

**LEONARDO AMBROSIO FERNANDES**

**Gestão de demanda em uma empresa do ramo de plásticos no  
segmento de artigos para banheiro**

**Leonardo Ambrosio Fernandes**

**Gestão de demanda em uma empresa do ramo de plásticos no  
segmento de artigos para banheiro**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Valério Antonio Pamplona Salomon

F363g	<p>Fernandes, Leonardo Ambrosio</p> <p>Gestão de demanda em uma empresa do ramo de plásticos no segmento de artigos para banheiro / Leonardo Ambrosio Fernandes – Guaratinguetá, 2019.</p> <p>43 f : il.</p> <p>Bibliografia: f. 40-41</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Valério Antonio Pamplona Salomon</p> <p>1. Planejamento da produção. 2. Controle de produção. 3. Administração de produtos. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 658.5</p>
-------	--

Luciana Máximo

Bibliotecária-CRB-8/3595

**LEONARDO AMBROSIO FERNANDES**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
“ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO MECÂNICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

  
Prof. Dr. Andreia Maria Pedro Salgado  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. VALÉRIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. LUIS CESAR FERREIRA MOTTA BARBOSA  
UNESP-FEG

  
Eng. Wanderson Nery Borges  
Membro Externo

## **DADOS CURRICULARES**

### **LEONARDO AMBROSIO FERNANDES**

**NASCIMENTO** 26.05.1991 – Guarulhos / SP

**FILIAÇÃO** Eduardo Pedro Martins Fernandes  
Milene Ambrosio

dedico este trabalho  
de modo especial, a minha mãe

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a minha Família, que me ajudou enquanto estive fora;  
ao orientador do trabalho de graduação, *Prof. Dr. Valerio A. P. Salomon* que me ajudou neste processo tão importante;  
a minha república, que será para sempre minha família;  
aos meus colegas, que me apoiaram e celebraram comigo;  
aos quadro de funcionários da Faculdade de Engenharia do Campos de Guaratinguetá por nunca desistirem de prover ensino público de qualidade.

“Se eu puder aguentar até o fim, se o gongo tocar e eu ainda estiver de pé, saberei pela primeira vez na minha vida que não sou mais um ordinário do bairro.”

Rocky Balboa

## RESUMO

A análise da demanda de assentos sanitários acolchoados, produtos premium de uma empresa de utilidades para o banheiro situada na cidade de Guarulhos, destacou a falta de gestão de estoques e aquisições do material que os compõe. Após o detalhamento do processo de produção, elucubrou-se a composição do produto que, basicamente, era composto pela mescla de dois polímeros, sendo adquiridos em uma razão constante. Este trabalho propõe analisar a gestão de demanda e custos de estoque através de técnicas de Programação, Planejamento e Controle da Produção (PPCP), apoiando-se na vasta gama de literatura presente, utilizando-se de modelos matemáticos propostos nos mesmos. Os dados utilizados foram cedidos pela empresa em questão, e se referem às produções dos anos 2014, 2015 e 2016. Tais dados foram segmentados em meses de produção. Os resultados das previsões finais, dentro do método selecionado, se mostraram próximas à demanda real. Vale ressaltar que o modelo não se mostra completamente efetivo devido à imprevisibilidades como variações súbitas de mercado e novas tendências do consumidor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Programação. Planejamento. Controle. Produção. Banheiro. Demanda. Estoque. Custos.

## **ABSTRACT**

The demand analysis of toilet seats, premium products provided by a bathroom utilities industry situated at Guarulhos, brought to light the lack of stock and inputs acquisitions altogether. After the detailing the production process, it became clear the product itself composition that, basically, was composed by the mixture of two polymers, acquired in a constant reason. This paper proposes the analysis of the demand management e stock costs through Programming, Planning and Production Control (PPCP) techniques, leaning on the wide array of literature that is available, using mathematic models proposed by such. The data usage was given by the company and covers the years of 2014, 2015 and 2016. The data was split in months of production. The final results of the predictions, within the selected method, showed to be close to the real demand. It is worth to highlight the fact that the model is not completely effective, hence unpredictable movements such as market sudden variations, or consumer new trends.

**KEYWORDS:** Programming. Planning. Production. Control. Bathroom. Utilities. Demand. Stock. Costs.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Atividade industrial - Variação na fabricação de produtos de borracha e plástico .	18
Figura 2 – Fluxograma de Métodos de Pesquisa .....	20
Figura 3 – Etapas do Modelo de Previsão de Demanda .....	21
Figura 4 – Subdivisões das Técnicas de Previsão .....	22
Figura 5 – Demanda real de Poliol .....	29
Figura 6 – Gráfico comparativo entre demanda real e previsões realizadas .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Empregos formais por Setor da Indústria de Transformação em 2014 - Guarulhos	16
Tabela 2 – Estabelecimentos por Setor da Indústria de Transformação em 2014 - Guarulhos	17
Tabela 3 – Fatores de Sazonalidade .....	30
Tabela 4 – Demanda real e Previsões de Demanda .....	31
Tabela 5 – Erros de Previsão dos Métodos.....	32
Tabela 6 – Quantidade de estoque ao longo do tempo .....	34
Tabela 7 – Custo por quantidade de estoque ao longo do tempo .....	35
Tabela 8 – Produção Física Industrial, por seções e atividades industriais - Fabricação de produtos de borracha e de material plástico .....	40
Tabela 9 – Demanda real de poliol no período de 2014 à 2016 .....	41

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAD	Mean Absolute Error
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
MSE	Mean Square Error
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PPCP	Programação, Planejamento e Controle da Produção

## LISTA DE SÍMBOLOS

$E_t$	Estimativa de demanda para o período t
$D_i$	Demanda real no período i
n	Quantidade de períodos escolhido
i	Índice dos períodos
$E_{t-1}$	Estimativa calculada para o período anterior.
$D_{t-1}$	Demanda Real para o período anterior ao período sendo calculado.
$\alpha$	Constante de Amaciamento.
t	Período avaliado.
$L_i$	Fator de Nível da Série Temporal
$T_i$	Fator de Tendência da Série Temporal
$S_i$	Fator de Sazonalidade da Série Temporal
s	Tamanho do grupo de períodos pela sazonalidade
$\alpha$	Parâmetro exponencial de amaciamento de Nível.
$\beta$	Parâmetro exponencial de amaciamento de Tendência.
$\gamma$	Parâmetro exponencial de amaciamento de Sazonalidade.
X	Valor calculado no período i.
$\hat{X}$	Valor calculado médio dentre todos os períodos i.
n	Períodos analisados.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	14
1.2	OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivos Gerais</b> .....	15
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	15
1.3	DELIMITAÇÃO E QUESTÃO DE PESQUISA .....	15
1.4	JUSTIFICATIVA .....	15
1.5	MÉTODOS DE PESQUISA.....	19
<b>1.5.1</b>	<b>Previsão de Demanda</b> .....	20
<b>1.5.2</b>	<b>Séries Temporais</b> .....	22
<b>1.5.3</b>	<b>Média Móvel</b> .....	23
<b>1.5.4</b>	<b>Amaciamento Exponencial</b> .....	23
<b>1.5.5</b>	<b>Suavização Exponencial de Holt-Winter</b> .....	24
1.6	MÉTRICA COMPARATIVA DE ACURACIDADE .....	25
<b>1.6.1</b>	<b>Erro Médio Absoluto</b> .....	25
<b>1.6.2</b>	<b>Erro Médio Quadrático</b> .....	26
<b>1.6.3</b>	<b>Erro Percentual Médio Absoluto</b> .....	26
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	27
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	29
3.1	ANÁLISE DE DADOS .....	29
3.2	PARÂMETROS ESPECÍFICOS .....	29
<b>3.2.1</b>	<b>Média Móvel</b> .....	29
<b>3.2.2</b>	<b>Amaciamento Exponencial</b> .....	30
<b>3.2.3</b>	<b>Suavização Exponencial de Holt-Winter</b> .....	30
3.3	PREVISÕES DE DEMANDA .....	31
3.4	ANÁLISE DE CUSTOS.....	33
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	36
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38
	<b>ANEXO A</b> .....	40
	<b>ANEXO B</b> .....	41

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015), deve-se preocupar-se com o planejamento e controle de uma operação, gerenciando as atividades da operação produtiva, de modo a satisfazer de forma contínua a demanda do consumidor. Essa demanda, entretanto, não necessariamente é previsível como propõe-se. Para algumas operações, a demanda é razoavelmente previsível. Para outras, independente do prazo que é acometida, imprevisível. Uma gama de métodos de previsão está disposta em diferentes tipos: qualitativo, projeção histórica e causal (BALLOU, 2006).

Posto isso, através deste trabalho, lança-se olhar ao gerenciamento do processo produtivo de uma empresa de injeção de plástico, do segmento de utilidades para o banheiro, situada na cidade de Guarulhos, no estado de São Paulo. Como apoio ao desenvolvimento deste trabalho, tem-se que, segundo dados do Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (CIESP), no município de Guarulhos, situado no Estado de São Paulo, o setor de Produtos de Borracha e de Material plástico conta com 350 estabelecimentos, representando 11,4% do setor industriário no município. Ademais, dispõe-se que é o setor que maior participação no emprego formal da região, no setor de Transformação, com 17.125 empregos formais, responsável por 15% dos mesmos (IBGE). Levando em consideração a importância do setor na economia do município, foi escolhida uma empresa de injeção e sopro de termoplásticos, produtor de utilidades para o banheiro.

Tendo isso em vista, através do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram obtidos dados relativos à produção no setor e região discriminados, sendo observada uma queda acentuada de produção, e com ela, uma diminuição da receita.

Estabelecido isso, o presente trabalho utilizar-se-á de modelos matemáticos de estimativas para buscar uma maior apuração da previsão de demanda, tornando o processo, hoje subjetivo, mais objetivo.

Delimitar-se-á ao escopo deste trabalho estudar:

- Quantidades de Produção;
- Quantidades de pedidos de compra de material.

O objetivo do trabalho é aumentar a acuracidade do planejamento de demanda, testando hipóteses com três modelos matemáticos distintos, sendo eles Média Móvel, Amortecimento Exponencial e Amortecimento de Holt-Winters, para determinar qual o modelo que mais se

aproxima da demanda real, aplicando a realidade e então reduzir custos de estoque e custos adjacentes à este.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho tem como objetivo apurar a gestão de demanda do produto, aumentando assim a eficácia do processo produtivo e, por fim, reduzindo custos. O tema, atualmente, na empresa em questão, é tratado de forma subjetivo, sendo realizados cálculos pelo líder de produção, estando estes passíveis à erros. Propõe-se buscar métodos que possam ser quantificados, e reduzidos os erros, reduzindo custos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Dentre os três modelos matemáticos utilizados – Média Móvel, Amaciamento Exponencial e Amaciamento de Holt-Winters - qual estimativa mais se aproximará da real produção da empresa para ser aplicada efetivamente e como isso afetará no custo real?

## 1.3 DELIMITAÇÃO E QUESTÃO DE PESQUISA

Este trabalho não realizará avaliações especificamente dos métodos de previsão de demanda, mas sim da aproximação de cada um deles com a produção real, não lançando valores de juízo sobre os mesmos. Os cálculos são referentes à demanda de compra do material para produção. A empresa em questão realiza suas vendas à partir de terceiros, não existindo canal de venda direta entre empresa e cliente final. A produção desse produto se dá pela mesclagem entre dois produtos, sendo avaliado apenas o de maior consumo, o Poliol..

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Para Tubino (2017), no Planejamento e Controle da Produção, informações advindas de diversas áreas do sistema produtivo são administradas à fim de desempenhar a coordenação de apoio ao sistema. Em seus programas de curto prazo de produção, administram-se os estoques, realizando sequenciamentos, liberando ordens de compra, fabricação e montagem,

acompanhamento e controle da produção e mais. O controle de produção efetivo pode reduzir custos relativos à estoques, mão-de-obra, locações de equipamentos e matéria prima.

Com essas informações em mãos, lança-se um olhar ao cenário atual do setor fabril que será analisado neste trabalho. Assim, tem-se que, levando em consideração apenas o setor de transformação na região de Guarulhos, no Estado de São Paulo, fica evidente a importância que empresas do segmento de Produtos de Borracha e de Material Plástico, sendo o maior empregador dentre os demais, e o terceiro em maior número de estabelecimentos (IBGE, 2016), como disposto nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Empregos formais por Setor da Indústria de Transformação em 2014 – Guarulhos

Setores da Indústria de Transformação	Empregados formais	Particip.
Produtos de Borracha e de Material Plástico	17.125	15,0%
Veículos Automotores, Carrocerias e Autopeças	16.024	14,1%
Produtos de Metal, exc. Máquinas e Equipamentos	13.986	12,3%
Produtos Químicos	7.003	6,2%
Máquinas e Equipamentos	6.451	5,7%
Produtos Têxteis	6.271	5,5%
Produtos Farmoquímicos e Farmacêuticos	5.629	4,9%
Produtos Alimentícios	5.437	4,8%
Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios	5.287	4,6%
Metalurgia	4.820	4,2%
Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos	4.800	4,2%
Produtos de Minerais Não-Metálicos	4.538	4,0%
Celulose, Papel e Produtos de Papel	3.265	2,9%
Produtos Diversos	2.750	2,4%
Móveis	2.357	2,1%
Impressão e Reprodução de Gravações	2.080	1,8%
Equipamentos de Informática, Produtos Eletrônicos e Óptic.	1.664	1,5%
Manutenção, Reparação e Instalação de Máquinas e Equip.	1.662	1,5%
Outros Equipamentos de Transporte, exc. Veículos Autom.	838	0,7%
Bebidas	831	0,7%
Produtos de Madeira	645	0,6%
Artefatos de Couro, Artigos para Viagem e Calçados	251	0,2%
Coque, Derivados de Petróleo e Biocombustíveis	124	0,1%
Produtos do Fumo	0	0,0%
<b>Total da Indústria de Transformação</b>	<b>113.838</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: RAIS – TEM – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016).

Tabela 2: Estabelecimentos por Setor da Indústria de Transformação em 2014 – Guarulhos

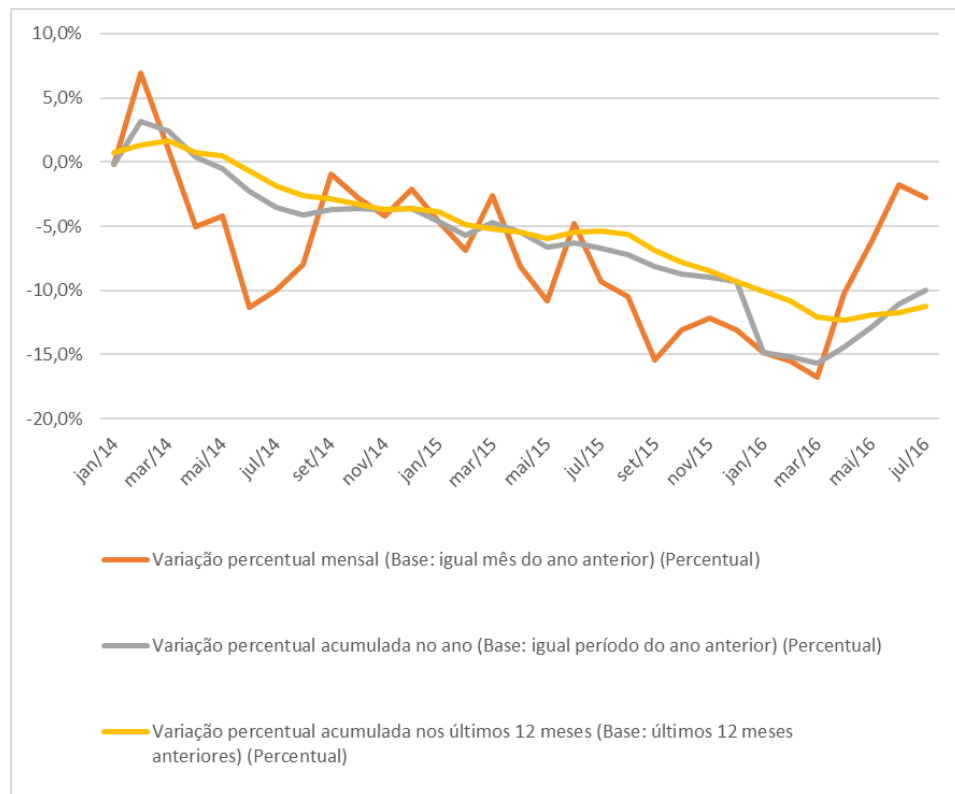
Setores da Indústria de Transformação	Número de Estabelecimentos	Participação
Produtos de Metal, exc. Máquinas e Equipamentos	533	17,3%
Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios	383	12,5%
Produtos de Borracha e de Material Plástico	350	11,4%
Máquinas e Equipamentos	214	7,0%
Produtos Químicos	196	6,4%
Manutenção, Reparação e Instalação de Máquinas e Equipamentos	188	6,1%
Veículos Automotores, Carrocerias e Autopeças	142	4,6%
Produtos Alimentícios	135	4,4%
Produtos de Minerais Não-Metálicos	132	4,3%
Metalurgia	119	3,9%
Produtos Têxteis	116	3,8%
Celulose, Papel e Produtos de Papel	97	3,2%
Produtos Diversos	91	3,0%
Impressão e Reprodução de Gravações	90	2,9%
Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos	86	2,8%
Outros Equipamentos de Transporte, exc. Veículos Automotores	15	0,5%
Artefatos de Couro, Artigos para Viagem e Calçados	15	0,5%
Produtos Farmoquímicos e Farmacêuticos	11	0,4%
Coque, Derivados de Petróleo e Biocombustíveis	6	0,2%
Bebidas	5	0,2%
Produtos do Fumo	0	0,0%
<b>Total da Indústria de Transformação</b>	<b>3075</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: RAIS – TEM – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016).

Os dados foram disponibilizados pela CIESP, relativos ao ano de 2014, com auxílio da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP).

Apreciando isso, podemos acrescentar o fato de que a produção no setor vem decrescendo desde o ano de 2014, como observado nos dados apresentados a seguir na figura 1 evidenciam uma variação negativa na produção (IBGE 2016) - os dados se encontram no apêndice A:

Figura 1: Atividade industrial - Variação na fabricação de produtos de borracha e plástico



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016).

Observa-se então a relevância do setor para o ambiente macroindustrial da região, atraindo olhares para o potencial de crescimento do mesmo.

Sendo assim, vendo uma redução de arrecadação de receita pela redução da produção, o PCP se torna uma poderosa ferramenta para reduzir custos no processo produtivo. A previsão de demanda, ao longo do processo de controle e planejamento, é uma necessidade geral, além de necessidade específica para problemas específicos como controle de estoque, de custos, compra econômica, os custos e os preços. Prever a demanda se mostra vital para uma empresa, porque fornece as entradas antecipadamente, afetando diretamente as necessidades financeiras, a estrutura geral do negócio e, por fim, os níveis de capacidade (BALLOU, 2004).

O trabalho tem como finalidade estudar métodos matemáticos aplicados na gestão de demanda de um polímero que constitui a matéria prima composta e um modelo de tampa de assento sanitário premium, de uma empresa situada na cidade de Guarulhos, São Paulo. A gestão de demanda atual do polímero é realizada de forma subjetiva, ou seja, os pedidos de compra do produto para produção são realizados sem qualquer análise prévia de histórico de

compras do produto com os fornecedores, levando em consideração apenas o conhecimento prático dos gerentes de fábrica.

A partir do histórico de compras cedido pela empresa, escolheram-se três modelos matemáticos de diferentes ordem de complexidade, ainda que de igual efetividade, dependendo da aplicação, para serem aplicados, sendo eles os métodos de Média Móvel, o de Amaciamento Exponencial e por fim o método de Suavização Exponencial de Holt-Winters. Examina-se, ao longo dos resultados, a existência de variáveis que influenciam na acuracidade dos modelos, como sazonalidade, tendências e níveis, como demonstrar-se-á.

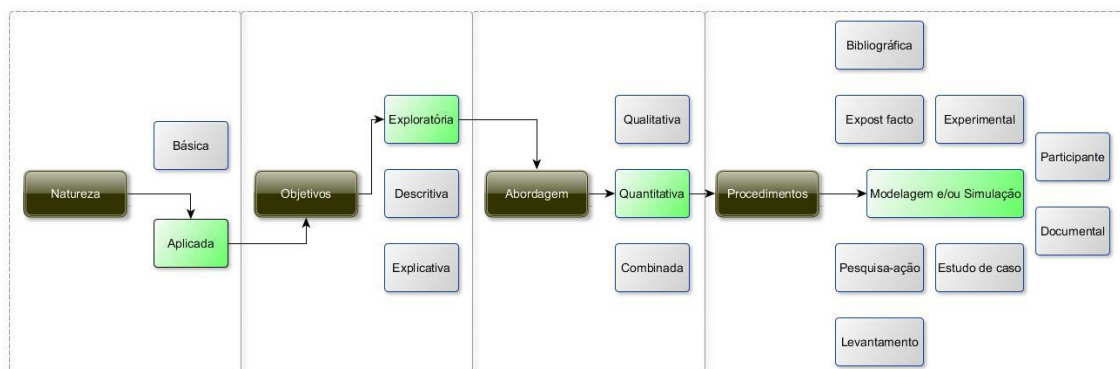
Os modelos serão aplicados à gestão de demanda do polímero Polioliol, que mesclado ao Isocianato, gera o subproduto para a injeção do artigo finalizado. Os pedidos de compra de Polioliol são realizados em uma base mensal, sem ser feito uma previsão ou estudo de estoque para tanto.

Questão de pesquisa: Dentre os modelos matemáticos utilizados para prever a demanda de produção, qual estimativa mais se aproximará da real produção da empresa e o processo terá um impacto financeiro positivo?

## 1.5 MÉTODOS DE PESQUISA

O trabalho se realizará através de uma abordagem quantitativa, por recorrer à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis e se apoiar em modelos matemáticos (FONSECA, 2002). Ainda, segundo Gerhart e Silveira (2009), terá natureza aplicada, pois “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos”, com objetivo exploratório pois analisa um exemplo real, buscando estimular a compreensão do mesmo. Ao aplicar um modelo matemático para experimentar um sistema físico, o desenvolvimento do trabalho configura-se em procedimento de modelagem e/ou simulação. A Figura 2 representa o fluxograma de aplicação de método utilizado no presente trabalho.

Figura 2 – Fluxograma de Métodos de Pesquisa



Fonte: Adaptado de Fonseca (2002).

Ainda, foram escolhidos os modelos levando em consideração que “numerosos estudos mostraram que os modelos “simples” da variedade da série de tempo frequentemente prevêm tão bem quanto ou melhor do que versões mais sofisticadas, mais complexas” (BALLOU, 2004).

A empresa analisada neste trabalho foi escolhida por ser uma das maiores empresas do país no segmento químico-plástico, facilidade de acesso aos dados, localização física da empresa – de fácil acesso aos pesquisadores – e a quantidade de utilização do material estudado é significativamente expressivo, podendo ressaltar diferenças sutis que passariam despercebidos em números de menor significância. O material foi cedido pela empresa em questão, e são referentes às quantidades de material utilizados na produção do produto durante os anos de 2014, 2015 e 2016, e foram coletados pela própria empresa ao longo destes anos, pelo setor financeiro, ao realizar o controle de pedidos de compra da empresa. Um funcionário da empresa compilou os dados retirados de notas fiscais de compras, e os dispôs em um arquivo único, datando mês à mês as quantidades somadas. Tais dados dispostos são fundamentais no cálculo de gestão de demanda, previsão de vendas e para a programação, o planejamento e o controle da produção (PPCP).

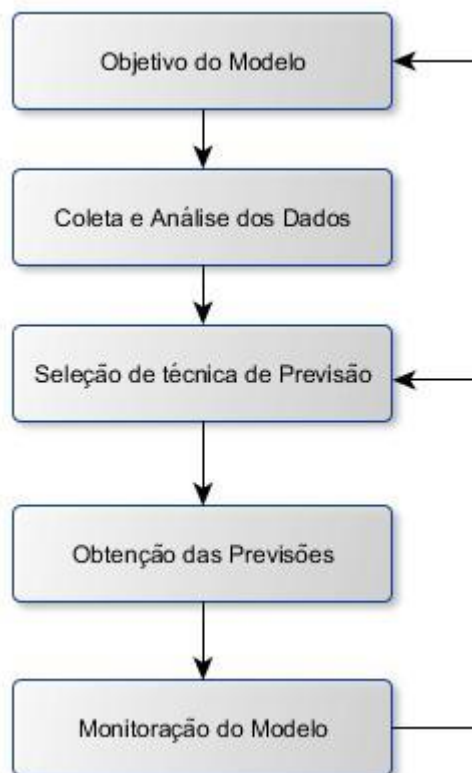
### 1.5.1 Previsão de Demanda

Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015), em grande parte das empresas, a equipe responsável pela definição pela previsão da demanda está sob supervisão de departamentos de vendas e/ou marketing. Entretanto, por essas áreas terem pouco interface com o processo produtivo em si, acabam tendo uma visão diferente daquela que teria o

gerente de produção, tendo estes uma necessidade entender profundamente a essência deste processo.

“Um modelo de previsão de demanda pode ser dividido em 5 etapas básicas. Inicialmente, define-se o objetivo do modelo, com base no qual coletam-se e analisam-se os dados, seleciona-se a técnica de previsão mais apropriada, calcula-se a previsão de demanda e, como forma de feedback, monitoram-se e atualizam-se os parâmetros empregados no modelo através da análise do erro de previsão.” (TUBINO, 2017). A figura 2 ilustra a definição acima, e foi retirada do livro.

Figura 3 – Etapas do Modelo de Previsão de Demanda



Fonte: Tubino (2017).

Tendo isto em vista, busca-se ordenar o máximo possível os objetivos da modelagem, categorizando o produto previsto, recursos disponíveis, precisão e pormenores da previsão. Após isso, recolhem-se os dados, como histórico das ordens de compra ou produção do insumo e realiza-se uma análise do mesmo, para, enfim, realizar-se a escolha da técnica de previsão que será utilizada.

No momento da escolha de técnica, alguns fatores devem ser levados em consideração para tal, tendo em vista segmentações nas técnicas de previsão. Citam-se por exemplo as duas

grandes subdivisões iniciais das técnicas, sendo elas:

- Técnicas Qualitativas
- Técnicas Quantitativas

As técnicas Qualitativas, as quais não serão tratadas neste trabalho, tratam as análises de forma subjetiva, geralmente por especialistas da área analisada, sendo intangíveis à valores numéricos. Por outro lado, as técnicas Quantitativas se detém em dados coletados, e análise numérica dos mesmos. Ainda, estas técnicas quantitativas podem ser subdivididas em duas subdivisões à quais submetem-se suas elaborações, sendo elas:

- Previsões baseadas em Séries Temporais
- Previsões baseadas em Correlações

As supracitadas subdivisões estão representadas na figura 2, e salienta-se na imagem, a utilização de séries temporais no desenvolvimento da análise de dados presentes.

Figura 4 – Subdivisões das Técnicas de Previsão



Fonte: Tubino (2017)

### 1.5.2 Séries Temporais

As técnicas de previsão baseadas em séries temporais tomam como princípio que projeções futuras, após identificados elementos que influenciem direta ou indiretamente as particularidades contidas na progressão dos valores passados, seguirão padrões de projeções de valores progressos.

Existem, assim, diferentes elementos de alteração de curvas, como sazonalidade, tendência, variações irregulares e variações randômica, como dito por Tubino (2017), e por conseguinte, diferentes técnicas de previsão de demanda utilizando séries temporais. O

presente trabalho utilizará das técnicas de Média Móvel, Amaciamento Exponencial e Suavização Exponencial de Holt-Winters.

Para modelos em que fatores exponenciais devem ser estimados em busca de um valor ótimo, utiliza-se o Solver do Microsoft Office Excel para uma simulação. Cabe ainda salientar a necessidade de restrições para tal, considerando que os parâmetros são variáveis discretas, localizadas entre 0 e 1.

### 1.5.3 Média Móvel

“A média móvel usa dados de um número predeterminado de períodos, normalmente os mais recentes, para gerar sua previsão. A cada novo período de previsão se substitui o dado mais antigo pelo mais recente” (TUBINO, 2017). A estimativa para o período  $t$  é dada a partir da Equação 1:

$$E_t = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (1)$$

Onde:

$E_t$ : Estimativa de demanda para o período  $t$ .

$D_i$ : Demanda real no período  $i$ .

$n$ : Quantidade de períodos escolhido.

$i$ : Índice dos períodos.

O número  $n$  de períodos, escolhido de acordo com a necessidade, representa a quantidade de períodos em que será feita a média. Quanto maior o número de períodos escolhido, maior será a homogeneização de pontos díspares da curva, perdendo assim acuracidade em eventos de sazonalidade. Recomenda-se o uso em situações de comportamento estável. As técnicas de previsão baseadas em séries temporais tomam como princípio que projeções futuras, após identificados elementos que influenciem direta ou indiretamente as particularidades contidas na progressão dos valores passados, seguirão padrões de projeções de valores progressos.

### 1.5.4 Amaciamento Exponencial

O amaciamento exponencial, ou alisamento exponencial, é utilizado em séries com ausência de tendências e sazonalidades. Para tanto, considera uma sazonalidade aleatória, aplicando ponderações às series, que se amortizam ao longo do tempo, sendo essa amortização feita através de um fator  $\alpha$ , que “determina o peso dado às observações passadas mais recentes e, por conseguinte, controla a taxa de alisamento ou da média.” (Delurgio, 1998, p. 154-155). Pode-se atribuir esse método utilizando a equação 2, como demonstra-se:

$$E_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) E_{t-1} \quad (2)$$

Sendo:

$E_t$ : Estimativa de Demanda para o período ‘t’.

$E_{t-1}$ : Estimativa calculada para o período anterior.

$D_{t-1}$ : Demanda Real para o período anterior ao período sendo calculado.

$\alpha$ : Constante de Amaciamento.

t: Período avaliado.

O valor de  $\alpha$  deve ser estimado, mas com o auxílio de softwares estatísticos pode ser realizado uma simulação para ser encontrado o valor ótimo para o mesmo. No caso aplicado deste trabalho, foi usado o Solver do Microsoft Office Excel.

### 1.5.5 Suavização Exponencial de Holt-Winters

A Suavização Exponencial de Holt-Winters também utiliza técnicas de suavização às séries, mas de forma mais abrangente, tendo três fatores aplicados, um à cada elemento de instabilidade de uma série: sazonalidade, nível e tendência. Na presença de tendência ou sazonalidade, o método de Holt-Winters é o mais indicado (Samohyl, Rocha, Mattos, 2001). As estimativas são calculadas através da equação 3 do método:

$$E_{t+m} = (L_t + T_t) \times S_{t-s} \quad (3)$$

Por sua vez, temos que os fatores da equação são dados pelas equações 4, 5 e 6.

$$L_t = \alpha \times \left( \frac{D_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha) \times (L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4)$$

$$T_t = \beta \times (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1} \quad (5)$$

$$S_T = \gamma \times \left(\frac{D_t}{L_t}\right) + (1 - \gamma) \times S_{t-s} \quad (6)$$

Sendo:

$E_i$ : Previsão para o período m adiantado do atual.

$D_t$ : Demanda real do Período t

$L_i$ : Fator de Nível da Série Temporal

$T_i$ : Fator de Tendência da Série Temporal

$S_i$ : Fator de Sazonalidade da Série Temporal

t: Período analisado.

s: Tamanho do grupo de períodos pela sazonalidade

$\alpha$ : Parâmetro exponencial de amaciamento de Nível.

$\beta$ : Parâmetro exponencial de amaciamento de Tendência.

$\gamma$ : Parâmetro exponencial de amaciamento de Sazonalidade.

## 1.6 MÉTRICA COMPARATIVA DE ACURACIDADE

Ao serem realizadas as aplicações dos métodos acima, comparar-se-á as previsões com as demanda real, analisando o erro entre tais. Estes valores dos erros serão comparados quantitativamente para, assim, determinar o melhor método de previsão.

### 1.6.1 Erro Médio Absoluto

O erro médio absoluto – MAD (Mean Absolute Deviation) – é o somatório do módulo dos desvios nos n períodos analisados, dividido pelo número n períodos, como mostra a equação 7.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |X - \hat{X}_i|}{n} \quad (7)$$

Sendo:

X : Valor calculado no período i.

$\hat{X}$ : Valor calculado médio dentre todos os períodos i.

n: Períodos analisados.

Vale notar que o valor do MAD representa um somatório de valores absolutos, logo

cumulativo. Posto isso, conclui-se que quanto menor o MAD, menor o erro acumulado, sendo mais aproximado às previsões de maior acuracidade.

### 1.6.2 Erro Médio Quadrático

O erro médio quadrático – MSE (Mean Square Error) – é encontrado a partir do somatório do módulo dos desvios elevados à segunda potência, dos  $n$  períodos, dividido pelo número  $n$  de períodos, como mostra a equação 8.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (X - \hat{X}_i)^2}{n} \quad (8)$$

Sendo:

$X$  : Valor calculado no período  $i$ .

$\hat{X}$ : Valor calculado médio dentre todos os períodos  $i$ .

$n$ : Períodos analisados.

Assim como o MAD, o MSE registra o erro acumulado, logo, a previsão com menor MSE será a previsão mais próxima do cenário real. O MSE, em relação ao MAD, gera valores maiores para erros de maior magnitude, ou seja, pode causar grandes discrepâncias no valor final em casos de previsões pontuais com alta disparidade.

### 1.6.3 Erro Percentual Médio Absoluto

O erro percentual médio absoluto – MAPE (Mean Absolute Percentage Error) – é a média, no período  $n$ , dos percentuais encontrados através da razão entre os desvios e a demanda real, como mostra a equação 9.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X - \hat{X}_i|}{X} \times 100}{n} \quad (9)$$

Sendo:

$X$  : Valor calculado no período  $i$ .

$\hat{X}$ : Valor calculado médio dentre todos os períodos  $i$ .

$n$ : Períodos analisados.

Quanto menor o MAPE, maior será a precisão do método de previsão.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Tubino (2017), a sincronia entre a transmutação de estratégias para táticas, e destas para operações de produção e venda dos produtos torna um sistema produtivo tão eficiente quanto necessário. Para tanto, tem-se como departamento de apoio, o departamento de PPCP, responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos, visando alcançar as metas pré-estabelecidas. Ademais, o autor ainda evidencia a importância da previsão de demanda, sendo esta a base do planejamento estratégico de uma empresa, permitindo administradores planejar adequadamente suas ações, sendo de extrema importância ter ciência das bases às quais as técnicas estão assentadas.

Além disto, para Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015), não é possível antever eventos futuros na produção sem uma previsão de demanda efetiva, mas apenas reagir à eventualidades, sendo a mesma fundamentada em três pré-requisitos:

- Ser expressa em termos úteis para o planejamento e controle de capacidade;
- Ser tão exata quanto possível;
- Dar uma indicação de incerteza relativa;

Os itens supracitados, ao serem transcritos em seus significados práticos, trazem luz à realidade objetiva de um ambiente fabril. Isto é, não seria prático para o departamento de operacional de uma fábrica se a demanda fosse, por exemplo, descrita em valores monetários, sendo os indicadores deste ambiente descritos em peças por hora, ou litros por hora. Somando-se à este fato, a inexatidão de uma estimativa trás ônus à empresa, seja na capacidade produtiva ou ao financeiro. A capacidade de reação pode ser demorada e custosa, pensando em tempo de máquinas paradas em setup, negociação com fornecedores – especialmente se forem fornecedores internacionais -, alocação de mão-de-obra, excesso de estoques e mais. Por fim, as incertezas relativas mencionadas se referem às flutuações que ocorrem, visto a imprevisibilidade a que qualquer evento real se acomete. Tais eventos devem ser olhados sob a ótica da estatística para que sejam minimizadas as bruscas alterações inesperadas.

Por fim, Costa (2002) salienta que deve-se “considerar como as previsões irão influenciar as decisões gerenciais”, tendo-se absoluta clareza e confiança nos dados dispostos, reforçando a necessidade de um controle de todos os dados referentes ao processo produtivo.

Este trabalho realizará um estudo sobre a previsão de demanda em uma indústria, buscando encontrar um modelo matemático que mais se aproxime da demanda real para ser inserido no departamento de PPCP da empresa, através de métodos de projeção histórica, que

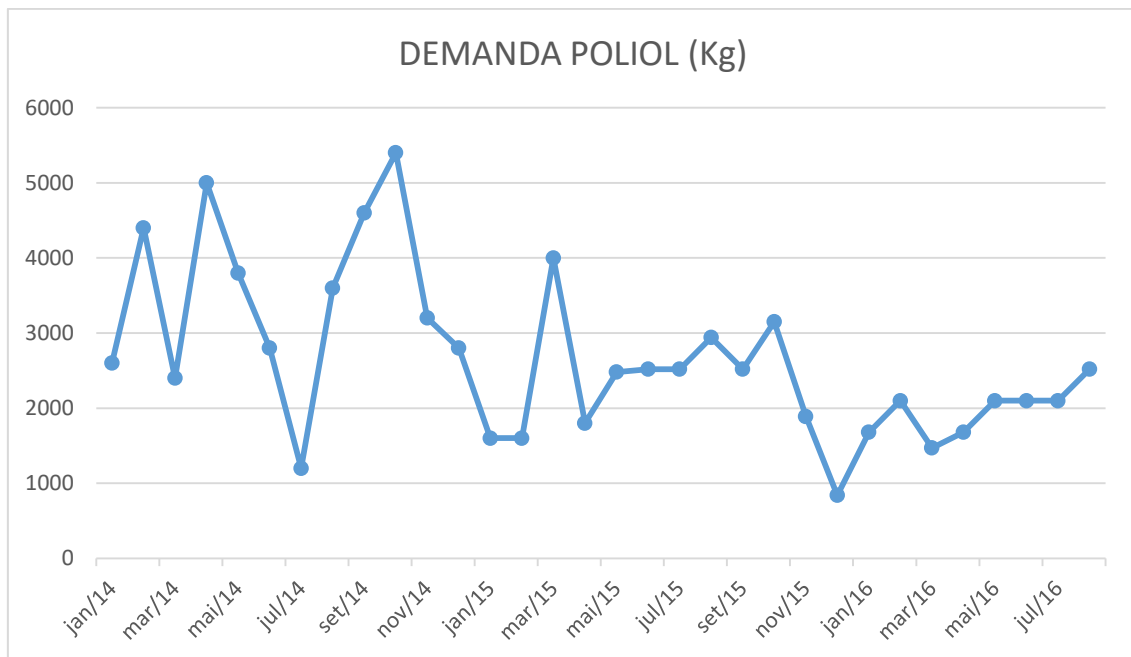
rastreiam dados existentes passados, acomodando-se à realidade a cada novo dado inserido no sistema. Tal análise permite se antever os pedidos de compra para a empresa, gerando benefícios econômicos à partir de redução de pedidos excedentes, conflitos com clientes (como multas contratuais por atraso) e custos de transporte, por exemplo. Esperam-se barreiras nesse processo em encontrar dados fiéis à realidade, devido ao fato de o trabalho ter sido desenvolvido em uma empresa com um departamento de PPCP com fraca expressão. Observa-se entretanto que isto não se mostra verdade, ao longo do texto, posto um controle rígido no setor financeiro da empresa em relação ao registro de compras do material.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 ANÁLISE DE DADOS

Postulados os métodos utilizados, bem como suas formulações, este trabalho lançará luz aos dados cedidos pela empresa em que se busca uma gestão de demanda mais apurada. Os dados representam os pedidos de compra, em quilogramas do produto, divididos por meses, entre o período de janeiro de 2014 e julho de 2016. Apresentado abaixo, a Figura 3 ilustra a curva de pedidos do Polioli, produto que será analisado. Os dados tabelados se encontram no Apêndice B.

Figura 5: Demanda real de Polioli



Fonte: Mebuki Indústria Comércio Exportação (2016).

Com estes valores tabulados, foram calculadas, como serão demonstradas adiante, através dos métodos apresentados previamente, as respectivas previsões de demanda, utilizando-se do Solver do Microsoft Excel, realizando simulações para o cálculo do valor ótimo dos parâmetros.

#### 3.2 PARÂMETROS ESPECÍFICOS

##### 3.2.1 Média Móvel

O número de período  $n$  a ser considerado para o método foi determinado através de tentativa e erro, comparando os valores das métricas comparativas de acuracidade, MAD, MSE e MAPE. O valor ótimo foi determinado como  $n = 3$ , ou seja, as médias móveis foram calculadas com base em 3 meses. Vale ressaltar que o valor de  $n = 2$  obteve valores de erro de previsão menores, portanto uma previsão mais acurada, do que para  $n = 3$ , entretanto, por ser um período muito curto, foi descartado, pois apresenta um alta sensibilidade à variações de demanda (MIDORI, 2001).

### 3.2.2 Amaciamento Exponencial

Para o método de Amaciamento Exponencial foi encontrado o valor ótimo de  $\alpha$  utilizando o Solver do Microsoft Office Excel, tendo este o valor de  $\alpha = 0,41481$ . Foram determinadas no software as restrições de que  $\alpha$  deve estar contida no intervalo entre 0 e 1. Estabelecidas as restrições, o Solver realiza simulações, com uma quantidade de simulações na ordem de  $10^5$ , buscando o menor erro possível. Encontrado o menor erro gerado pela simulação, o valor é retornado pelo software.

### 3.2.3 Suavização Exponencial de Holt-Winters

Assim como para o método anterior, utiliza-se o Solver para determinar os valores ótimos dos parâmetros de suavização no modelo de suavização exponencial de Holt-Winters.

Os valores determinados foram:  $\alpha = 0,32402$ ;  $\beta = 0,12289$ ; e  $\gamma = 0,42504$ . No momento  $t = 0$ , foi estipulado, através do Solver,  $T_0 = 0$ , e  $L_0 = 3483$ . Os períodos  $s$  foram estipulados como sendo compostos por 12 meses. Calcula-se o valor de  $s$  através da divisão da demanda real do período, pelo Índice S – média da demanda real, do período total considerado. Como exemplo, tem-se o período  $i=1$ . O Índice S é igual à 3483, calculado pela média das demandas entre  $i=1$  e  $i=12$ . Dividindo a demanda real entre  $i=1$ , que vale 2600, pelo Índice S, temos que  $s(1) = 0,746411483$ . Para simplificação, os números foram expostos arredondados. Sendo assim, os valores encontrados – aproximados - de  $S(i)$  são:

Tabela 3 – Fatores de Sazonalidade

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
s(i)	0,75	1,26	0,69	1,44	1,09	0,8	0,34	1,03	1,32	1,55	0,92	0,8

Fonte: Elaborado Pelo Autor

### 3.3 PREVISÕES DE DEMANDA

Feitos os cálculos necessários, os valores das previsões foram encontrados e analisados. Abaixo estão tabulados os valores da demanda real, e as previsões realizadas.

Tabela 4 – Demanda real e Previsões de Demanda

ORDEM	MÊS	DEMANDA REAL	MÉDIA MÓVEL	AMACIAMENTO EXPONENCIAL	HOLT-WINTERS
1	jan-14	2600	-	-	-
2	fev-14	4400	-	1079	-
3	mar-14	2400	-	2456	-
4	abr-14	5000	3133	2433	-
5	mai-14	3800	3933	3498	-
6	jun-14	2800	3733	3623	-
7	jul-14	1200	3867	3282	-
8	ago-14	3600	2600	2418	-
9	set-14	4600	2533	2908	-
10	out-14	5400	3133	3610	-
11	nov-14	3200	4533	4353	-
12	dez-14	2800	4400	3874	-
13	jan-15	1600	3800	3429	4600
14	fev-15	1600	2533	2670	4118
15	mar-15	4000	2000	2226	1814
16	abr-15	1800	2400	2962	2159
17	mai-15	2480	2467	2480	2480
18	jun-15	2520	2760	2480	2887
19	jul-15	2520	2267	2497	2520
20	ago-15	2940	2507	2506	1608
21	set-15	2520	2660	2686	2669
22	out-15	3150	2660	2617	3000
23	nov-15	1890	2870	2838	2979
24	dez-15	840	2520	2445	2021
25	jan-16	1680	1960	1779	1680
26	fev-16	2100	1470	1738	1872
27	mar-16	1470	1540	1888	1561
28	abr-16	1680	1750	1715	1012
29	mai-16	2100	1750	1700	1623
30	jun-16	2100	1750	1866	2129
31	jul-16	2100	1960	1963	1674

Fonte: Elaborado Pelo Autor

A partir das previsões, foram calculados os valores específicos de MAD, MSE e MAPE, para, por fim, serem realizadas as comparações entre a acuracidade dos métodos de previsão

propostos. Deve-se elucidar, neste momento, a escolha métrica comparativa de acuracidade MAD, como a adotada para selecionar o método mais eficaz, tendo em vista que a mesma considera o erro cumulativo médio, mas que diferentemente da MSE, não gera maiores valores para erros maiores. Enfim, obtêm-se os seguintes valores da métrica:

Tabela 5 – Erros de Previsão dos Métodos

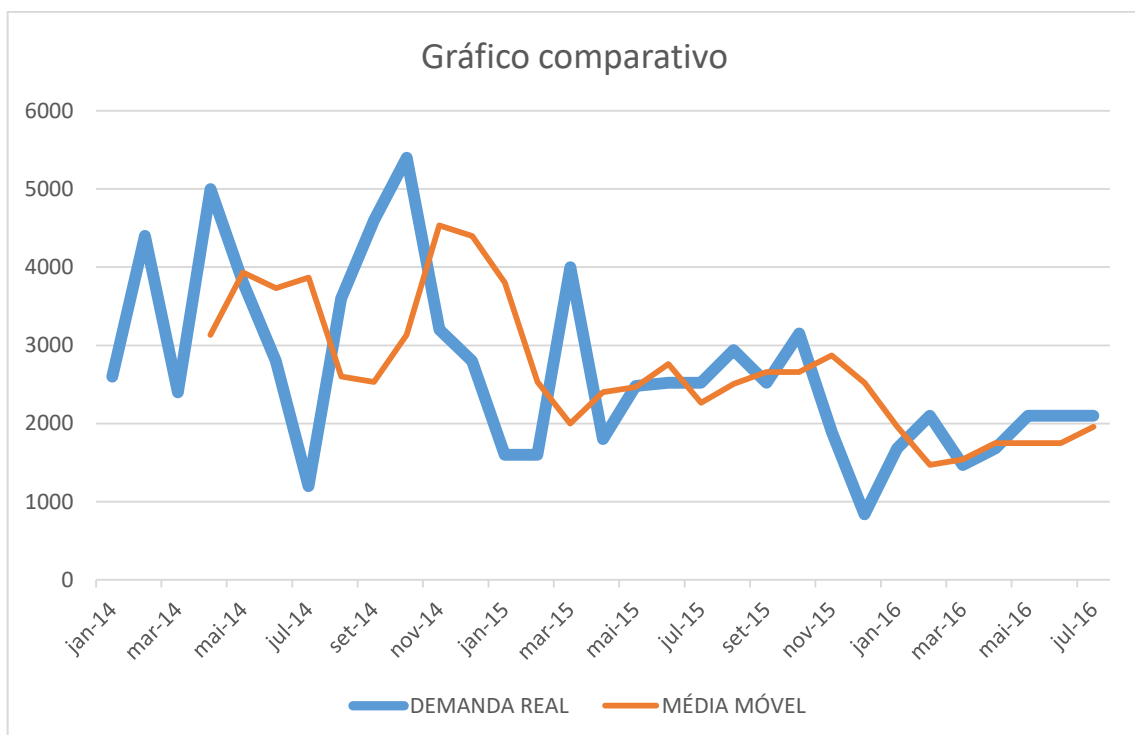
MÉTRICA	MÉDIA MÓVEL	AMACIAMENTO EXPONENCIAL	HOLT-WINTERS
MAD	614,00	897,12	764,20
MSE	597.509,63	1.497.911,54	1.338.281,05
MAPE	0,28	0,39	0,42

Fonte: Elaborado Pelo Autor

Ao comparar os valores de MAD entre os métodos, encontramos um menor valor para a técnica de Média Móvel, significando um menor erro acumulado, e uma maior aproximação da realidade.

Lançando luz à demanda prevista, plotam-se os dados, obtendo a curva representada na Figura 6:

Figura 6 – Gráfico comparativo entre demanda real e previsões realizadas.



Fonte: Elaborado Pelo Autor

Observa-se o período de janeiro/2014 à março/2014 sem resultados devido à necessidade de um período do histórico, referente aos  $n$  períodos, como citado anteriormente. É notável a aproximação dos valores encontrados pelo modelo, e aqueles valores de demanda real.

### 3.4 ANÁLISE DE CUSTOS

A partir dos valores encontrados pela previsão, conflita-se com os custos efetivos realizados. A empresa em questão declarou não ter realizado pagamento de horas extras no período analisado, sendo utilizado o sistema de banco de horas. Dessa forma, tal cálculo será desconsiderado para análise de custos.

O Custo de Estoque, assim como calculado por Costa, M (2002), pode ser obtido na Equação 10:

$$\text{Custo de Estoque} = Q_e \times [C_l(\%s + \%cg)], \quad (10)$$

Sendo:

$Q_e$ : Quantidade de lotes em Estoque

$C_l$ : Custo unitário do lote

$\%s$ : Custo pago ao seguro por lote

$\%cg$ : Capital de Giro perdido por lote parado no estoque.

Deve-se levar em consideração que cada lote de produto mantido em estoque é descontado da produção do mês seguinte.

De acordo com dados cedidos pela empresa, e conforme já abordado anteriormente, a demanda planejada é subjetiva e levada em consideração a experiência do gerente de fábrica, normalmente sendo fixado em um valor e revisado à cada ano, se necessário. Compara-se o estoque real com o estoque que ocorreria caso o método de previsão de demanda de média móvel fosse aplicado. Em casos de valores de estoque negativos, a empresa em questão faz uso do banco de horas dos funcionários para produção integral da demanda real. Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 6:

Tabela 6 – Quantidade de estoque ao longo do tempo

ORDEM	MÊS	DEMANDA REAL	DEMANDA PLANEJADA	MÉDIA MÓVEL	ESTOQUE REAL	ESTOQUE MÉDIA MÓVEL
1	jan/14	2600	2800	-	200	-
2	fev/14	4400	2800	-	-1400	-
3	mar/14	2400	2800	-	-1000	-
4	abr/14	5000	2800	3133	0	0
5	mai/14	3800	2800	3933	0	133
6	jun/14	2800	2800	3733	0	1066
7	jul/14	1200	2800	3867	1600	3733
8	ago/14	3600	2800	2600	0	0
9	set/14	4600	2800	2533	0	0
10	out/14	5400	2800	3133	0	0
11	nov/14	3200	2800	4533	0	1333
12	dez/14	2800	2800	4400	0	2933
13	jan/15	1600	2800	3800	1200	5133
14	fev/15	1600	2800	2533	2400	6066
15	mar/15	4000	2800	2000	0	0
16	abr/15	1800	2800	2400	1000	600
17	mai/15	2480	2800	2467	1320	0
18	jun/15	2520	2800	2760	1600	240
19	jul/15	2520	2800	2267	1880	0
20	ago/15	2940	2800	2507	0	0
21	set/15	2520	2800	2660	280	140
22	out/15	3150	2800	2660	0	0
23	nov/15	1890	2800	2870	910	980
24	dez/15	840	2800	2520	2870	2660
25	jan/16	1680	2800	1960	3990	2940
26	fev/16	2100	2800	1470	4690	0
27	mar/16	1470	2800	1540	6020	70
28	abr/16	1680	2800	1750	7140	140
29	mai/16	2100	2800	1750	7840	0
30	jun/16	2100	2800	1750	8540	0
31	jul/16	2100	2800	1960	9240	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao aplicar-se a Equação 10 aos valores obtidos na Tabela 6, tem-se os valores de custo demonstrados na Tabela 7:

Tabela 7 – Custo por quantidade de estoque ao longo do tempo

ORDEM	MÊS	ESTOQUE REAL	ESTOQUE MÉDIA MÓVEL	CUSTO REAL		CUSTO MÉDIA	
1	jan/14	200	-				
2	fev/14	-1400	-				
3	mar/14	-1000	-				
4	abr/14	0	0	R\$	-	R\$	-
5	mai/14	0	133	R\$	-	R\$	225,44
6	jun/14	0	1066	R\$	-	R\$	1.806,87
7	jul/14	1600	3733	R\$	2.712,00	R\$	6.327,44
8	ago/14	0	0	R\$	-	R\$	-
9	set/14	0	0	R\$	-	R\$	-
10	out/14	0	0	R\$	-	R\$	-
11	nov/14	0	1333	R\$	-	R\$	2.259,44
12	dez/14	0	2933	R\$	-	R\$	4.971,44
13	jan/15	1200	5133	R\$	2.034,00	R\$	8.700,44
14	fev/15	2400	6066	R\$	4.068,00	R\$	10.281,87
15	mar/15	0	0	R\$	-	R\$	-
16	abr/15	1000	600	R\$	1.695,00	R\$	1.017,00
17	mai/15	1320	0	R\$	2.237,40	R\$	-
18	jun/15	1600	240	R\$	2.712,00	R\$	406,80
19	jul/15	1880	0	R\$	3.186,60	R\$	-
20	ago/15	0	0	R\$	-	R\$	-
21	set/15	280	140	R\$	474,60	R\$	237,30
22	out/15	0	0	R\$	-	R\$	-
23	nov/15	910	980	R\$	1.542,45	R\$	1.661,10
24	dez/15	2870	2660	R\$	4.864,65	R\$	4.508,70
25	jan/16	3990	2940	R\$	6.763,05	R\$	4.983,30
26	fev/16	4690	0	R\$	7.949,55	R\$	-
27	mar/16	6020	70	R\$	10.203,90	R\$	118,65
28	abr/16	7140	140	R\$	12.102,30	R\$	237,30
29	mai/16	7840	0	R\$	13.288,80	R\$	-
30	jun/16	8540	0	R\$	14.475,30	R\$	-
31	jul/16	9240	0	R\$	15.661,80	R\$	-
			Soma	R\$	105.971,40	R\$	47.743,07

Fonte: Elaborado pelo autor

Desta forma, observa-se que aplicando o modelo de Média Móvel, a empresa teria uma economia de R\$ 58.228,34, considerando os indicadores propostos, atendendo a demanda, e ao fim do ciclo analisado teria os estoques zerados.

## 4 CONCLUSÃO

Realizadas as análises dos modelos através das métricas propostas, podem ser realizadas algumas considerações. Em primeiro lugar, é possível observar uma aproximação das estimativas em relação às demandas reais, assim como proposto pela literatura. Faz-se valer, também, assim como mencionado ao longo do trabalho, que nem sempre modelos mais complexos são mais eficazes que os modelos “simples”, como podemos observar ao longo dos resultados.

O modelo de Média Móvel mostrou-se o mais próximo à realidade, entre todas as métricas realizadas, pois ao avaliarmos os indicadores de erros acumulados, MAD, MSE e MAPE, a Média Móvel se mostra a com menor valor de erro entre a previsão e a demanda real. É aconselhável à empresa incluir o modelo em seus métodos de tomada de decisões, a princípio como suporte, e eventualmente, caso se prove realmente efetivo ou se aplicado alguma pesquisa futura de adequação, como método definitivo para a tomada de decisões.

Tanto o modelo de Amaciamento exponencial, quanto o modelo de Suavização exponencial de Holt-Winters não se mostraram tão efetivos. Como a literatura sugere, isso pode ocorrer devido à falta de fatores influenciadores de tendência, nível ou sazonalidade. Sugere-se a de estudos futuros para a aplicação dos modelos em caso de defasagem do modelo proposto pelo trabalho, ou em eventuais adequações de produção relacionadas à capacidade de de projeto e capacidade produtiva efetiva, fazendo as devidas análises dos processo fabril como um todo.

É de bom tom ressaltar, que para futuras análises as métricas comparativas de acuracidade podem ser reavaliadas, em vista de uma falta de objetividade dos resultados trazidos pelos valores resultantes das métricas. Estes valores foram tratados subjetivamente por não conterem valores absolutos a serem atingidos, mas sim comparativos entre si. A tomada de decisão entre qual das três métricas também foi realizada de forma subjetiva, posto que não foram encontrados estudos comprobatórios de superioridade entre um indicador e outro.

Por fim, à empresa fica como contribuição deste trabalho a indicação de implementação do modelo proposto, e a sugestão para um estudo complementar de custos relacionado transportes, sublocações, e eventuais encargos gerados pela má administração da gestão de demanda do processo produtivo, e a extensão da aplicação dos modelos para outros produtos de uso, finalidade e aquisição semelhantes. Para a Academia, fica a sugestão de aprofundamento nos métodos de modelagem de previsão de demanda, visto à escassez de

material prático aplicado, especialmente na Suavização Exponencial de Holt-Winters, método complexo e de pouca abordagem em artigos científicos. Em demandas complexas que reagem à fatores externos, como demandas cíclicas, níveis de crescimento e tendências, poderiam ser tais modelos aplicados, e gerar conhecimento teórico para aplicações práticas futuras.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **Manual on cutting of metals:** with single-point tolls. 2nd. ed. New York: ASME, 1980. 546 p.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados:** sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/indust/default.asp>. Acesso em: 17 set. 2016.

CASTRO, P.B. **Desenvolvimento de modelo auto regressivo para a previsão de demanda de produtos de uma indústria do setor de cosméticos.** 2015. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2015.

CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sobre o CIESP.** Disponível em: <http://www.ciesp.com.br/sobre-o-ciesp/>. Acesso em: 17 set. 2016.

CORDEIRO, B.A.F; RANIERI, J.R.; RODRIGUES, N.A.C.; FERREIRA, V.T.S. Aplicação do modelo de média exponencial para a realização da previsão de demanda do setor leiteiro no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza: ABEPRO, 2015.

COSTA, M. Y. P. **Determinação da capacidade produtiva a partir da previsão de demanda.** 2002. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2015.

DELURGIO JÚNIOR, Stephen A. **Forecasting principles and applications.** New York: Irwin/McGraw-Hill, 1998.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UECE – Universidade Estadual do Ceará, 2002.

GERDHART, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estrutura.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/disseminacao/eventos/missao/instituicao.shtm>. Acesso em: 17 set. 2016.

PEREIRA, B.M. *et al.* Gestão da demanda: um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte de Jaguaré. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza: ABEPRO, 2015.

PAGANELLI, S. S. *et al.* Análises de modelos quantitativos de previsão da demanda: ajuste e otimização de modelos à demanda do adesivo comum em uma gráfica na cidade de Belém-PA

In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza: ABEPRO, 2015.

SAMOHYL, R. W.; ROCHA, R.; MATTOS, V.L.D. **Utilização do método de Holt-Winters para previsão do leite entregue às indústrias catarinenses.** 2001. 8 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

## ANEXO A

Tabela 8 – Variação da produção Física Industrial, por seções e atividades industriais -  
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico

Mês	Variação percentual mês/mês imediatamente anterior com ajuste sazonal	Variação percentual mensal	Variação percentual acumulada no ano	Variação percentual acumulada nos últimos 12 meses
jan/14	1,5%	-0,2%	-0,2%	0,7%
fev/14	1,5%	6,9%	3,2%	1,3%
mar/14	-1,0%	0,9%	2,4%	1,7%
abr/14	-0,4%	-5,0%	0,4%	0,7%
mai/14	-1,2%	-4,2%	-0,5%	0,5%
jun/14	-6,0%	-11,3%	-2,3%	-0,7%
jul/14	1,3%	-10,0%	-3,5%	-1,9%
ago/14	3,1%	-8,0%	-4,1%	-2,6%
set/14	4,3%	-0,9%	-3,7%	-2,9%
out/14	-2,5%	-2,8%	-3,6%	-3,3%
nov/14	-0,5%	-4,2%	-3,7%	-3,7%
dez/14	-2,1%	-2,1%	-3,6%	-3,6%
jan/15	0,0%	-4,6%	-4,6%	-3,9%
fev/15	1,5%	-6,9%	-5,7%	-4,9%
mar/15	-3,6%	-2,6%	-4,7%	-5,2%
abr/15	-1,8%	-8,1%	-5,5%	-5,5%
mai/15	-2,3%	-10,8%	-6,6%	-6,0%
jun/15	-2,7%	-4,8%	-6,3%	-5,5%
jul/15	-2,1%	-9,3%	-6,7%	-5,4%
ago/15	0,2%	-10,5%	-7,2%	-5,6%
set/15	-1,3%	-15,4%	-8,1%	-6,9%
out/15	0,1%	-13,1%	-8,7%	-7,8%
nov/15	-0,8%	-12,2%	-9,0%	-8,5%
dez/15	-0,4%	-13,1%	-9,3%	-9,3%
jan/16	-0,5%	-14,8%	-14,8%	-10,1%
fev/16	-1,8%	-15,5%	-15,2%	-10,8%
mar/16	-3,2%	-16,8%	-15,7%	-12,1%
abr/16	2,4%	-10,2%	-14,4%	-12,3%
mai/16	2,5%	-6,1%	-12,8%	-11,9%
jun/16	2,5%	-1,8%	-11,1%	-11,7%
jul/16	1,3%	-2,8%	-10,0%	-11,2%

Fonte: IBGE (2016).

## ANEXO B

Tabela 9 – Demanda real de polioli no período de 2014 à 2016

ORDEM	MÊS	DEMANDA POLIOL (Kg)
1	jan/14	2600
2	fev/14	4400
3	mar/14	2400
4	abr/14	5000
5	mai/14	3800
6	jun/14	2800
7	jul/14	1200
8	ago/14	3600
9	set/14	4600
10	out/14	5400
11	nov/14	3200
12	dez/14	2800
13	jan/15	1600
14	fev/15	1600
15	mar/15	4000
16	abr/15	1800
17	mai/15	2480
18	jun/15	2520
19	jul/15	2520
20	ago/15	2940
21	set/15	2520
22	out/15	3150
23	nov/15	1890
24	dez/15	840
25	jan/16	1680
26	fev/16	2100
27	mar/16	1470
28	abr/16	1680
29	mai/16	2100
30	jun/16	2100
31	jul/16	2100
32	ago/16	2520

Fonte: Mebuki Indústria Comércio Exportação (2016).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MEBUKI INDÚSTRIA COMÉRCIO EXPORTAÇÃO. **Produção de assentos sanitários.** Dados confidenciais cedidos pela empresa. 2016.