Figura 8 – Demanda real e prevista da indústria A.....	36
Figura 9 – Resultados das aplicações dos métodos de previsão.....	38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Métodos de previsão aplicados no estudo.....	15
Tabela 2 – Previsão da indústria A para n=6 – Média Móvel.....	28
Tabela 3 – Medidas de erro da indústria A – Média Móvel.....	29
Tabela 4 – Resultados da aplicação do método.....	31
Tabela 5 – Medidas de erro da indústria A	32
Tabela 6 – Resultados da aplicação do método.....	34
Tabela 7 – Medidas de erro da indústria A.....	35
Tabela 8 – Resultados da aplicação do método.....	37
Tabela 9 – Medidas de erro da indústria A – modelo de Holt Winters.....	37
Tabela 10 – Comparativa dos resultados da aplicação dos métodos.....	39
Tabela 11 – Comparativa dos resultados da aplicação dos métodos	39
Tabela 12 – Comparativa dos resultados dos erro.....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo.....	11
1.1.1	Objetivo geral.....	11
1.1.2	Objetivos específicos.....	11
1.2	Problemática	11
1.3	Estrutura do trabalho.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	Previsão de vendas	13
2.2	Características da demanda.....	13
2.3	Métodos de previsão de vendas.....	14
2.3.1	Qualitativos	15
2.3.2	Projeção histórica.....	18
2.3.3	Causais	20
2.3.4	Medidas de erro de previsão	21
3	METODOLOGIA.....	23
4	ESTUDO DE CASO.....	24
4.1	Apresentação da empresa.....	24
4.2	Definição dos problemas.....	24
4.3	Pacotes computacionais.....	25
4.4	Aplicação na empresa.....	25
5	APLICAÇÃO DOS MÉTODOS SELECIONADOS.....	27
5.1	Média móvel.....	27
5.2	Suavização exponencial simples.....	29
5.3	Suavização exponencial com tendência	32
5.4	Suavização exponencial com tendência e sazonalidade.....	35
5.5	Previsões futuras.....	38
5.6	Análise dos resultados	39
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42
	APÊNDECE A – SÉRIE HISTÓRICA DA DEMANDA	44

1 INTRODUÇÃO

A economia brasileira tem uma estrutura bastante complexa, segundo a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE, 2019), um dos setores com maior relevância é o de embalagens plásticas, que vem se tornando cada vez mais significativo e contribuindo tanto para diminuição das perdas de produtos primários, quanto para a preservação do padrão de vida do homem moderno.

O setor de embalagens tem uma grande interação com os mais variados setores da indústria e do comércio, pois é fornecedor direto dos mais variados tipos de produtos. Apresenta um mix bastante diverso, como: vidro, metalúrgicas, têxteis, madeira, papel cartolina, papel cartão, papelão ondulado e materiais plásticos. Podemos dizer que, no mundo atual, praticamente tudo que é produzido vem em uma embalagem e uma grande quantidade desses produtos utiliza as embalagens plásticas.

As embalagens plásticas se destacam, tendo a maior participação no valor da produção, que, de acordo com, a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE, 2019) corresponde a 39,07% do total, seguido pelo setor de embalagens celulósicas com 34,30% (somando os setores de papelão ondulado com 18,54%, cartolina e papel cartão com 9,87% e papel com 5,89%), metálicas com 17,14%, vidro com 4,81% e madeira com 2,59%.

O mercado exige que as empresas tenham a capacidade de monitorar e perceber as mudanças ocorridas que tenha impacto sobre a demanda (RODRIGUES & PINHEIRO, 2005). E, de acordo com Slack, Chambers & Johnston (2009), os desvios entre oferta e demanda compromete o nível de estoque e o nível de serviço ao cliente. Uma administração de materiais eficiente permite à empresa redução de custos e investimentos e o melhor atendimento às necessidades dos clientes (GONÇALVES, 2004).

Existe uma grande dificuldade e necessidade de manter os estoques ajustados à necessidade da empresa, já que estes representam um investimento empresarial voltado ao atendimento da demanda dos clientes, visando que esse investimento pode trazer maior rentabilidade se for aplicado em outros setores (MANCUZO, 2003).

Uma previsão de vendas faz a projeção de quais serão as vendas futuras para um horizonte temporal definido, com base em dados históricos das vendas, testes de mercado, opiniões de especialistas, tendências, entre outros (Pinho, 2015).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho consiste em testar a aplicação de distintos métodos de previsão de demanda, buscando identificar aquele que é mais adequado à previsão da matéria prima. A empresa estudada tem como maior dificuldade a falta de programação na aquisição de matéria prima, tendo em vista que atualmente o método de planejamento utilizado pela mesma é apenas com base nos pedidos recebidos, influenciando diretamente no planejamento da produção. Com base nessa deficiência, o presente trabalho considera os objetivos geral e específico apresentados na próxima seção.

1.1.2 Objetivos específicos

- Levantamento bibliográfico sobre o tema, onde será levantando referências e modelos de previsão de vendas e como ela influencia no planejamento da produção;
- Levantamento de dados relevantes sobre a previsão de vendas da empresa estudada;
- Compreensão da ferramenta Solver do Excel aplicado à previsão de vendas;
- Realização dos testes através da ferramenta Solver do Excel e a comparação dos modelos, identificando assim, o mais adequado à realidade da empresa.

1.2 Problemática

Um processo comum na previsão de demanda é o planejamento das empresas, que é bastante útil no controle de estoques e negociações de preços. Quando se trabalha com um alto índice de incerteza, técnicas comuns de previsão são bastante úteis como forma de reduzir prováveis resultados insatisfatórios. (BALLOU, 2006).

Visando essa influência positiva da previsão para a gestão empresarial, é importante conhecer os métodos de previsão e as medidas de acurácia que vão auxiliar na verificação dos métodos que apresentam o menor desvio entre a demanda prevista e a real. E buscar na literatura metodologias que indicam quais os métodos se adéqua melhor a situações e critérios distintos.

Diante do estudo, pretende-se comparar vários modelos de previsão de vendas e analisar qual será melhor para a realidade da empresa, visando aperfeiçoar a compra de matéria prima para organizar todo o processo produtivo da indústria, estabelecendo uma

programação de produção, visando o cumprimento das entregas nos prazos determinado e o melhor aproveitamento dos recursos na compra de matéria prima. Será utilizado à ferramenta Solver do Excel para fazer essa análise comparativa.

1.3 Estruturações do trabalho

O presente trabalho é composto por sete capítulos e está estruturado da maneira apresentada a seguir.

O Capítulo 1 apresenta a introdução, justificativa, problemática e os objetivos do estudo.

No Capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica, que compreende os conceitos e importância da previsão de vendas. São apresentados os principais métodos de previsão de vendas e as etapas para a realização de previsão. Além disso, comenta-se sobre medidas de erros e a otimização das constantes de ponderação e metodologias de implementação de métodos de previsão.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia do trabalho e os passos seguidos para a realização do estudo.

O Capítulo 4 compreende o estudo de caso, nele são apresentadas descrições da empresa estudada e os passos seguidos para gerar a previsão.

No Capítulo 5 é apresentado a aplicação dos métodos, os resultados das previsões e os comentários a respeito da aplicação. Em seguida são apresentadas as comparações entre os métodos e a validação dos mesmos.

Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões e considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Previsões de vendas

Independentemente do tamanho ou ramo de uma empresa, planejar é uma atividade que deve ser comum e todas as áreas devem estar envolvidas com o planejamento, de maneira formal ou informal. (MOREIRA, 2008). Segundo Ballou (2006), a responsabilidade de fazer as previsões, não cabe só aos profissionais de logística, mas também deve haver auxílio do marketing, planejamento econômico ou um grupo especialista formado para isso.

De acordo com Moreira (2008), a empresa deve ter o conhecimento do quanto ela planeja vender de seus produtos ou serviços no futuro, pois é através dessas informações que haverá o ponto de partida, direto ou indireto, para praticamente todas as decisões. A necessidade de projeções de demanda é comum no processo de planejamento e controle, mas existem outros tipos de fatores que influenciam e são necessários para o processo de planejamento, que são: controle de estoques, economia em compras, controle de custos, previsões dos prazos de entrega, preços e custos. (BALLOU, 2006).

Lustosa *et al.* (2008) afirmam que, a utilização de dados das vendas passadas (histórico de vendas), geralmente é utilizada no processo de previsão de demanda para efeito de planejamento da produção e estoque.

2.2 Características da demanda

De acordo com Lustosa et al. (2008) há dois tipos de demandas, a pontual e a repetitiva. Demanda pontual acontece de forma concentrada ou apenas uma vez e depois tem fim ou diminui rapidamente, a maior dificuldade desse tipo de demanda refere-se à falta de histórico de demanda confiável. A demanda repetitiva pode ser dividida em demanda dependente e independente. Para Slack (2007) e Lustosa et al. (2008), a demanda dependente é previsível, pois está associada a fatores conhecidos; para itens de demanda independente os autores diferenciam-nas entre demanda estacionária, que tem como característica seu patamar constante que identifica variações aleatórias ao seu redor, e demanda com tendência, que corresponde a demanda com crescimento ou declínio nas vendas podendo ser associado a sazonalidade, que são variações regulares ao longo de um ciclo.

A Figura 1 representa os quatro padrões de demanda independente.

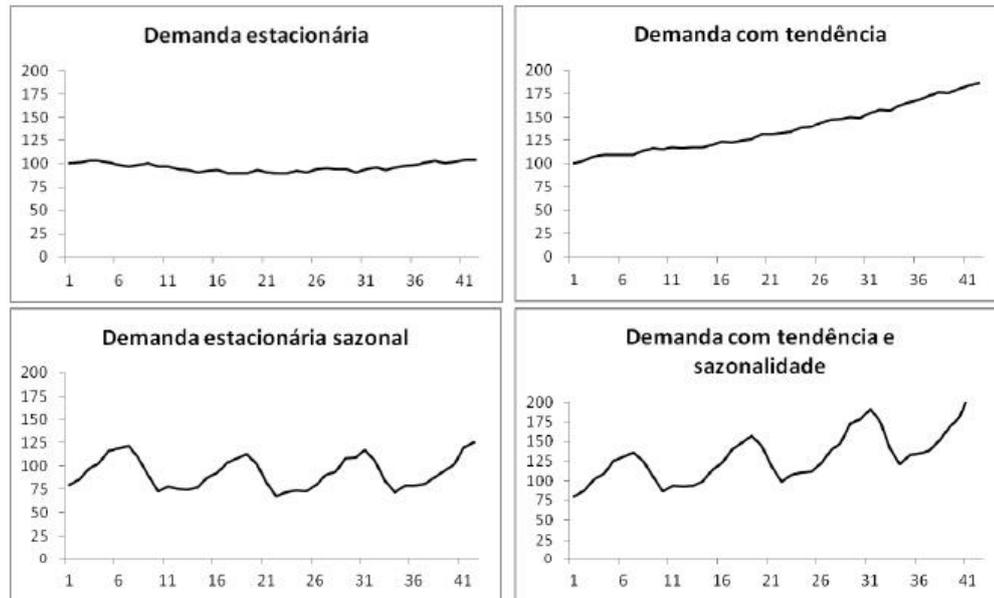


Figura 1 – Padrões de demanda (adaptado LUSTOSA *et al.* 2008)

2.3 Métodos de previsão de vendas

Após inúmeros estudos na área de previsão de vendas, vários métodos foram desenvolvidos por diversos pesquisadores. De acordo com Ballou (2006) e Lustosa *et al.* (2008), esses métodos são divididos em três categorias: qualitativos, análise de séries temporais e projeção e modelos causais; sendo suas principais diferenças na assertividade, na subjetividade e na simplicidade.

Armstrong (2009) garante que, os métodos de previsão encontram-se divididos em dois tipos: qualitativos e quantitativos. Sendo os quantitativos os mais utilizados. Contudo, quando não existe uma série de dados históricos, por exemplo, um novo produto, ou quando os dados são na maioria qualitativos, são utilizados os métodos qualitativos.

Dois fatores importantes na implementação de um modelo para uma série temporal são a série de dados a ser prevista e o horizonte temporal a que se destina. Sendo a série temporal apenas um conjunto de dados ordenados cronologicamente, é importante verificar a existência de fatores como a sazonalidade, a ciclicidade e a tendência. (MARKRIDAKIS, 1989).

Segundo Chopra (2003), decidir qual o método ideal não é uma escolha fácil, e estudos confirmam que a utilização de mais de um método garante resultados mais significativos.

Makridakis (1986) garante que diferentes estudos chegaram a diferentes conclusões quanto ao desempenho dos métodos, não sendo possível concluir que um método seja sempre melhor que outro, mas que tudo depende do momento que a empresa esteja passando.

A seguir, a Tabela 1 contém os métodos que serão apresentados neste trabalho.

Tabela 1 – Métodos de previsão aplicados no estudo

Natureza	Métodos
Qualitativos	Pesquisa de Mercado Estimativa de força de vendas Delphi
Projeções Históricas	Média Móvel Suavização exponencial simples Suavização exponencial com tendência Suavização exponencial com tendência e sazonalidade
Causais	Regressão linear simples Regressão linear múltipla

Fonte: A autora

2.3.1. Qualitativos

De acordo com Ballou (2006) e Lustosa *et al.* (2008), os métodos qualitativos apresentam um maior grau de subjetividade e menor precisão em comparação com os métodos de projeção histórica, no entanto, quando não há disponibilidade de dados, estes métodos tornam-se a melhor alternativa.

Os métodos qualitativos são mais recomendados quando se trata do lançamento de um novo produto ou uma previsão sobre tendência de longo prazo de um setor econômico ou tecnológico, por exemplo, visto que os dados estatísticos não influenciam diretamente (LUSTOSA *et al.* 2008). Ballou (2006) ainda afirma que esses métodos, por não serem de natureza científica, a padronização e a validação de sua exatidão tornam-se mais difícil. Dentre os métodos qualitativos podemos destacar a pesquisa de mercado, estimativa de forças de vendas e Delphi, que serão melhor explicados a seguir.

2.3.1.1. Pesquisa de mercado

Lustosa *et al.* (2008) afirmam que, diferentes finalidades são atendidas pela pesquisa de mercado na gestão empresarial, tais como: avaliar o potencial de consumo (demanda), nível de satisfação dos consumidores, participação de mercado, força da marca, testes de novos produtos, avaliação de preços e concorrência, entre outras inúmeras opções, podendo

analisar a demanda potencial de um produto ou serviço diretamente com os consumidores finais. A importância de se tomar a opinião dos consumidores está relacionada com o fato que são os consumidores que iram determinar a demanda da empresa. (MOREIRA, 2008).

A pesquisa de mercado é um procedimento sistemático e consciente, que auxilia nos testes de hipóteses sobre a realidade do mercado (BALLOU, 2006).

2.3.1.2 Estimativa da força de vendas

Para Ballou (2006), a utilização dessa técnica será bem sucedida, somente se os vendedores estiverem realmente próximos dos clientes, pois assim garantem que saberá estimar as necessidades do cliente.

2.3.1.3 Delphi

Balou (2006) e Lustosa *et al.* (2008) afirmam que, originalmente criado durante a Segunda Guerra Mundial, foi desenvolvido pela empresa norte-americana Rand Co., o método Delphi que teve por principal objetivo prever avanços tecnológicos na área militar. Na Grécia antiga, as pessoas se dirigiam até o oráculo de Delfos para obter ensinamentos e previsões do futuro, assim, dando alusão ao método. Na atualidade, o método é aplicado para solucionar problemas técnicos e na previsão de demanda nas organizações, envolvem geralmente situações de longo prazo e onde os dados são escassos.

O processo do método é dividido em duas etapas. Na primeira, os participantes emitem suas opiniões, individualmente, sobre o problema em questão; assim permitindo que cada participante possa expressar suas opiniões e conhecimento sem sofrer influência dos outros participantes, evitando que inibição ou relações hierárquicas mudem o ponto de vista de cada participante; as opiniões são coletadas e analisadas pelo mediador. A etapa seguinte tem como objetivo buscar um consenso das opiniões em reunião com todos os participantes. (LUSTOSA *et al.* 2008).

De acordo com Lustosa *et al.* (2008), o método pode ser estruturado através de 6 passos, que são eles:

1. Escolha dos participantes;
2. Através de questionários enviados aos participantes, obter as previsões e argumentos de cada um;
3. Analisar os resultados e redistribuir os questionários com novas perguntas;
4. Repetir os passos 2 e 3, enquanto houver necessidade;
5. Fazer um relatório consolidando os resultados obtidos;

6. Para concluir é feito uma reunião com todos os participantes para discutir os resultados obtidos.

Para Moreira (2008), é possível obter vantagens e desvantagens com a utilização do método, mas a principal vantagem é que o método permite que as pessoas estejam livres para expressar suas opiniões.

2.3.2 Projeções históricas

Para projetar com eficiência a previsão de curto prazo é necessário ter em mãos, certa quantidade de dados históricos e que a tendência e variações sazonais estejam estáveis, garantindo assim que, em pelo menos na sua maior parte, o padrão de tempo futuro será repetição do passado (BALLOU, 2006).

Ainda segundo Ballou (2006), é essencial o uso de modelos matemáticos e estatísticos para as principais fontes de previsão de séries tempo, levando a exatidão para períodos de tempo menores que seis meses, funcionando assim, através da estabilidade inerente às séries de tempo no curto prazo.

Em seguida, os métodos de projeções históricas mais comuns:

2.3.2.1 Média móvel

O método da média móvel é facilmente implementado, pois necessita de poucos dados históricos. Existem algumas limitações no uso do modelo, pois deve ser empregado para previsões de curto prazo e para dados históricos irregulares, onde não há os componentes de tendência e sazonalidade ou podem ser desprezados (MAKRIDAKIS, 1998).

De acordo com Wanke *et al* (2006), uma alternativa para resolver o método seria fazer a média aritmética de “n” períodos, pois a cada novo valor adicionado a série histórica, o valor antigo é descartado.

As desvantagens do modelo estão relacionadas à falta de acurácia, quando se trata de séries históricas que apresentam tendência ou sazonalidade, visto que, a previsão para o próximo período sempre irá envolver a adição de novos dados e desconsiderando os valores anteriores. Uma solução para diminuir esse erro é a utilização da média ponderada para construir assim um padrão mais próximo da realidade. A média móvel ponderada utiliza para sua execução a necessidade de determinar os pesos a serem utilizados (DAVIS *et al.* 2001). A Equação 2.1 representa o método da média móvel:

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-n+1}}{N} \quad (2.1)$$

Onde:

F = Demanda prevista;

D = Demanda real;

t = Período de tempo;

n = Números de períodos para a série histórica.

2.3.2.2 Suavização exponencial simples

Esse método é mais apropriado para previsões de curto prazo, devido à sua simplicidade e a não necessidade de dados de alta qualidade. Ele fornece o resultado mais acurado, pois se adapta automaticamente às principais mudanças (BALLOU, 2006). Segundo Wanke *et al.* (2006), o método permite atribuir um maior peso em valores mais recentes, colocando esses valores como mais importantes na determinação do valor previsto.

A representação matemática do modelo está descrita na Equação 2.2:

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1-\alpha)F_t \quad (2.2)$$

Onde:

α = Constante de ponderação exponencial.

O coeficiente α é um fator de ponderação que determina o quanto os valores mais recentes são mais importantes que os valores mais antigos para a previsão. Com isso, quanto mais próximo de 1, a previsão será mais sensível ao último valor observado. Já quando o valor de α estiver próximo de 0, a previsão para cada período seguinte não será tão afetado pelo último valor observado. (WANKE *et al.* 2006).

O modelo não deve ser aplicado a séries temporais que apresentam tendência, uma vez que os valores das previsões apresentam um viés, de forma que ficam sistematicamente abaixo dos reais (LUSTOSA *et al.* 2008).

2.3.2.3 Suavização exponencial com tendência

Quando a série apresenta aleatoriedade e uma tendência linear de crescimento ou decréscimo, o método de suavização exponencial com tendência, modelo de Holt, é

indicado para ser usado com resultados satisfatórios para a previsão. Este modelo utiliza duas constantes de suavização, α e β , com valores entre 0 e 1, sendo representado por três equações (MAKRIDAKIS *et al.* 1998):

$$S_{t+1} = \alpha D_t + (1-\alpha)(S_t + T_t) \quad (2.3)$$

$$T_{t+1} = \beta(S_{t+1} - S_t) + (1-\beta)T_t \quad (2.4)$$

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1} \quad (2.5)$$

$$T_1 = 1/2 (D_2 - D_1) + (D_4 - D_3) \quad (2.6)$$

Onde:

S = Previsão inicial para o período;

T = Tendência para o período;

β = Constante de ponderação de tendência.

Lustosa *et al.* (2008) afirmam que, a segunda variável é adicionada para refletir o crescimento da demanda entre os períodos, como no método anterior, essa nova variável será exponencialmente atualizada como uma nova constante.

Para Markidakis (1989), a escolha dos valores iniciais das constantes não tem grande influência no resultado da previsão, podendo ser igualadas à zero nas primeiras previsões ou calculadas por métodos simples. Já Lustosa *et al.* (2008) dizem que, os valores iniciais de α e β tem bastante influência no resultado, calibrando o modelo nestes parâmetros. Nesse trabalho os valores das constantes serão escolhidos aleatoriamente, visto que não influencia diretamente nos resultados.

2.3.2.4 Suavização exponencial com tendência e sazonalidade

Markidakis (1998), afirma que o modelo Holt é um método de suavização exponencial que inclui uma equação extra, que é usada para ajustar a previsão de sazonalidade, podendo contabilizar séries de dados, ambos os registros e elementos sazonais utilizando três parâmetros de suavização controlando o nível, tendência e sazonalidade. Para Caiado (2006), o modelo é apropriado para séries que apresentem tendência linear e movimentos sazonais.

No método de suavização exponencial com tendência e sazonalidade, a amplitude de variação sazonal pode aumentar ou diminuir com a função do tempo (MOREIRA, 2006).

O modelo é representado matematicamente por:

$$S_{t+1} = \alpha (Dt/I_{c-L}) + (1-\alpha)(S_t + T_t) \quad (2.7)$$

$$T_{t+1} = \beta(S_{t+1} - S_t) + (1-\beta)T_t \quad (2.8)$$

$$C_t = \gamma(D_t/S_t) + (1-\gamma)C_{t-L} \quad (2.9)$$

$$F_{t+1} = (S_{t+1} + T_{t+1})C_{t-L+1} \quad (2.10)$$

Onde:

γ = Constante de ponderação sobre o índice sazonal;

C = Índice sazonal para o período;

L = Período de tempo para uma estação completa.

Makridakis (1998) afirma que, como todos os métodos de suavização exponencial, o modelo de Winters necessita de valores iniciais de componentes, que são eles, α , β e γ , nível, tendência e sazonalidade, respectivamente, para poder assim dar início a resolução dos cálculos, onde as estimativas iniciais são feitas no período n definido para o componente sazonal.

As Equações de 2.11 a 2.13 representam os cálculos iniciais dos parâmetros para de nível, tendência e sazonalidade:

$$S_0 = 1/n (D_1 + D_2 + \dots + D_n) \quad (2.11)$$

$$T_0 = 1/n [(D_{n+1} - D_1)/n + (D_{n+2} - D_2)/n + \dots + (D_{n+n} - D_n)/n] \quad (2.12)$$

$$C_1 = D_1/L_n, \quad C_2 = D_2/L_n, \quad \dots, \quad C_n = D_n/L_n \quad (2.13)$$

Onde:

S_0 = Representa uma estimativa do nível da série no tempo t ;

T_0 = Parâmetro de tendência;

C_1 = Componente de sazonalidade.

De acordo com Lustosa *et al.* (2008), uma das desvantagens desse método é o fato de que há uma necessidade de series temporais mais longas, de pelo menos três ciclos sazonais, 36 meses, se o período for em meses.

2.3.3. Casuais

Os modelos de previsão causais estabelecem correlações entre a demanda e outros fatores conjunturais, utilizando fatores como o PIB ou investimentos em *marketing*, para obter previsão de vendas (CHOPRA, 2003). Ballou (2006) afirma que o aumento da

complexidade não garante melhoria nas previsões, há dois tipos mais simples dos modelos causais, que são o de regressão linear simples e regressão linear múltipla.

2.3.3.1 Regressão linear simples

Esse é o sistema de regressão mais simples, sendo que a variável dependente é função de apenas uma variável independente. De maneira geral, a inspeção visual de valores reais e previstos não fornecem uma base muito confiável para decidirmos se o resultado fornece ou não uma boa previsão (BALLOU, 2006).

2.3.3.2 Regressão linear múltipla

Lustosa *et al.* (2008) afirmam que, o sistema de regressão linear múltipla, funciona da mesma maneira que o anterior, só com o acréscimo de mais de uma variável independente.

2.3.4 Medidas de erro de previsão

Após aplicar os métodos a preocupação final deve estar focada em como aproveitar ao máximo as técnicas disponíveis utilizadas nas previsões. Não há um modelo de previsão único, mas existem aqueles que mais se adaptam a situações. Visando que o futuro não é espelhado literalmente pelo passado, a previsão apresentará erros e esses erros de previsão irão mostrar qual a proximidade com a realidade da demanda. (BALLOU, 2006).

Para Chopra (2013) os gerentes devem estar atentos que, o método de previsão deve ser capaz de captar componentes sistemáticos da demanda e não o componente aleatório, pois os aleatórios que serão representados pelo erro de previsão.

Para Lustosa *et al.* (2008), o erro de previsão para o período t é dado pela Equação 2.14 e o Erro Percentual Médio (MPE) pela 2.15:

$$E_t = D_t - F_t \quad (2.14)$$

$$MPE = \sum_{t=1}^n \frac{(D_t - F_t)}{n} \quad (2.15)$$

2.3.4.1 Desvio absoluto de média (DAM)

Para Chopra (2003), o cálculo é empregado para avaliar o nível de erro na mesma unidade que a série de vendas, sendo demonstrado matematicamente pela equação 2.16:

$$\text{DAM} = \sum_{t=1}^n \frac{|Et|}{n} \quad (2.16)$$

2.3.4.3 Erro percentual absoluto médio (EPAM)

Lustosa *et al.* (2008), expressa conforme a equação 2.17 o indicador de erro que é bastante utilizado, considerando erros relativos, em percentual e avaliando a magnitude do erro com relação a série histórica.

$$\text{EPAM} = \sum_{t=1}^n \frac{\left| \frac{Et}{Dt} \right|}{n} \quad (2.17)$$

3 METODOLOGIA

Esse projeto de trabalho de conclusão de curso é subprojeto e foi elaborado com base no projeto de pesquisa “Análise Comparativa de Modelos de Previsão de Vendas em uma empresa do Setor de Plástico & Análise Comparativa de Modelos de Previsão de Vendas em uma empresa do Setor Hospitalar”, coordenado pela professora Tatiana Balbi Fraga e sendo registrado na Universidade Federal de Pernambuco sob número do processo 23076.018775/2019-91.

O estudo foi realizado por intermédio de uma revisão bibliográfica, tendo como base livros clássicos sobre o tema de previsão de vendas, como também artigos científicos nacionais e internacionais, ambos dentro do tema.

Em seguida houve a coleta de dados, referente às vendas da empresa, auxiliando assim na aplicação dos métodos. Após a coleta de dados, foram aplicados nos métodos que estão referenciados nesse estudo, com isso, os resultados obtidos foram comparados, com a aplicação das medidas de acurácia, visando identificar os métodos que apresentaram melhores resultados para a realidade da empresa.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Apresentação da empresa

A organização está localizada na cidade de Caruaru, há aproximadamente 130 km da capital Pernambucana, é formada por uma equipe de 90 funcionários.

Munida com uma vasta linha de produtos, tem em foco o controle do seu processo produtivo para garantir as especificações exigidas pelos clientes, que variam desde embalagens alimentícias a embalagens para produtos de limpeza. Sua missão consiste em ser uma empresa competitiva no mercado de embalagens por fornecer produtos que atendam as necessidades de seus clientes, utilizando de equipamentos de última geração. Buscando sempre o bem-estar de seus colaboradores mantendo a ordem e segurança, preservando sempre o meio ambiente.

O seu planejamento é feito através dos pedidos recebidos pelo setor de vendas, ou seja, são produzidas as quantidades pedidas pelos clientes, caracterizando uma produção por encomenda. O processo de planejamento é realizado por reuniões semanais com área de compras, logística e PCP (Planejamento e Controle da Produção), para uma programação que visa otimizar o processo e a entrega precisa do produto.

Manter seu estoque de maneira eficiente, sem altos investimentos e ao mesmo tempo atender a demanda de seus clientes com alto nível de serviços é uma tarefa difícil. Levando isso em consideração fica clara a importância da previsão de vendas em uma organização, pois auxilia, de maneira correta, os gestores na tomada de decisão.

Com o intuito de propor melhorias que irão auxiliar na programação da produção e melhor produtividade dos processos, visando um maior controle da produção, foi proposta a indústria A um estudo comparativo de modelos de previsão de vendas, podendo assim abrir carteira para novos clientes, visando sempre atender os clientes com as melhores soluções e tendências do mercado, para atingir satisfação e fidelidade dos clientes.

4.2 Definição do problema

A matéria prima utilizada na fabricação das embalagens plásticas é a resina termoplástica que tem como principal componente o polietileno, acompanhado com uma variedade de aditivos alinhando as características finais do produto, para cada tipo de embalagem existe um fórmula contendo vários tipos de polietileno.

No presente momento a empresa, dispõe de um crédito liberado pelo seu principal fornecedor de matéria prima (resina de polietileno) de 100 toneladas por mês, quando seu pedido em carteira excede essa quantia a indústria A tem a necessidade de comprar matéria prima de outros fornecedores com um acréscimo de 15%. Isso ocorre devido ao baixo capital da empresa impactando diretamente nos lucros.

4.3 Pacote computacional utilizado

O Excel® foi escolhido devido a sua aceitação nas indústrias e a familiaridade do autor com a ferramenta. Este permite a análise de várias séries de dados ao mesmo tempo e com diversos modelos quantitativos. O Excel vem com uma versão básica de um *software* de otimização chamada SOLVER®, muito utilizado por profissionais de pesquisa operacional. A versão básica apesar de limitada a menos de 50 variáveis foi suficiente para este estudo.

4.4 Aplicação na empresa

Inicialmente foi analisado que a indústria A utilizava o método de projeção histórica simples (média móvel, com um horizonte de tempo de três meses, para fazer a previsão de vendas).

A coleta de dados que serviram de base para a realização deste estudo foi realizada com a ajuda do responsável pelo setor de PCP, foi disponibilizada uma série de histórica da demanda composta por 36 meses, de janeiro de 2016 a dezembro de 2018, totalizando três anos. Essa série histórica é apresentada no Apêndice A.

Foi utilizado o *software Microsoft Excel®*, junto com sua versão básica de otimização, chamada de *Solver®*, para a modelagem dos métodos e conseguir avaliar o desempenho do modelo atual de previsão da empresa, e ainda propor novos modelos. Foi utilizado no estudo da seguinte forma:

- Média Móvel (3 meses);
- Média Móvel (6 meses);
- Média Móvel (12 meses);
- Suavização Exponencial Simples;
- Suavização Exponencial com Tendência (Modelo de Holt);
- Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade (Modelo de Holt Winters).

Além das medições de erros, que são:

- Desvio Absoluto Médio (DAM);
- Erro Percentual Médio (MPE);
- Erro Percentual Absoluto Médio (EPAM).

5 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS SELECIONADOS

Essa seção é dedicada à aplicação, análise e eficácia de cada método selecionado acima, com o propósito de determinar qual possui o melhor desempenho na realização das previsões a fim de identificar qual o melhor método para a realidade da empresa.

Fica evidente, analisando a série histórica da empresa, como pode ser visualizada no Apêndice A, que a demanda possui nível de tendência e sazonalidade, onde essa informação eliminaria a escolha do método de Média Móvel e Suavização Exponencial Simples, mas visando o fato de que a empresa utiliza um desses métodos citados, houve a necessidade da aplicação para comparação e constatação da eficácia de outro método com um melhor resultado.

A seguir, está a aplicação de cada método citado anteriormente, bem como seus resultados individuais; na próxima sessão estará descrito a análise comparativa dos melhores resultados de cada método, indicando por fim o melhor método para a empresa.

5.1 Média Móvel

O método da média móvel foi aplicado para três horizontes de tempo histórico: três meses, seis meses e doze meses, sendo o primeiro, três meses, o atual da empresa. Os horizontes de tempo de 6 e 12 meses foram escolhidos de forma aleatória. No Excel®, a função “MÉDIA” foi utilizada para parâmetro de comparação com os resultados obtidos com a aplicada da Equação 2.1 sugerida anteriormente na revisão bibliográfica, referente ao cálculo da média móvel.

Após a análise do método ficou claro, de acordo com a Tabela 2, que apesar da média da previsão (MP) ser próxima da média da demanda real que é 119.196,19 quilos, o ideal é escolher o método de acordo com o erro percentual absoluto médio (EPAM). Na Figura 2 é mostrada toda a previsão de média móvel para o $n=6$, os erros relacionados para cada período de tempo e a previsão para o próximo período.

Tabela 2 – Previsão da indústria A para n=6 – Média Móvel

Para 6 meses			Erro Absoluto	Erro %
Período	Demanda	Previsão		
1	117.545,00	-	-	-
2	126.818,00	-	-	-
3	116.751,00	-	-	-
4	102.131,00	-	-	-
5	140.832,00	-	-	-
6	131.124,00	-	-	-
7	119.745,00	118.050,48	1.694,52	1,42%
8	119.111,00	117.342,87	1.768,13	1,48%
9	106.013,00	129.465,68	23.452,68	22,12%
10	113.931,00	121.184,87	7.253,87	6,37%
11	144.552,00	119.634,97	24.917,03	17,24%
12	148.813,00	123.644,27	25.168,73	16,91%
13	104.904,00	120.676,50	15.772,50	15,04%
14	115.567,00	117.981,07	2.414,07	2,09%
15	103.416,00	134.164,51	30.748,51	29,73%
16	126.352,00	125.150,26	1.201,74	0,95%
17	101.817,00	117.393,08	15.576,08	15,30%
18	113.969,00	109.978,34	3.990,66	3,50%
19	111.780,00	112.105,05	325,05	0,29%
20	123.960,00	115.175,60	8.784,40	7,09%
21	98.130,00	112.009,65	13.879,65	14,14%
22	106.265,00	109.018,74	2.753,74	2,59%
23	128.113,00	112.675,29	15.437,71	12,05%
24	167.278,00	118.229,87	49.048,13	29,32%
25	120.709,00	120.708,91	0,09	0,00%
26	89.282,00	115.239,24	25.957,24	29,07%
27	123.650,00	123.650,00	0,00	0,00%
28	135.837,00	140.272,88	4.435,88	3,27%
29	99.765,00	121.001,58	21.236,58	21,29%
30	102.497,00	104.933,32	2.436,32	2,38%
31	130.743,00	118.428,49	12.314,51	9,42%
32	106.163,00	123.781,62	17.618,62	16,60%
33	108.840,00	105.298,43	3.541,57	3,25%
34	121.393,00	111.696,48	9.696,52	7,99%
35	115.553,00	119.772,41	4.219,41	3,65%
36	147.714,00	110.608,24	37.105,76	25,12%
37		122.865,90		

Fonte: A Autora

Em negrito, na Figura 2 está o menor percentual de acordo com o método escolhido. Os resultados da previsão para n = 6 foram plotados (figura 5.1) para melhor visualização do ajuste da demanda prevista (DP) e da demanda real (DR).

Tabela 3 – Medidas de erro da indústria A – Média Móvel

	n=3	n=6	n=12
MP	118.250,13	118.309,09	118.779,59
DAM	15.563,10	12.758,32	16.322,55
MPE	0,00396	0,00358	0,00582
EPAM	0,1302	0,1065	0,13672

Fonte: A autora

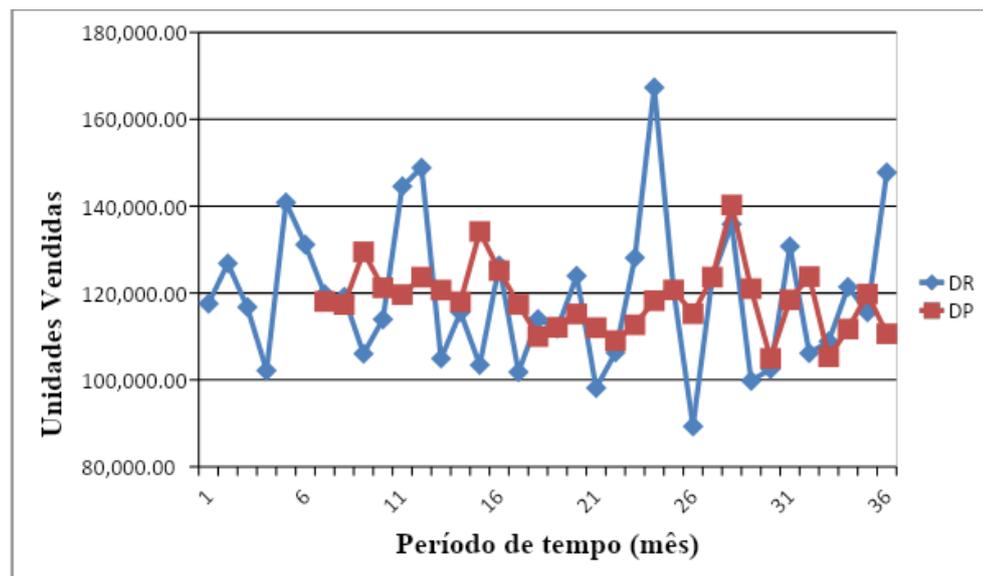


Figura 2 – Demanda real e prevista da indústria A – Média Móvel

Fonte: A autora

5.2 Suavização Exponencial Simples

O método de suavização exponencial simples necessita de um valor inicial para o F_t (Previsão para o período t), que foi testado a partir da média dos primeiros três meses da série e uma estimativa de α (constante de suavização), onde essa constante pode assumir valores entre 0 e 1. Foi testado inicialmente com $\alpha = 0,2$, visando encontrar o valor de α que produz o menor erro, após a aplicação das formulas sugeridas na revisão bibliográfica, houve a utilização da ferramenta SOLVER para encontrar o melhor valor para α e também minimizar o DAM.

Após a abertura de a ferramenta SOLVER, são introduzidos todos os parâmetros, onde a célula de destino será a valor correspondente ao DAM, como é mostrado na Figura 3, a célula variável será o α , as restrições que o α tem que está dentro do intervalo de tempo de 0

a 1 e será feita a minimização da variável, e por fim, clicar na opção resolver e o Solver irá iniciar a otimização.

Período	Demanda	Previsão	Erro Absoluto	Erro ²	Erro %
1	117.545,00	120.371,33			
2	126.818,00	118.110,27			
3	116.751,00	125.076,45			
4	102.131,00	118.416,09			
5	140.832,00	105.388,02			
6	131.124,00	133.743,20			
7	119.745,00	131.647,84			
8	119.111,00	122.125,57			
9	106.013,00	119.713,91			
10	113.931,00	108.753,18			
11	144.552,00	112.895,44			
12	148.813,00	138.220,69			
13	104.904,00	146.694,54	15.467,33	239.238.400,44	18,23

Figura 3 – Otimização do método de Suavização Exponencial Simples com auxílio do Solver

Fonte: A Autora

Após a aplicação do SOLVER o resultado de otimização foi $\alpha=1$ e podemos observar na Tabela 3, que a demanda prevista para todos os períodos ficaram com um valor constante, isso acontece devido o α ter sido igual a um.

Tabela 4 – Resultados da aplicação do método – Método de Suavização Exponencial Simples

Periodo	Demanda	Previsão	$\alpha=$	1	Erro %
			Erro Absoluto	Erro ²	
1	117.545,00	120.371,33	2.826,33	7.988.160,11	2,35
2	126.818,00	120.371,33	6.446,67	41.559.511,11	5,85
3	116.751,00	120.371,33	3.620,33	13.106.813,44	3,68
4	102.131,00	120.371,33	18.240,33	332.709.760,11	15,12
5	140.832,00	120.371,33	20.460,67	418.638.880,44	20,70
6	131.124,00	120.371,33	10.752,67	115.619.840,44	7,91
7	119.745,00	120.371,33	626,33	392.293,44	2,99
8	119.111,00	120.371,33	1.260,33	1.588.440,11	2,92
9	106.013,00	120.371,33	14.358,33	206.161.736,11	13,09
10	113.931,00	120.371,33	6.440,33	41.477.893,44	4,09
11	144.552,00	120.371,33	24.180,67	584.704.640,44	22,69
12	148.813,00	120.371,33	28.441,67	808.928.402,78	20,83
13	104.904,00	120.371,33	15.467,33	239.238.400,44	18,23
14	115.567,00	120.371,33	4.804,33	23.081.618,78	6,51
15	103.416,00	120.371,33	16.955,33	287.483.328,44	15,24
16	126.352,00	120.371,33	5.980,67	35.768.373,78	6,82
17	101.817,00	120.371,33	18.554,33	344.263.285,44	15,08
18	113.969,00	120.371,33	6.402,33	40.989.872,11	1,99
19	111.780,00	120.371,33	8.591,33	73.811.008,44	3,49
20	123.960,00	120.371,33	3.588,67	12.878.528,44	7,78
21	98.130,00	120.371,33	22.241,33	494.676.908,44	15,99
22	106.265,00	120.371,33	14.106,33	198.988.640,11	6,02
23	128.113,00	120.371,33	7.741,67	59.933.402,78	14,69
24	167.278,00	120.371,33	46.906,67	2.200.235.377,78	45,47
25	120.709,00	120.371,33	337,67	114.018,78	3,78
26	89.282,00	120.371,33	31.089,33	966.546.647,11	28,29
27	123.650,00	120.371,33	3.278,67	10.749.655,11	5,27
28	135.837,00	120.371,33	15.465,67	239.186.845,44	14,44
29	99.765,00	120.371,33	20.606,33	424.620.973,44	18,31
30	102.497,00	120.371,33	17.874,33	319.491.792,11	12,88
31	130.743,00	120.371,33	10.371,67	107.571.469,44	14,07
32	106.163,00	120.371,33	14.208,33	201.876.736,11	9,91
33	108.840,00	120.371,33	11.531,33	132.971.648,44	5,77
34	121.393,00	120.371,33	1.021,67	1.043.802,78	6,32
35	115.553,00	120.371,33	4.818,33	23.216.336,11	0,06
36	147.714,00	120.371,33	27.342,67	747.621.420,44	27,77
37		120.371,33			

Fonte: A autora

A Tabela 4 apresenta a comparação dos resultados obtidos pelos testes, incluindo um teste com o $\alpha=0,5$ para melhor análise. Podemos assim notar que a otimização realizada pelo Solver foi mais eficiente que o primeiro α escolhido e o segundo teste, em negrito está o melhor resultado. Na Figura 4 está à descrição gráfica da demanda real e demanda prevista.

Tabela 5 – Medidas de erro da indústria A – Suavização Exponencial Simples

	$\alpha=0,2$	$\alpha=0,5$	$\alpha = 1$
MP	118.465,45	118.563,12	120.371,33
DAM	17.027,50	15.609,88	12.970,58
MPE	0,00394	0,00363	0,00302
EPAM	0,1448	0,1336	0,1102

Fonte: A autora

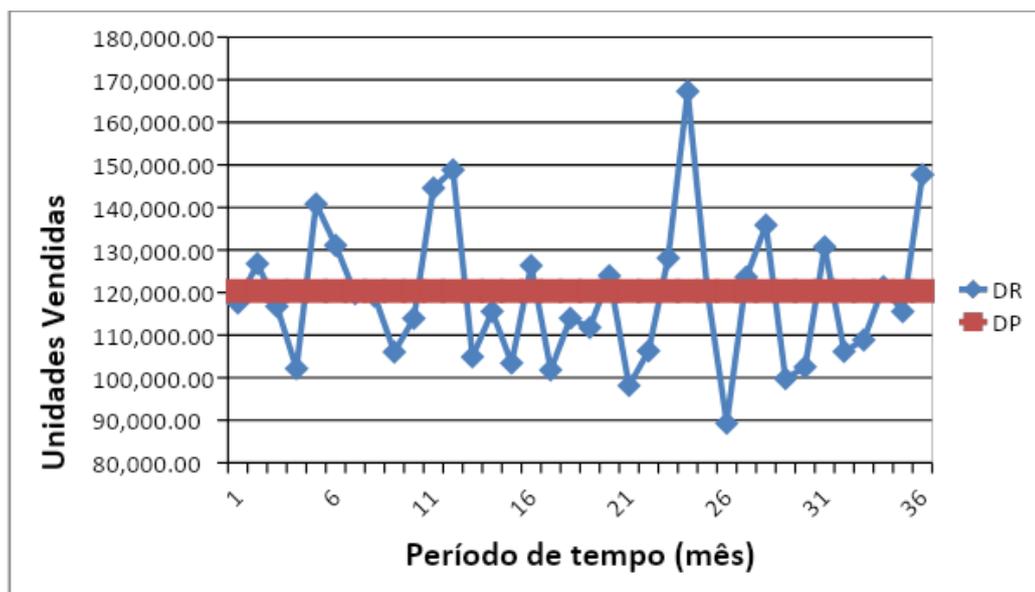


Figura 4 – Demanda real e prevista da indústria A – Suavização Exponencial Simples

Fonte: A autora

5.3 Suavização Exponencial com Tendência (Modelo de Holt)

Assim como o método anterior, a suavização exponencial com tendência possui constantes de suavização, no modelo de Holt são duas constantes, de nível e de tendência, sendo assim a principal diferente deste modelo. O modelo de Holt necessita de um valor inicial para o S_1 (previsão inicial para o período) e o T_1 (tendência para o período), sendo utilizado nos testes o valor no primeiro período da demanda real para S_1 e a média da declividade das últimas observações para T_1 , de acordo com a equação 2.6 apresentada na

revisão bibliográfica. Os testes foram feitos com valores iniciais para $\alpha=0,2$ e $\beta=0,5$, visando encontrar o menor erro, todas as fórmulas utilizadas se encontram na revisão bibliográfica e foram adaptadas à linguagem do Excel, e logo em seguida, foi utilizado à extensão Solver para calcular os parâmetros que geraram menores erros para este método.

A Tabela 5 representa a tela do Solver no Excel, com as equações para resolução do modelo de Holt. Tendo a célula de destino será o DAM, será alterado as variáveis alfa e beta, com as restrições de que os parâmetros estejam dentro dos intervalos de tempo entre 0 e 1, com a finalidade de minimização. Assim, resolvendo a otimização do método.

Na Tabela 6 podemos observar a tabela, retirada do Excel, com as informações já alteradas, com a resolução do Solver, das demandas real e previstas, os valores dos erros para cada mês assim como a previsão para o próximo período de tempo.

Período	Demanda	$\alpha= 0,20$		$\beta= 0,50$		Erro %
		St	Tt	Ft	et	
1	117.545,00	1				
2	126.818,00	1				
3	116.751,00	1				
4	102.131,00	1				
5	140.832,00	1				
6	131.124,00	1				
7	119.745,00	1				
8	119.111,00	1				
9	106.013,00	1				
10	113.931,00	1				
11	144.552,00	1				
12	148.813,00	1				
13	104.904,00	1				
14	115.567,00	1				
15	103.416,00	1				
16	126.352,00	1				
17	101.817,00	1				

Figura 5 – Otimização do modelo de Holt com auxílio do Solver
Fonte: A autora

Tabela 6 – Resultados da aplicação do método – Método de Suavização Exponencial com Tendência

Periodo	Demanda	$\alpha=0,116$		$\beta=0,18$		Erro%
		St	Tt	Ft	et	
1	117.545,00	117.545,00	-2.673,50	-	-	-
2	126.818,00	116.255,68	-2.428,91	114.871,50	11.946,50	9,42
3	116.751,00	114.165,58	-2.369,04	113.826,76	2.924,24	2,50
4	102.131,00	110.676,65	-2.566,93	111.796,54	9.665,54	9,46
5	140.832,00	111.901,07	-1.896,98	108.109,72	32.722,28	23,23
6	131.124,00	112.451,13	-1.464,58	110.004,09	21.119,91	16,11
7	119.745,00	112.001,35	-1.285,26	110.986,55	8.758,45	7,31
8	119.111,00	111.688,76	-1.113,39	110.716,09	8.394,91	7,05
9	106.013,00	110.046,76	-1.206,79	110.575,37	4.562,37	4,30
10	113.931,00	109.429,83	-1.102,56	108.839,96	5.091,04	4,47
11	144.552,00	112.524,43	-360,91	108.327,27	36.224,73	25,06
12	148.813,00	116.409,90	389,45	112.163,52	36.649,48	24,63
13	104.904,00	115.421,10	145,90	116.799,34	11.895,34	11,34
14	115.567,00	115.567,00	145,90	115.567,00	0,00	0,00
15	103.416,00	114.288,13	-105,86	115.712,90	12.296,90	11,89
16	126.352,00	115.592,31	143,30	114.182,27	12.169,73	9,63
17	101.817,00	114.122,93	-141,67	115.735,61	13.918,61	13,67
18	113.969,00	113.979,85	-141,92	113.981,27	12,27	0,01
19	111.780,00	113.599,49	-184,05	113.837,93	2.057,93	1,84
20	123.960,00	114.637,18	31,84	113.415,44	10.544,56	8,51
21	98.130,00	112.752,73	-306,78	114.669,01	16.539,01	16,85
22	106.265,00	111.729,80	-433,33	112.445,95	6.180,95	5,82
23	128.113,00	113.244,91	-89,03	111.296,47	16.816,53	13,13
24	167.278,00	119.426,71	1.019,05	113.155,88	54.122,12	32,35
25	120.709,00	120.476,26	1.024,44	120.445,76	263,24	0,22
26	89.282,00	117.767,70	364,80	121.500,71	32.218,71	36,09
27	123.650,00	118.771,79	477,77	118.132,51	5.517,49	4,46
28	135.837,00	121.171,45	817,38	119.249,56	16.587,44	12,21
29	99.765,00	119.413,87	362,37	121.988,83	22.223,83	22,28
30	102.497,00	117.774,19	8,60	119.776,24	17.279,24	16,86
31	130.743,00	119.284,42	273,94	117.782,79	12.960,21	9,91
32	106.163,00	118.006,32	-0,31	119.558,36	13.395,36	12,62
33	108.840,00	116.943,99	-187,97	118.006,01	9.166,01	8,42
34	121.393,00	117.293,28	-93,04	116.756,02	4.636,98	3,82
35	115.553,00	117.009,39	-126,76	117.200,25	1.647,25	1,43
36	147.714,00	120.454,89	504,47	116.882,63	30.831,37	20,87
Previsão do mês 37				120.959,36		

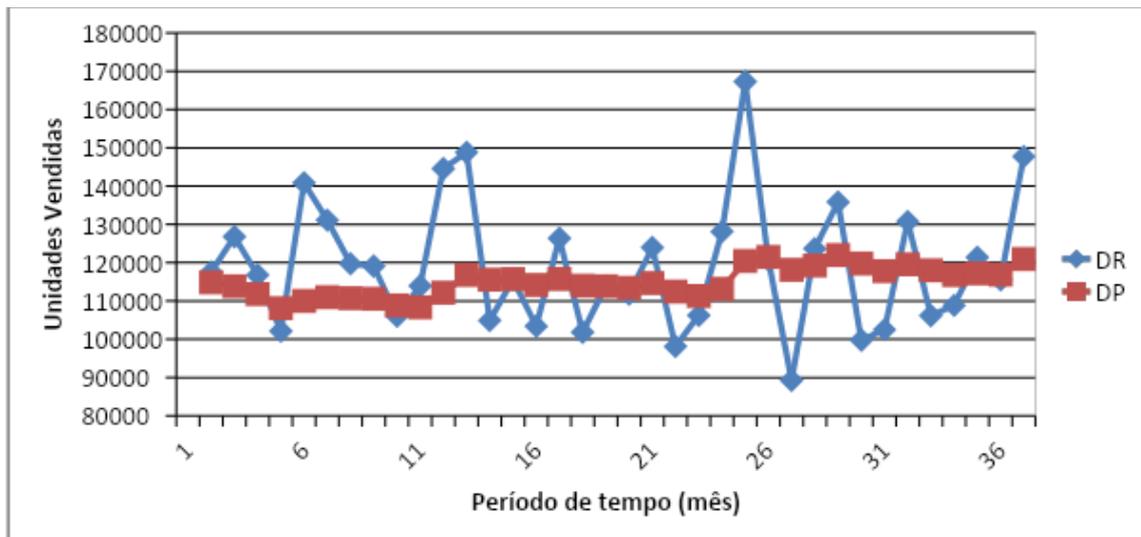
Fonte: A autora

A Tabela 7 contém o resultado dos erros, comparando os valores com os parâmetros antes da utilização do Solver e o parâmetro encontrado, em negrito está o melhor resultado. Em seguida na Figura 5 é exibido o gráfico com a demanda real e previsto.

Tabela 7 – Medidas de erro da indústria A – Suavização Exponencial com Tendência

	$\alpha=0,2$ e $\beta=0,5$	$\alpha=0,116$ e $\beta=0,18$
MP	118.034,02	118.465,45
DAM	15.838,23	14.324,02
MPE	0,0035885	0,00324
EPAM	0,1286	0,1133

Fonte: A Autora

Figura 6 – Demanda real e prevista da indústria A – Suavização Exponencial com Tendência
Fonte: A Autora

5.4 Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade (Modelo de Holt Winters)

O modelo de Holt Winters utiliza um componente a mais do que o modelo anterior, além da tendência o método exige a sazonalidade. Há a necessidade de estimar os valores dos componentes de nível, tendência e sazonalidade, que foram calculados a partir das Equações 2.7, 2.8, 2.9 respectivamente. Os valores da série são divididos pelos fatores sazonais, como mostra a Figura 5.6. A divisão dos valores da série pelos valores de nível na Equação 2.8 foi entendida como a medida de fator sazonal. Na Equação 2.9 a sazonalidade é calculada através da multiplicação da soma dos valores previstos para os componentes de nível e tendência pelo componente sazonal.

A maneira utilizada para determinar o período do fenômeno sazonal da série foi através da própria inspeção visual do gráfico, como é mostrado na Figura 6. Os parâmetros de nível, tendência e sazonalidade, foram determinados inicialmente, no intervalo entre 0 e 1, para

buscar os melhores resultados para esse parâmetro, que são eles: Os valores de $\alpha = 0,5$, $\beta = 0,5$ e $\gamma = 0,5$. O horizonte de previsão é $h=12$.

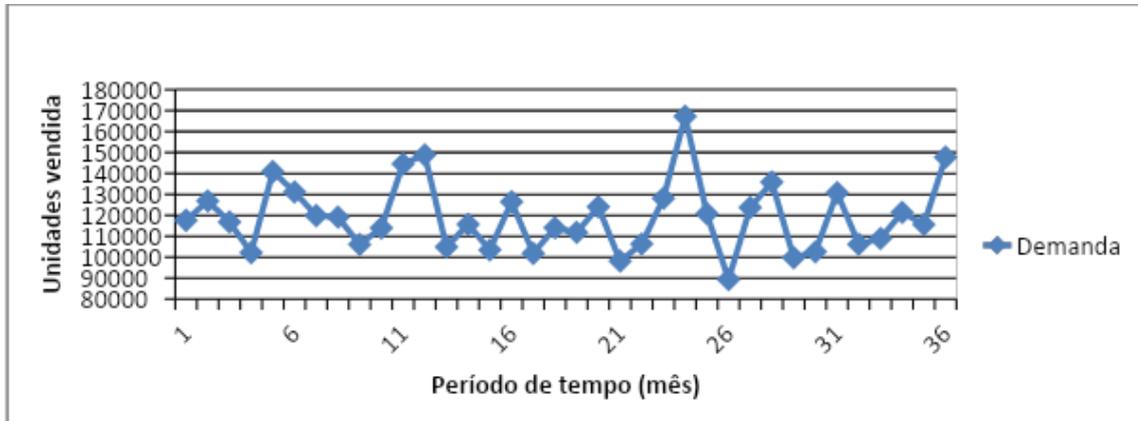


Figura 7 – Demanda real da indústria A

Fonte: A Autora

Aplicando as fórmulas descritas na revisão bibliográfica no Excel® e com a utilização da ferramenta Solver®, foi possível apresentar os melhores resultados dos parâmetros e seus respectivos erros. Os resultados dos parâmetros foram: $\alpha = 0,839$, $\beta = 0$ e $\gamma = 1$. A Figura 7 mostra a aplicação de a ferramenta Solver, para otimização dos parâmetros. Na Tabela 7 está descrito os erros relativos aos períodos de tempo utilizados na previsão, associado com a demanda real e demanda prevista

Período	Dt	St	Tt	Ct	Normalização	Previsão	Erro	Erro ²	Erro %
Janeiro	-	-	-	-	0,95				
Fevereiro	-	-	-	-	1,03				
Março	-	-	-	-	0,95				
Abril	-	-	-	-	0,83				
						113.391,34	4.153,66	17.252.852,71	3,53
						129.183,18	2.365,18	5.594.074,41	1,87
						111.824,26	4.926,74	24.272.748,06	4,22
						86.581,20	15.549,80	241.796.257,62	15,23
						153.738,28	12.906,28	166.572.144,56	9,16

Figura 8 - Otimização do modelo de Holt Winters com auxílio do Solver

Fonte: A Autora.

Tabela 8 – Resultado da aplicação do método – Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade

Ano	2016			2017			2018		
Mês	DR	DP	Erro	DR	DP	Erro	DR	DP	Erro
Jan	117.545,0 0	113.391,3 4	3,53%	104.904,0 0	110.513,2 6	5,35 %	120.709,0 0	119.479,4 3	1,02 %
Fev	126.818,0 0	129.183,1 8	1,87%	115.567,0 0	116.018,2 3	0,39 %	89.282,00	96.016,98	7,54 %
Mar	116.751,0 0	111.824,2 6	4,22%	103.416,0 0	103.905,5 8	0,47 %	123.650,0 0	117.144,9 8	5,26 %
Abr	102.131,0 0	86.581,20	15,23 %	126.352,0 0	119.790,0 2	5,19 %	135.837,0 0	136.990,2 1	0,85 %
Mai	140.832,0 0	153.738,2 8	9,16%	101.817,0 0	109.641,5 9	7,68 %	99.765,00	101.875,2 5	2,12 %
Jun	131.124,0 0	139.504,1 3	6,39%	113.969,0 0	111.908,8 8	1,81 %	102.497,0 0	104.355,2 5	1,81 %
Jul	119.745,0 0	117.513,4 5	1,86%	111.780,0 0	110.012,9 3	1,58 %	130.743,0 0	126.285,0 9	3,41 %
Ago	119.111,0 0	114.679,6 3	3,72%	123.960,0 0	121.466,4 5	2,01 %	106.163,0 0	111.294,4 5	4,83 %
Set	106.013,0 0	92.276,43	12,96 %	98.130,00	99.824,43	1,73 %	108.840,0 0	104.964,3 1	3,56 %
Out	113.931,0 0	103.454,3 6	9,20%	106.265,0 0	106.330,7 9	0,06 %	121.393,0 0	120.327,0 8	0,88 %
Nov	144.552,0 0	161.788,7 8	11,92 %	128.113,0 0	128.885,1 0	0,60 %	115.553,0 0	119.723,2 6	3,61 %
Dez	148.813,0 0	175.694,1 9	18,06 %	115.924,3 5	161.847,1 5	3,25 %	147.714,0 0	148.963,6 4	0,85 %

Fonte: A Autora

A Tabela 9 contém o resultado dos erros, da aplicação do modelo de Holt Winters, comparando os valores com os parâmetros antes da utilização do Solver e o parâmetro encontrado, em negrito está o melhor resultado. Em seguida na Figura 9 é exibido o gráfico com a demanda real e previsto.

Tabela 9 – Medidas de erros da indústria A – Modelo de Holt Winters

	$\alpha = 0,5, \beta = 0,5$ e $\gamma = 0,5$	$\alpha = \mathbf{0,839}, \beta = \mathbf{0}$ e $\gamma = \mathbf{1}$
MP	119.037,84	119.644,27
DAM	8.940,07	5.501,07
MPE	0,07814	0,003846
EPAM	0,0784	0,0455

Fonte: A Autora

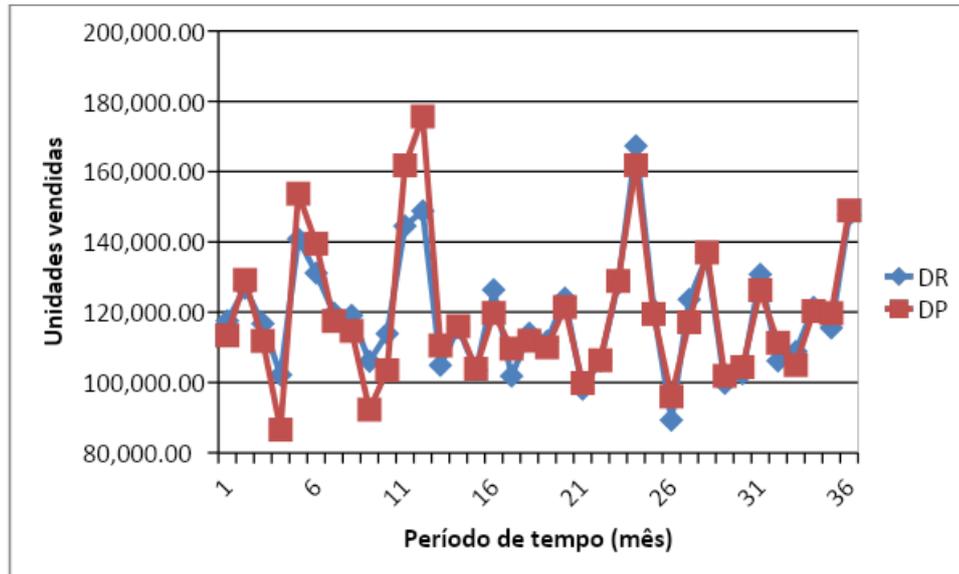


Figura 9 – Demanda prevista e real da indústria A – Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade
Fonte: A Autora

5.5 Previsões futuras

Avaliando todos os métodos aplicados verificamos uma particularidade em comum, os modelos utilizam dados passados para fazer suas previsões da demanda, diante desse fator, foi analisada, a partir dos dados obtidos pelos modelos, a análise dos resultados das previsões futuras sem o uso dos dados passados.

Como já foi citado anteriormente, os dados coletados e utilizados para a aplicação dos métodos foram no período de tempo entre janeiro de 2016 a dezembro de 2018. Os próximos três meses, de janeiro a março de 2019, não foram utilizados visando essa comparação, sendo aplicados os erros das demandas para previsões sem a utilização de dados passados.

Assim, poderemos avaliar se o método com o menor erro detectado é realmente o método mais eficiente para a realidade da empresa.

Na Tabela 10 podemos vê o comparativo dos resultados obtidos pelos métodos sem a utilização dos dados passados com a demanda real no período de tempo.

Tabela 10 – Comparativo dos resultados da aplicação dos métodos sem a utilização dos dados passados

Demanda real	Média Móvel (Utilizada pela empresa)	Média Móvel	Suavização Exponencial Simples	Suavização Exponencial com Tendência	Suavização Exponencial com Tendência e sazonalidade
	n = 3	n=6	$\alpha=1$	$\alpha=0,116$ e $\beta=0,18$	$\alpha = 0,839$, $\beta = 0$ e $\gamma = 1$
138.945,00	136.115,97	122.865,90	120.371,33	120.959,36	141.097,18
129.873,00	123.958,14	119.090,22	120.371,33	121.346,16	139.216,17
138.595,00	114.158,22	123.645,75	120.371,33	121.832,96	138.765,13

Fonte:A Autora

5.6 Análises dos resultados

A Tabela 11 apresenta a comparação com os resultados dos testes aplicados, referentes aos métodos citados na revisão bibliográfica, já com as melhores opções de cada teste e com os valores do teste para o método utilizado pela empresa atualmente. Está com destaque em negrito, de acordo com a comparação das medidas de erros DAM e EPAM, os resultados foram inferiores aos demais métodos. Pode-se analisar que o método apresenta um ótimo nível de confiabilidade, visto que seu EPAM, que tem os seus resultados em percentual, ajudando na comparação e interpretação dos resultados, foi de 0,0455, ou seja, 4,55% de erro percentual, com isso, possíveis variações na demanda podem ser facilmente solucionadas, não agregando custo a empresa.

Tabela 11 – Comparativo dos resultados da aplicação dos métodos

	Média Móvel (Utilizada pela empresa)	Média Móvel	Suavização Exponencial Simples	Suavização Exponencial com Tendência	Suavização Exponencial com Tendência e sazonalidade
	n=3	n=6	$\alpha = 1$	$\alpha=0,116$ e $\beta=0,18$	$\alpha = 0,839$, $\beta = 0$ e $\gamma = 1$
MP	118.250,13	118.309,09	120.371,33	118.465,45	119.644,27
DAM	15.563,10	12.758,32	12.970,58	14.324,02	5.501,07
MPE	0,00396	0,00358	0,00302	0,00324	0,003846
EPAM	0,1302	0,1065	0,1102	0,1133	0,0455
Erro %	13,02%	10,65%	11,02%	11,33%	4,55%

Fonte: A Autora

A Tabela 12 mostra o resultado dos erros referentes às previsões feitas sem a utilização dos dados passados, podendo assim auxiliar na avaliação do melhor modelo que se encaixa a empresa.

Tabela 12 – Comparativa dos resultados dos erros sem a utilização dos dados passados

Média Móvel (Utilizada pela empresa)	Média Móvel	Suavização Exponencial Simples	Suavização Exponencial com Tendência	Suavização Exponencial com Tendência e sazonalidade
n = 3	n=6	$\alpha=1$	$\alpha=0,116$ e $\beta=0,18$	$\alpha = 0,839$, $\beta = 0$ e $\gamma = 1$
2,04%	11,57%	13,37%	12,94%	1,55%
4,55%	8,30%	7,32%	6,57%	7,19%
17,63%	10,79%	13,15%	12,09%	0,12%

Fonte: A Autora

A Figura 9 apresenta no gráfico uma forma visual dos resultados, onde a primeira coluna de cada método descrito está o valor do erro relacionado às previsões dos métodos na forma convencional, já na segunda coluna estão especificados os resultados dos erros sem a utilização dos dados passados. Em destaque na cor laranja o método utilizado pela empresa atualmente, e na cor verde o melhor resultado encontrado com a aplicação dos métodos proposto na revisão bibliográfica.



Figura 9 – Resultados das aplicações dos métodos de previsão

Fonte: A Autora

Concluiu-se que o método proposto de Suavização exponencial com tendência e sazonalidade obteve os resultados mais satisfatórios, tanto com a previsão utilizando os dados passados quanto quando foi realizado sem a utilização desses dados. Outro aspecto que deve ser destacado é o fator do erro DAM que oferece uma baixa amplitude de erro, possibilitando um melhor planejamento da produção da empresa.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho passava por identificar um método de previsão de vendas que auxiliasse a empresa estudada na programação da sua produção, garantindo que os clientes seriam atendidos e que os custos com compra de matéria prima não ultrapassem seu orçamento a ponto de gerar um prejuízo para a empresa.

Primeiramente foi feito um levantamento bibliográfico com foco nos métodos de previsão de vendas para servir como base do estudo. Após compreensão dos métodos foi realizado o levantamento de dados da empresa estudada, para iniciar a aplicação dos métodos visando sempre encontrar o melhor modelo para a utilização na empresa e que se adequasse a realidade da mesma. Foi utilizado o Excel para a aplicação das fórmulas descritas na revisão bibliográfica e o auxílio da ferramenta SOLVER para otimização dos parâmetros, para se obter um melhor resultado. Houve a comparação entre os melhores resultados de cada método, tanto utilizando os dados passados, que é a forma convencional da aplicação dos métodos, quanto fazendo a comparação aplicando nas demandas futuras o percentual de erro que cada método forneceu, para avaliar se realmente o modelo terá eficácia nas duas situações.

O objetivo do trabalho foi alcançado, tendo em vista que após a aplicação e comparação dos métodos, realizada com base dos erros EPAM e DAM, que foram os critérios estabelecidos para esta comparação, o método de Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade, modelo de Holt Winters, foi identificado, tanto no caso com os dados passados quanto sem a utilização deles, o método apresentou as menores medidas de erro, sendo assim, escolhido como o modelo mais apropriado para a empresa estudo de caso.

Como sugestão para trabalhos futuros sugere-se o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie as empresas no momento da implementação e seleção de métodos de previsão de demanda. Sugere-se também a criação de um modelo matemático, de simples acesso, que atenda às necessidades de previsão de demanda das empresas, visando o fato das limitações e complexidades que podem ser encontrados no Excel.

REFERÊNCIAS

ARMSTRONG, J.S., 2001. **Selecting Forecasting Methods. In Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners.** Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

ABRE. **Associação Brasileira de Embalagens.** Disponível em: <<http://www.abre.org.br/setor/apresentacao-do-setor/a-embalagem/funcoes-das-embalagens/>> Acesso em: 02 de fevereiro de 2019.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial.** 5. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CAIADO, Jorge. **Métodos de previsão de séries temporais: texto de apoio.** Instituto Politécnico de Setúbal - Escola Superior de Ciências Empresariais - Departamento de Economia e Gestão. Setúbal, 2006.

CHOPRA, S. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos.** São Paulo: Person prentice Hall, 2003.

DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R., **Fundamentos da Administração da Produção.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

GONÇALVES, P. S. **Administração de Materiais.** 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004

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

MAKRIDAKIS, S. The art and science of forecasting: Na assessment and future directions. **International Journal of Forecasting**, v. 2, p. 15-39, 1986.

MANCUZO, F. **Análise e previsão de demanda: Estudo de caso em uma empresa distribuidora de rolamentos.** 2003. 142 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia – Ênfase em Logística) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

Pinho, J., 2015. **Previsão de Vendas no Setor do Retalho sob o efeito de Ações Promocionais.** Tese de Mestrado. Faculdade de Economia da Universidade do Porto.

RODRIGUES, E.; PINHEIRO, M. A. S. Tecnologia da Informação e Mudanças Organizacionais. **Revista de Informática Aplicada**, v. 1, n. 2, p. 101-112, 2005.

SLACK, N. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

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

APÊNDICE A – Série histórica da demanda

Série histórica da demanda observada de janeiro de 2016 a dezembro de 2018 da indústria A.

Mês/Ano	Produção total
jan/16	117.545,00
fev/16	126.818,00
mar/16	116.751,00
abr/16	102.131,00
mai/16	140.832,00
jun/16	131.124,00
jul/16	119.745,00
ago/16	119.111,00
set/16	106.013,00
out/16	113.931,00
nov/16	144.552,00
dez/16	148.813,00
jan/17	104.904,00
fev/17	115.567,00
mar/17	103.416,00
abr/17	126.352,00
mai/17	101.817,00
jun/17	113.969,00
jul/17	111.780,00
ago/17	123.960,00
set/17	98.130,00
out/17	106.265,00
nov/17	128.113,00
dez/17	167.278,00
jan/18	120.709,00
fev/18	89.282,00
mar/18	123.650,00
abr/18	135.837,00
mai/18	99.765,00
jun/18	102.497,00
jul/18	130.743,00
ago/18	106.163,00
set/18	108.840,00
out/18	121.393,00
nov/18	115.553,00
dez/18	147.714,00