

ANÁLISE E APLICAÇÃO DO MÉTODO QUANTITATIVO DE PREVISÃO DE DEMANDA COM MÉDIAS MÓVEIS: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE FIOS E CABOS ELÉTRICOS



EDITORA KREATIK

Matheus das Neves Almeida
Camila Sepúlveda Gomes
Adrysla Eduarda Soares Guimarães
Kelly Francys de Carvalho Lopes
Francisco de Tarso Ribeiro Caselli
Pedro Filipe da Conceição Pereira
Rener Antônio Melo Nascimento

Matheus das Neves Almeida
Camila Sepúlveda Gomes
Adrysla Eduarda Soares Guimarães
Kelly Francys de Carvalho Lopes
Francisco de Tarso Ribeiro Caselli
Pedro Filipe da Conceição Pereira
Renner Antônio Melo Nascimento

ANÁLISE E APLICAÇÃO DO MÉTODO QUANTITATIVO DE PREVISÃO DE DEMANDA COM MÉDIAS MÓVEIS: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE FIOS E CABOS ELÉTRICOS

**EDITORA KREATIK
ITAJUBÁ – BRASIL
2020**

© 2020 – KREATIK

editora.kreatik.com.br

✉ publicacao@kreatik.com.br

Editoração, Arte e Capa: Editora Kreatik

Editor(a) Chefe: Thaise Ribeiro Luz

Revisão: Respectivos autores

Conselho Editorial

Prof. Me. Ernany Daniel de Carvalho Gonçalves

Prof. Me. João Paulo Chaves Barbosa

Prof. Me. Vinicius de Carvalho Paes

A532 Análise e aplicação do método quantitativo de previsão de demanda com médias móveis: estudo de caso em uma indústria de fios e cabos elétricos / Matheus das Neves Almeida... [et al.]. Itajubá, MG: Editora Kreatik, 2020. 25p. : il.

Formato: PDF

Requisito de Sistema: Adobe Acrobat Reader

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-990896-6-4

1. Planejamento. 2. Programação. 3. Controle da Produção. 4. Engenharia de Produção. I. Almeida, Matheus das Neves. II. Gomes, Camila Sepúlveda. III. Guimarães, Adrysla Eduarda Soares. IV. Lopes, Kelly Francys de Carvalho. V. Caselli, Francisco de Tarso Ribeiro. VI. Pereira, Pedro Filipe da Conceição. VII. Nascimento, Rener Antônio Melo.

CDD: 620

O conteúdo científico presente nesta publicação é de **responsabilidade** exclusiva dos seus respectivos **autores**.

SUMÁRIO

RESUMO	4
INTRODUÇÃO	5
REFERENCIAL TEÓRICO	6
PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	6
PREVISÃO DA DEMANDA	6
MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS	7
Média móvel simples	7
Média móvel ponderada	8
Média móvel exponencial.....	8
MEDIDAS DE DESEMPENHO DOS MODELOS	9
METODOLOGIA	11
POPULAÇÃO E AMOSTRA	11
PROCEDIMENTOS PARA OBTENÇÃO DOS DADOS	11
Variáveis e indicadores	11
Ferramenta de coleta de dados	12
TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS	12
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	14
PRIORIZAÇÃO DOS PRODUTOS	14
ANÁLISE PRELIMINAR DAS SÉRIES TEMPORAIS	15
Análise da média móvel	15
Análise da média móvel simples	15
Análise da média móvel ponderada	16
Análise da média móvel exponencial.....	18
MEDIDAS DE DESEMPENHO DAS SÉRIES TEMPORAIS	19
SOBRE OS AUTORES	24

O planejamento, programação e controle da produção é primordial para a otimização dos processos em qualquer organização. A previsão de demanda parte do princípio de antecipar a produção de produtos que irão ser comercializados, atendendo a necessidade de potenciais clientes, com melhores prazos e redução de custos. O presente artigo tem o objetivo de aplicar métodos quantitativos de previsão de demanda baseados em séries temporais em uma indústria de fios e cabos elétricos, de forma a determinar o melhor método de médias móveis representativo da previsão de demanda da empresa. Com o auxílio do *software* Microsoft Excel, os resultados da análise apresentaram o comportamento de cada um dos modelos semelhantes ao perfil dos dados originais, entretanto demonstravam erros visualmente perceptíveis. Os erros serviram para a definição do melhor modelo, e foram consideradas a Média Absoluta dos Erros, Média Absoluta Percentual dos Erros e Raiz dos Erros Quadráticos Médios. O modelo escolhido foi o de Média Móvel Ponderada com a perspectiva de seis meses.

Palavras-chave: Previsão de demanda, séries temporais, médias móveis.

Diante de um mercado competitivo e dinâmico, torna-se um desafio para as organizações acompanhar as constantes alterações de demanda. A previsão de demanda se configura um dos itens de estudo mais importante na definição de sistemas de produção, muito utilizada pelo Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) (TUBINO, 2009). Mesmo com as oscilações e dúvidas no mercado globalizado, gestores pesquisam as melhores condições com suporte aos processos decisórios, pois é necessário obter matérias-primas, equipamentos, treinamentos, ajustes no quadro pessoal e realizar investimentos (PINTO, 2015).

Inserir a previsão de demanda torna-se um diferencial das organizações se aplicada como base no processo de planejamento estratégico, pois mantém a organização em um alto patamar competitivo no mercado, reduzindo custos, melhorando prazos, otimizando investimentos e buscando a satisfação dos clientes. (ALMEIDA, 2014).

Fernandes e Godinho Filho (2010), afirmam que a escolha do método de previsão depende de um maior conhecimento de cada método e do comportamento dos dados. Tais métodos são divididos em três tipos de abordagens: qualitativa, causal e por séries temporais. Para estes autores, os métodos baseados em séries temporais seguem o princípio de que os mesmos fatores que influenciaram o passado influenciarão no futuro.

Segundo a Classificação Nacional das Atividades Econômicas (2016), o setor de fabricação de fios e cabos elétricos, setor onde está inserida a empresa utilizada neste estudo de caso, apresenta dificuldade tanto para sobressair-se no cenário competitivo, quanto para atender a demanda no tempo certo das necessidades dos clientes. Por este motivo, é fundamental utilizar ferramentas para fazer previsões de mercado a médio e longo prazo. A empresa em estudo, conta até então com métodos qualitativos de previsão de vendas, por este motivo, uma análise quantitativa mais elaborada de previsão somada aos métodos qualitativos abordados na empresa, será de grande contribuição para o crescimento desta.

Este estudo é baseado na análise dos dados de vendas passadas, por determinação da qualidade de informação sem interferência de aspectos externos ou opiniões de especialistas. Assim, tem como objeto de estudo a análise de previsão de demanda sob a ótica dos métodos quantitativos de séries temporais. Foram utilizados os principais métodos de previsão de demanda baseado em séries temporais: médias móveis simples, ponderada e exponencial.

O objetivo primordial deste artigo é baseado em determinar o melhor modelo representativo de previsão de demanda, a partir do histórico de vendas, de uma empresa produtora de fios e cabos de cobre, entre os modelos de séries temporais de médias móveis.

PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Entre as maiores contribuições do PCP está a de equalizar a demanda com a capacidade de produção no curto, médio e longo prazos, de forma a manter disponibilidade de atendimento e ainda assim conseguir estabelecer um nível de utilização que mantenha a organização competitiva em termos de produção (Olhager e Johansson, 2012).

Pode-se afirmar que as atividades do PPCP têm papel fundamental na conciliação daquilo que o mercado deseja (demanda) com aquilo que podemos e temos capacidade produtiva de oferecer (oferta), (MEIRELLES et al, 2015). De modo que, aumentar a eficiência e a eficácia do processo produtivo como um todo é a principal finalidade do Planejamento, Programação e Controle de Produção (DIAS, 2015).

Desta forma, a integração entre a previsão de demanda e o planejamento, aumenta a possibilidade de aptidão da empresa a oportunidades e riscos do mercado, aumentando a possibilidade do sucesso, devido ao uso da previsão de demanda minimizando os riscos nas tomadas de decisões operacionais e também possíveis perdas resultantes de incertezas (PINTO, 2015).

PREVISÃO DA DEMANDA

Segundo Mancuzo (2013), previsão de demanda na área de produção de bens tem a finalidade de prever o consumo de produtos, de maneira que eles possam ser produzidos antecipadamente e nas quantidades mais próximas da demanda real. Complementa ainda, que a previsão de demanda pode ser orientada a partir de diversos métodos que vão desde o julgamento, intuição, metas, passando por fatores macroeconômicos, até técnicas de previsão baseada em dados passados.

Sem estas previsões, as empresas não possuem as informações essenciais capazes de auxiliar na realização de um planejamento adequado para futuros eventos inesperados, podendo, apenas, reagir a estes acontecimentos. Sendo por conseqüência, um diferencial competitivo para a organização. (SLACK et al., 2007).

Tubino (2009) e Fernandes e Godinho Filho (2010) estabelecem cinco etapas principais para a obtenção da previsão da demanda, dividindo-se em: objetivo do modelo, coleta e análise de dados, seleção da técnica de previsão, obtenção das previsões e monitoração do modelo.

Alguns métodos de previsão diferentes estão disponíveis para que as organizações identifiquem o modelo mais viável para cada situação. De acordo com Peinado (2007), as técnicas de previsão de demanda podem ser divididas em quatro grandes grupos principais de modelos: Modelos qualitativos; Modelos de composição de séries temporais; Modelos de previsão

causais e Modelos de simulação da demanda.

Contudo, os métodos podem ser divididos em qualitativos, quantitativos e uma combinação destes dois métodos (PELLEGRINI & FOGLIATTO, 2000). Onde, uma previsão baseada em dados subjetivos, compreende-se em modelos qualitativos (SLACK et al., 2009). Contrário a isto, os modelos quantitativos utilizam dados históricos, passados, dispensando interferências de palpites, opiniões e dependência (CORRÊA, 2009).

De acordo com o objetivo deste artigo, os modelos quantitativos serão frisados. Sendo estes modelos quantitativos, subdivididos em modelos causais e modelos baseados em séries temporais. Onde, os métodos quantitativos de previsão de séries temporais utilizam dados históricos para formar uma previsão, enquanto que, métodos causais representam métodos de previsão quando a previsão final é impulsionada por grupo de variáveis independentes por fatores que afetam variável dependente que é nível de demanda (HART; RASNER; LUKOSZOVÁ, 2012).

MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS

Segundo Cecatto (2009), modelos baseados em séries temporais são funções presentes em várias áreas do conhecimento e em vários instantes de tempo, essa análise necessita de um maior detalhamento e quantidade de dados, aumentando a sua acuracidade. Para isto, este método utiliza um número razoável de dados históricos para poder fazer a projeção da demanda, a tendência e variações sazonais nas séries de tempo devem ser estáveis e precisas para uma previsão mais coerente com o real (BALLOU, 2006).

Peinado e Graeml (2007) afirmam que os modelos de decomposição de série temporais se fundamentam no estudo da demanda anterior para projetar a demanda futura de produtos que possuam históricos de vendas e uma situação estável no seu ciclo de vida, não sofrendo tantas variações de um período para outro.

Entre os principais objetivos para se estudar série temporais, estão: descrever as propriedades das séries, caracterizando o padrão da tendência, a existência de variações sazonais ou alterações estruturais; prever demandas futuras com base em dados passados; controle de processos (EHLERS, 2007).

Dentre os métodos de previsão de demanda baseados em séries temporais serão abordados neste estudo os métodos de médias móveis simples, ponderada e exponencial.

Média móvel simples

De acordo com Ballou (2006), em uma série temporal, cada item de uma média móvel é a média de um número de pontos subsequentes das séries. Esse mesmo número de pontos de dados é utilizado para excluir os efeitos sazonais e irregulares. A Equação 1 mostra como pode ser obtida a média móvel simples.

$$F_t = \left(\frac{1}{N}\right) + \sum_{i=t-N}^{t-1} D_i = \left(\frac{1}{N}\right) (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N}) \quad (1)$$

Dado que:

F_t = Previsão para o período t;

D_i = demanda ocorrida no período i;

N = número de períodos;

i = índice do período (i = 1,2,3,..).

O mesmo autor afirma que para uma nova previsão precisa-se apenas calcular a diferença entre a demanda mais recente e a demanda de N períodos, a fim de atualizar a previsão. Conforme essa afirmação, pode ser descrito a Equação 2 a seguir.

$$F_t = \left(\frac{1}{N}\right) + \sum_{i=t-N+1}^t D_i = \left(\frac{1}{N}\right) [D_t + \sum_{i=t-N}^{t-1} D_i - D_{t-N}] = F_t + \left(\frac{1}{N}\right) [D_t - D_{t-N}] \quad (2)$$

Dados que:

N = número de períodos

D_t = Demanda no período t

D_i = Demanda no período i

t = período

Média móvel ponderada

Este modelo consiste em uma variação da média móvel simples, aplicado para demandas que, também não manifestem indícios de tendência ou sazonais. É sugerido que para a facilidade nos cálculos e obtenção das previsões seja utilizada a soma dos pesos igual a um, de acordo com a Equação 4. O cálculo da média móvel ponderada, é apresentado na Equação 3.

$$P_j = (D_1 \times PE_1) + (D_2 \times PE_2) + (D_3 \times PE_3) + \dots + (D_n \times PE_n) \quad (3)$$

$$\text{Sendo: } PE_1 + PE_2 + PE_3 + \dots + PE_n = 1 \quad (4)$$

Dados que:

D_n = Demanda no período n

D_i = Demanda no período i

PE = peso das demandas em cada período

Média móvel exponencial

Na média móvel exponencial, acontece o decréscimo do peso de cada observação em relação ao tempo em progressão geométrica, de forma exponencial (TUBINO, 2009). A Equação 5 apresenta essa situação e Equação 6 expõe a equação para a obtenção de alfa:

$$F_{t+1} = \alpha A_t + (1 - \alpha)F_t \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{2}{(n+1)} \quad (6)$$

Onde:

t = período do tempo atual;

α = constante de ponderação exponencial;

A_t = demanda no período t;

F_t = previsão para o período t;

N = número de períodos de horizonte.

MEDIDAS DE DESEMPENHO DOS MODELOS

Werner e Ribeiro (2006) acreditam que após realizar o estudo da previsão de demanda é de suma importância e essencial para a avaliação do modelo a aplicação das medidas de erros, que podem ser: Média absoluta dos erros (MAE), Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM) e Média Absoluta Percentual do Erro (MAPE). O erro de previsão é utilizado para auxiliar na escolha do modelo de previsão. Assim, os métodos que possuem os menores erros, de acordo com as medidas de erro previamente escolhidas, são os candidatos a serem utilizados na elaboração da previsão.

O Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE) no estudo de Chiang, Lin e Suresh(2016) foi utilizado para determinar qual método de previsão produz resultados mais precisos e estimativas mais acuradas, consistindo em analisar a margem de diferença entre a demanda estimada e o real. O MAPE utilizado para avaliar o modelo é apresentado da seguinte forma na Equação 7 a seguir:

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{|D_t - \hat{D}_t|}{D_t} \times \frac{1}{n} \quad (7)$$

Onde,

D_t = a demanda real no período t

\hat{D}_t = demanda prevista para o período t

n = número de períodos

A Média Absoluta dos Erros (MAE) é outro método para o acompanhamento do desempenho dos modelos de previsão e consiste na soma dos desvios absolutos dos períodos dividida pelo número de períodos. O MAE é representado pela equação 8 (TUBINO, 2009).

$$MAE = \frac{\sum |D_{atual} - D_{prevista}|}{n} \quad (8)$$

Onde:

D_{atual} = demanda ocorrida no período

$D_{prevista}$ = demanda prevista no período

n = número de períodos.

Outro método para medição da acurácia da previsão é a Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM), que penaliza os erros proporcionais aos seus quadrados (TRATAR; MOJŠKERC; TOMAN, 2016). A fórmula para a obtenção do REQM é demonstrada na Equação 9.

$$REQM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_{atual} - D_{prevista})^2}{n}} \quad (9)$$

Dado que:

D_{atual} = demanda ocorrida no período;

$D_{prevista}$ = demanda prevista no período;

n = número de períodos

POPULAÇÃO E AMOSTRA

O presente trabalho possui uma amostragem não probabilística. Ela seleciona os elementos para a amostra com base em premissas em relação à população de interesse. É uma amostragem que informa como é um universo, mas não permite saber com que precisão: não é possível estabelecer uma margem de erro e níveis de confiança (OCHOA, 2015).

O tipo de amostra é não probabilístico por julgamento, onde o pesquisador usa o seu julgamento para selecionar os membros da população que são boas fontes de informação precisa (SHIFFMAN E KANUK, 2000).

A população será determinada levando em consideração que, com os recursos financeiros normalmente escassos, prevalece o direcionamento para os itens com maior impacto no desempenho financeiro das empresas. Dessa forma, um método bastante comum que pode determinar o direcionamento dos recursos é a classificação ABC, onde a variável classificatória desse método pode ser fornecida através da relação entre a demanda e preço dos itens, onde vai gerar percentuais, que podem ser classificados como A os 20% dos itens que correspondem em média 80% do faturamento (MOTA et al, 2010).

PROCEDIMENTOS PARA OBTENÇÃO DOS DADOS

Variáveis e indicadores

Em uma pesquisa as variáveis são as características ou as dimensões, em que serão elegidas como relevantes pelo pesquisador para sua investigação (TURRIONI; MELLO, 2012). As variáveis envolvidas para realizar essa pesquisa foram divididas em duas dimensões, uma para realizar a classificação ABC e outra para a previsão da demanda, expostas no Quadro 5.

Quadro 5 - Variáveis e indicadores

Dimensão 1 – Classificação ABC	
Variáveis	Indicadores
Quantidades vendidas	Produtos (kg)
Tempo	Mês
Dimensão 2 – Previsão da Demanda	
Variáveis	Indicadores
Demanda	Produtos (kg)
Tempo	Mês

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

O Quadro 5 retrata na dimensão 1 as variáveis e indicadores que serão necessários para poder aplicar a classificação da população que será analisada, por meio das quantidades vendidas dos produtos em unidades e o preço das mesmas, para a partir disso poder selecionar a família de produtos base para realizar a previsão de demanda, essa classificação utilizará como base três meses para poder obter o resultado esperado. Em seguida na dimensão 2, a previsão de demanda será abordada a partir de duas variáveis principais a demanda, ou seja, a quantidade vendida em unidades em um tempo de 52 meses (4 anos e 4 meses), afim de obter uma melhor precisão dos resultados.

Ferramenta de coleta de dados

Para realizar o procedimento de coletas de dados, serão extraídas as informações mais relevantes para a pesquisa, onde a coleta acontecerá na empresa X no banco de dados do *software* ERP (*Enterprise Resource Planning*) existente, no qual será filtrado todas as variáveis inerentes para poder realizar a pesquisa e analisar os dados. É importante ressaltar que, por se tratar de informações que devem ser confidenciais à empresa, esses dados não serão especificados e apresentados nos resultados, focando somente na análise do desempenho que cada método apresentar através da investigação das estatísticas.

TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Após o levantamento dos dados, estes serão organizados de forma sistêmica para uma análise detalhada, buscando os objetivos desta pesquisa. O processo de tratamento dos dados será iniciado por meio de uma tabulação e organização das informações obtidas no software da empresa exposto na subseção 3.2.2, elaborado especificamente para essa etapa com o auxílio de planilha eletrônica do *software* Microsoft Excel. Os dados tratados irão ser analisados estatisticamente por meio dos programas Microsoft Excel.

Assim sendo, o Quadro 6 mostra os principais modelos para realizar a etapa de análise e avaliação dos dados da pesquisa.

Quadro 6 - Modelos e tratamento de dados

MODELOS	TRATAMENTO
<p style="text-align: center;">Média Móvel Simples</p> $F_t = \left(\frac{1}{N}\right) + \sum_{i=t-N}^{t-1} D_i = \left(\frac{1}{N}\right) (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n})$	Microsoft Excel
<p style="text-align: center;">Média Móvel Ponderada</p> $F_t = \left(\frac{1}{N}\right) + \sum_{i=t-N+1}^t D_i = \left(\frac{1}{N}\right) [D_t + \sum_{i=t-N}^{t-1} D_i - D_{t-N}] = F_t + \left(\frac{1}{N}\right) [D_t - D_{t-N}]$	Microsoft Excel
<p style="text-align: center;">Média Móvel Exponencial</p> $P_j = (D_1 \times PE_1) + (D_2 \times PE_2) + (D_3 \times PE_3) + \dots + (D_n \times PE_n)$	Microsoft Excel

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Para obter as análises dos modelos do Quadro 6, será feito uma análise por meio do *software* Microsoft Excel, onde os dados levantados serão manipulados pelos modelos de média móvel simples, média móvel ponderada, média móvel com suavização exponencial.

Após a análise dos dados e geração dos modelos de previsão, os modelos gerados serão analisados com o intuito de escolher o modelo representativo. A análise dos modelos por sua vez será feita pelo cálculo dos erros de previsão e assim identificar o modelo que resulta na melhor previsão. Os erros a serem calculados são os seguintes: Erro Percentual Médio (EPM), Raiz do Erro Quadrado Médio (REQM) e Erro Absoluto Médio (EAM).

PRIORIZAÇÃO DOS PRODUTOS

Para selecionar que produto(s) que seriam objeto de análise na pesquisa, foi feita uma classificação ABC com os itens vendidos entre os anos de 2013 a 2017. A quantidade em quilo (kg) de cada item foi levantada a partir dos dados históricos de vendas fornecidos pelo setor comercial da empresa estudada via MRP.

Posteriormente, os dados foram tabelados, mas não pôde ser revelado, sendo assim foi elaborado um quadro com as vendas dos respectivos produtos. Com base nos dados, foi realizada a classificação ABC levando em consideração o ano de 2016 para selecionar os dados que seriam utilizados para a análise de previsão de demanda de séries temporais. O resultado da classificação pode ser observado no Quadro 8.

Quadro 8 - Classificação ABC

PRODUTO	QTDE VENDIDA EM 2016	%	% QTDE VENDIDA ACUMULADA	CURVA A/B/C	PRODUTO	QTDE VENDIDA EM 2016	%	% QTDE VENDIDA ACUMULADA	CURVA A/B/C	PRODUTO	QTDE VENDIDA EM 2016	%	% QTDE VENDIDA ACUMULADA	CURVA A/B/C
PRODUTO 1	288	27%	27%	A	PRODUTO 30	8	1%	86%	B	PRODUTO 59	2	0%	98%	C
PRODUTO 2	136	13%	39%	A	PRODUTO 31	8	1%	86%	B	PRODUTO 60	2	0%	98%	C
PRODUTO 3	70	7%	46%	A	PRODUTO 32	8	1%	87%	B	PRODUTO 61	2	0%	99%	C
PRODUTO 4	35	3%	49%	A	PRODUTO 33	7	1%	88%	B	PRODUTO 62	2	0%	99%	C
PRODUTO 5	32	3%	52%	A	PRODUTO 34	7	1%	89%	B	PRODUTO 63	1	0%	99%	C
PRODUTO 6	30	3%	55%	A	PRODUTO 35	7	1%	89%	B	PRODUTO 64	1	0%	99%	C
PRODUTO 7	27	2%	57%	A	PRODUTO 36	7	1%	90%	B	PRODUTO 65	1	0%	99%	C
PRODUTO 8	24	2%	59%	A	PRODUTO 37	7	1%	90%	B	PRODUTO 66	1	0%	99%	C
PRODUTO 9	21	2%	61%	A	PRODUTO 38	6	1%	91%	B	PRODUTO 67	1	0%	99%	C
PRODUTO 10	20	2%	63%	A	PRODUTO 39	6	1%	92%	B	PRODUTO 68	1	0%	99%	C
PRODUTO 11	19	2%	65%	A	PRODUTO 40	5	0%	92%	B	PRODUTO 69	1	0%	100%	C
PRODUTO 12	18	2%	67%	A	PRODUTO 41	5	0%	93%	B	PRODUTO 70	1	0%	100%	C
PRODUTO 13	18	2%	68%	A	PRODUTO 42	5	0%	93%	B	PRODUTO 71	1	0%	100%	C
PRODUTO 14	17	2%	70%	A	PRODUTO 43	5	0%	93%	B	PRODUTO 72	1	0%	100%	C
PRODUTO 15	15	1%	71%	A	PRODUTO 44	5	0%	94%	B	PRODUTO 73	0	0%	100%	C
PRODUTO 16	14	1%	73%	A	PRODUTO 45	4	0%	94%	B	PRODUTO 74	0	0%	100%	C
PRODUTO 17	13	1%	74%	A	PRODUTO 46	4	0%	95%	B	PRODUTO 75	0	0%	100%	C
PRODUTO 18	13	1%	75%	A	PRODUTO 47	4	0%	95%	B	PRODUTO 76	0	0%	100%	C
PRODUTO 19	13	1%	76%	A	PRODUTO 48	4	0%	95%	B	PRODUTO 77	0	0%	100%	C
PRODUTO 20	12	1%	77%	A	PRODUTO 49	4	0%	96%	B	PRODUTO 78	0	0%	100%	C
PRODUTO 21	12	1%	78%	A	PRODUTO 50	3	0%	96%	B	PRODUTO 79	0	0%	100%	C
PRODUTO 22	11	1%	79%	A	PRODUTO 51	3	0%	96%	B	PRODUTO 80	0	0%	100%	C
PRODUTO 23	9	1%	80%	A	PRODUTO 52	3	0%	97%	B	PRODUTO 81	0	0%	100%	C
PRODUTO 24	9	1%	81%	B	PRODUTO 53	3	0%	97%	C	PRODUTO 82	0	0%	100%	C
PRODUTO 25	9	1%	82%	B	PRODUTO 54	3	0%	97%	C	PRODUTO 83	0	0%	100%	C
PRODUTO 26	9	1%	83%	B	PRODUTO 55	3	0%	97%	C	PRODUTO 84	0	0%	100%	C
PRODUTO 27	9	1%	83%	B	PRODUTO 56	2	0%	98%	C	PRODUTO 85	0	0%	100%	C
PRODUTO 28	9	1%	84%	B	PRODUTO 57	2	0%	98%	C	PRODUTO 86	0	0%	100%	C
PRODUTO 29	8	1%	85%	B	PRODUTO 58	2	0%	98%	C	PRODUTO 87	0	0%	100%	C

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Como é observado no Quadro 8, os 23 produtos que representam 80% das vendas de cobre comercializados no ano de 2016 pela empresa estudada estão classificados como A e estão em cor verde. Eles foram selecionados dado que o grupo de classificação A são os itens mais importantes e que devem ser tratados com uma atenção especial pela administração.

Tendo em vista os produtos selecionados para a realização da pesquisa, a seção seguinte tratará da análise quantitativamente da demanda destes produtos, que levará em consideração os modelos de previsão de demanda de série temporal.

ANÁLISE PRELIMINAR DAS SÉRIES TEMPORAIS

Para a elaboração da previsão de demanda, realizou-se o agrupamento dos produtos selecionados pertencentes à Classe A. Esse agrupamento deu-se seguindo a proposta de Tubino (2009), pois o autor afirma que quando os produtos são agregados a previsão torna-se mais precisa do que feito produto a produto, pois acontece a minimização dos erros individuais.

Com base nisso, foi efetuada a modelagem e previsão de demanda com os modelos de séries temporais, como: Média Móvel Simples (MMS), Média Móvel Ponderada (MMP) e Média Móvel Exponencial (MME). Os dados desses modelos foram tabelados e analisados fazendo uso de planilhas de Excel. Foram considerados os elementos históricos de venda do quilo de cobre no período de 52 meses, de janeiro de 2013 a abril de 2017, salientados na Figura 3.

Figura 3 – Demanda de cobre (kg)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2013	49.32	48.20	53.46	50.00	61.24	60.26	61.49	62.14	55.42	55.88	48.99	82.40
2014	47.86	70.47	71.81	65.59	91.34	60.09	87.63	92.58	83.75	96.66	83.75	88.33
2015	74.90	58.77	85.75	80.91	74.77	91.08	86.04	92.60	74.19	81.44	92.43	65.65
2016	53.93	59.20	78.16	75.50	72.37	71.13	79.80	74.61	66.79	70.89	83.45	78.59
2017	96.86	60.94	77.98	61.44								

Fonte: Empresa X (2017)

A partir dos dados da Figura 3, podem-se determinar os modelos de previsão de demanda de séries temporais, e serão apresentados nas subseções a seguir.

Análise da média móvel

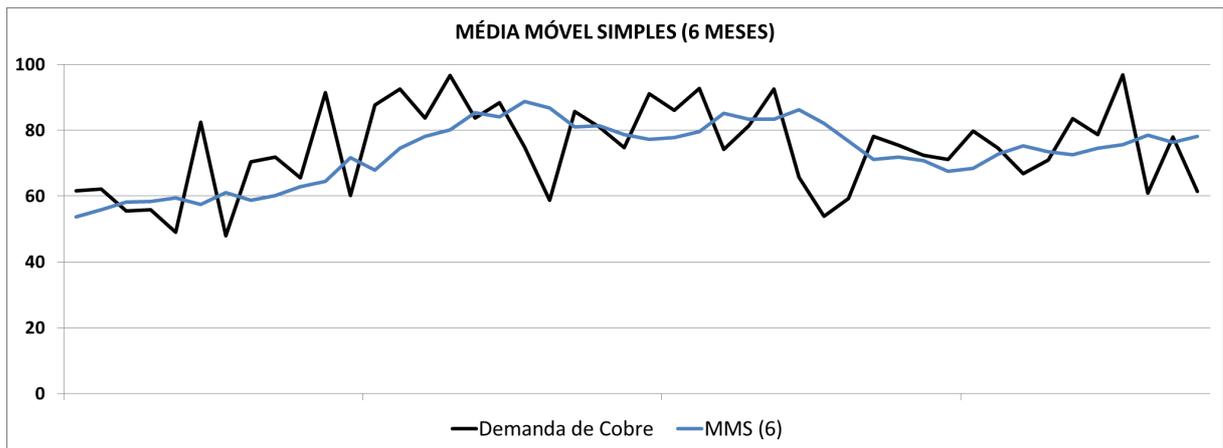
Tendo os dados históricos das vendas tabelados para a análise de previsão de demanda, primordialmente será feita um estudo pelos modelos supramencionados de média móvel. Esta análise foi executada visando dois períodos predefinidos, o primeiro levou em consideração a média dos 6 meses e o segundo considerou a média dos 12 meses antecedentes a previsão.

Análise da média móvel simples

Os primeiros modelos gerados foram os de Média Móvel Simples. Para representar a previsão de vendas um mês, como já foi dito, levou-se em consideração o histórico de tempo de seis e doze meses anteriores e assim utilizou-se a Equação 4 exibida na seção 2.2.3.2.1. Desta forma, elaborou-se os gráficos que representam a demanda real versus a demanda prevista pelos modelos de MMS e estes podem ser vistos nas Figuras 4, com histórico de seis meses e Figura 5, com

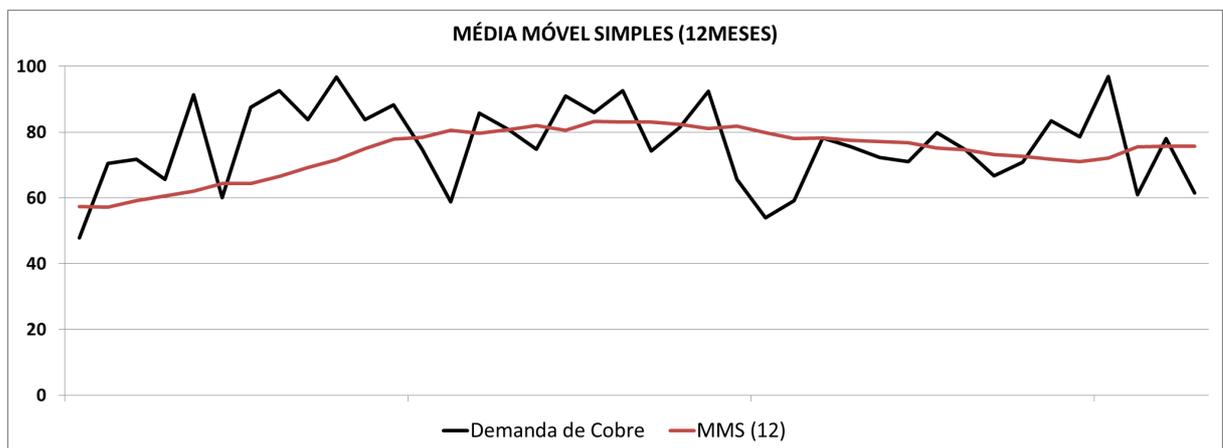
histórico de doze meses.

Figura 4 – Gráfico da média móvel simples de 6 meses



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 5 – Gráfico da média móvel simples de 12 meses



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Observando a Figura 4 pode-se perceber a representação do comportamento da MMS (6) em relação ao da demanda real de cobre e é verificado que o perfil da MMS (6) não acompanha o perfil do comportamento da demanda real, havendo erros que serão calculados posteriormente. Na Figura 5 é explícito que não existe um comportamento correspondente entre a demanda real e demanda prevista pela MMS (12), tal qual ocorreu no modelo de MMS (6). Apreciação dessas discrepâncias serão medidas na seção 4.3.

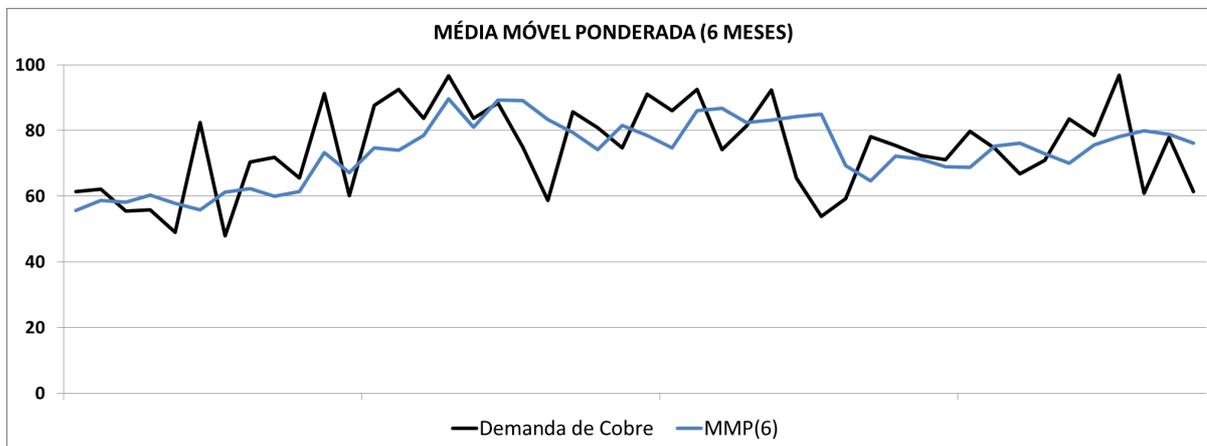
Análise da média móvel ponderada

Os modelos de Média Móvel Ponderada (MMP) foram feitos por meio da ferramenta *Solver*, do Microsoft Excel, cujos pesos são definidos considerando a otimização do desvio padrão do erro absoluto. Desta forma, originaram-se dois modelos de MMP, um que teve por base os 6 meses antecedentes ao da previsão e o outro que se fundamentou pelos 12 meses que se

antecedem a previsão requerida.

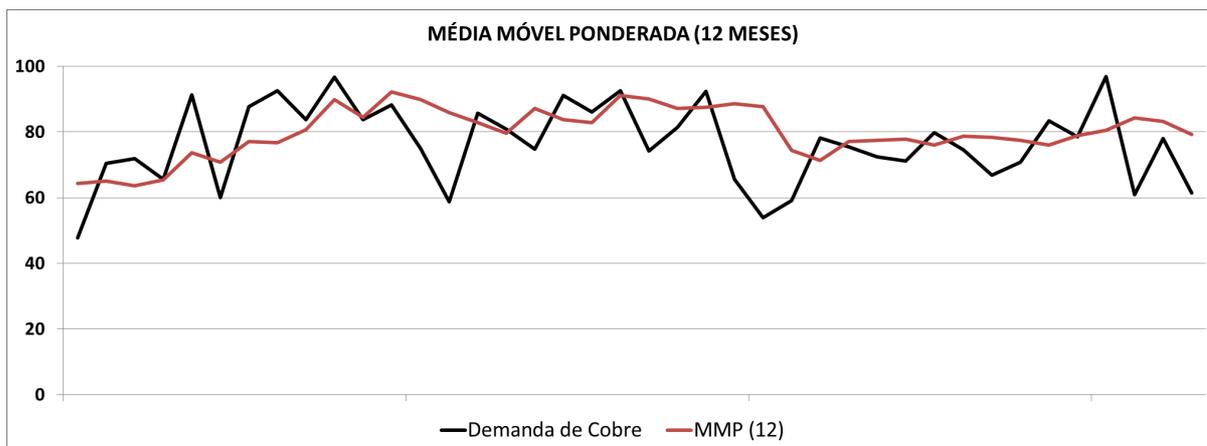
As equações dos modelos são as equações listadas na seção 2.2.3.2.2. Para isso, calcularam-se as previsões a partir dos tempos referenciados e plotaram-se os gráficos dos dados inalterados *versus* as previsões que estão expostas nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Gráfico da média móvel ponderada de 6 meses



Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Figura 7 – Gráfico da média móvel ponderada de 12 meses



Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

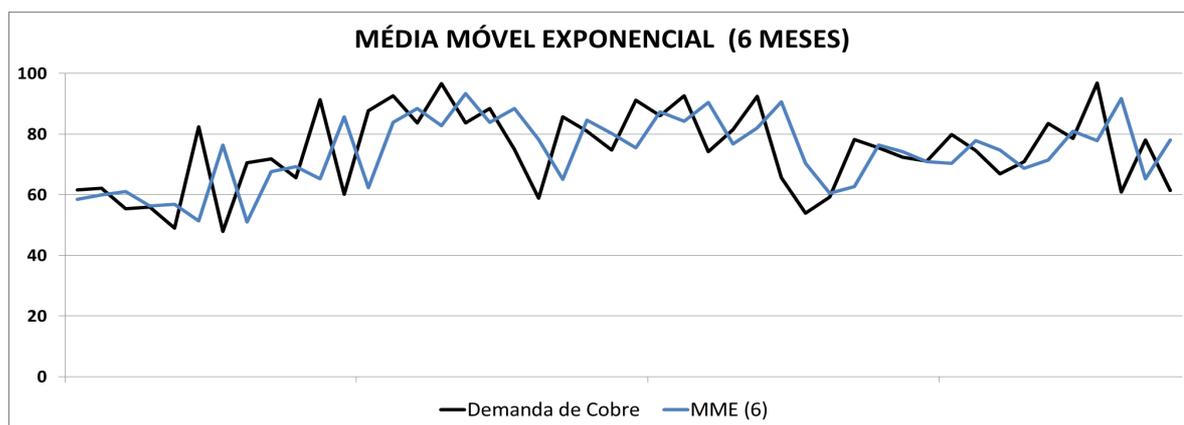
Constata-se no gráfico da MMP (6) esboçado na Figura 6 que o desempenho das previsões deste modelo, com histórico de 6 meses nivela-se com o perfil dos dados do histórico de vendas da empresa.

O gráfico plotado na Figura 7 confirma que o perfil deste modelo MMP (12) tem um comportamento semelhante ao de MMP (6). Apesar disso ainda não é possível medir o desempenho deste modelo através do uso do gráfico visualmente, apenas por meio das medidas de exatidão vistas adiante na seção 4.3.

Análise da média móvel exponencial

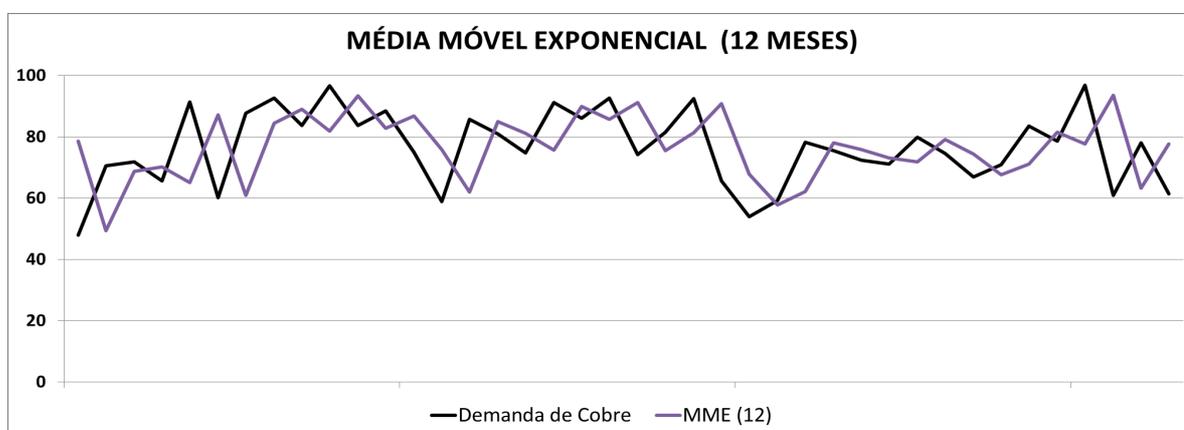
De maneira equivalente aos modelos de MMS e MMP, os modelos de MME foram gerados pelo *software* Excel para os períodos de 6 e 12 meses. Para o cálculo de MME foi determinado um alfa por meio das equações vistas na subseção 2.2.3.2.3, assim foi possível a construção dos gráficos que representam o perfil dos modelos MME *versus* valores das vendas levantados pela empresa, expostos nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Gráfico da média móvel exponencial de 6 meses



Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Figura 9 – Gráfico da média móvel exponencial de 12 meses



Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Nos gráficos da Média Móvel Exponencial, com previsão de seis e doze meses, apresentados nas Figuras 8 e 9 nota-se um descompasso entre os valores da demanda real e os valores obtidos a partir dos cálculos dos modelos de MME, ao que tudo indica estes modelos apresentam um perfil parecido com os dados originais quando levados em consideração os gráficos das Figuras 4, 5, 6 e 7. A defasagem apresentada pode implicar em erros maiores que os dos outros modelos gerados até o presente momento, no entanto, essa suposição será comprovada quando for feita a comparação e seleção do melhor modelo na seção 4.3.

MEDIDAS DE DESEMPENHO DAS SÉRIES TEMPORAIS

As medidas de desempenho das séries temporais têm por base os erros de previsão, onde o modelo que apresentar os menores erros pode ser considerado o modelo representativo das demandas futuras, pois quanto menor o erro melhor é o desempenho do método utilizado. Com base no referenciado na subseção 2.2.4, existem algumas formas de medir a exatidão das previsões, dentre elas: Média Absoluta Percentual dos Erros (MAPE), Média Absoluta dos Erros (MAE) e Raiz dos Erros Quadráticos Médios (REQM).

Com base na análise preliminar das séries temporais notou-se que os modelos apresentavam um perfil de comportamento que não acompanhavam perfeitamente o perfil dos dados reais, ocasionando em erros. Dessa forma, calcularam-se os erros MAE, REQM e MAPE com o auxílio do Microsoft Excel para todos os modelos gerados até então.

Por meio dos resultados, escolheu-se o melhor método representativo das demandas. Com base, nessas equações e comandos supracitados a aplicação valeu-se no cálculo dos erros dos últimos seis meses de previsão, gerando os resultados expostos no Quadro 9.

Quadro 9 – Medidas de desempenho dos modelos

Modelos	MAE	REQM	MAPE
Média móvel simples (6 meses)	12,03	13,99	16,40
Média móvel simples (12 meses)	12,57	14,36	16,61
Média móvel ponderada (6 meses)	11,63	13,68	15,93
Média móvel ponderada (12 meses)	11,77	14,22	16,73
Média móvel exponencial (6 meses)	15,57	17,76	21,78
Média móvel exponencial (12 meses)	16,38	18,63	22,91

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Conforme visualizado no Quadro 9, nota-se que foram gerados seis modelos dos quais dois foram para cada uma das médias móveis, sendo um com base no horizonte de seis meses e outro com horizonte de doze meses. Além do mais, percebe-se os parâmetros que serviu de comparação na escolha do modelo que apresentou os menores erros.

Desta forma, o modelo de Média Móvel Ponderada com horizonte de seis obteve os menores erros (MAE = 11,63; REQM = 13,68 e MAPE = 15,93) destacados em amarelo no Quadro 9. Diante do exposto, o MME(6) pode ser considerado o melhor modelo para prever a demanda futura dos produtos selecionados nesta pesquisa.

Na procura de um maior potencial competitivo de mercado, as empresas estão procurando oportunidades de se sobressair sobre as demais. A previsão de demanda é uma das análises que são importantes na tomada de decisão, pela projeção da demanda que a empresa irá necessitar no futuro.

A previsão de demanda tem por objetivo entender qual será a demanda de uma empresa para que gestores estejam aptos a tomarem decisões precisas sobre preços, potencial de mercado e possibilidade de expansão (CAMARGO, 2017).

A partir do estudo feito na indústria de fios e cabos elétricos, que pertence a um setor inconstante, foi determinado o melhor método para a previsão da demanda. A Média Móvel Ponderada com o horizonte de predição de 6 meses, representando os menores erros nas três medidas de desempenho citadas, foi considerada como método de maior precisão.

O objetivo do presente trabalho foi alcançado e como sugestão para futuros projetos nessa área pode-se dizer que um maior número de observações poderia melhorar o desempenho dos resultados da previsão da demanda.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 5. ed. 2006. 616p.

CAMARGO, R. F. de. **Previsão de Demanda e sua importância no fluxo de caixa e orçamento empresarial**. 2017. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/previsao-de-demanda>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

CECATTO, C. **Práticas De Previsão De Demanda Nas Indústrias Alimentícias Brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo. 2009. 107 f.

CHIANG, C.-Y.; LIN, W. T.; SURESH, N. C. **An empirically-simulated investigation of the impact of demand forecasting on the bullwhip effect: Evidence from U.S. auto industry**. *International Journal of Production Economics*, v. 177, p. 53–65, abr. 2016.

CHIEN, C. F.; CHEN, Y. J.; PENG, J. T. **Manufacturing intelligence for semiconductor demand forecast based on technology diffusion and product life cycle**. *International Journal of Production Economics*, v. 128, n. 2, p. 496–509, jul. 2010.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M.. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial**. 1ed. São Paulo: Atlas, 2010. 275 p.

FOLEY, M. A., et al. **Current methods and advances in forecasting of wind power generation**. *Renewable Energy*, v. 37, n. 1, p. 1–8, jul. 2012.

GURGEL, J. L. M. et al. **Modelo De Previsão De Demanda: Do Setor Cerâmico Do Rio Grande Do Norte**. In: XXXV Encontro Nacional De Engenharia De Produção - XXV ENEGEP, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015. 17 p.

HART, M.; RASNER, J.; LUKOSZOVÁ, X. **Demand forecasting significance for contemporary process management of logistics systems**. *Carpathian Logistics Congress, CLC*

2012, p. 199–205, nov. 2012.

MANCUZO, A. C. B.; WERNER, L. **Estudo dos métodos de previsão de demanda aplicado em uma empresa de auditorias médicas.** Revista Ingeniería Industrial. p. 99-111, abr. 2014.

MEIRELLES, D. C. et al. **Planejamento e controle da produção integrado à logística.** 1 ed. São Paulo: Editora Estácio de Sá – UNISEB , 2015. 144 p.

NAHMIA, S. **Production&operationsanalysis.**Nova Iorque: McGraw-Hill Irwion6. ed., 789 p.2009.

OCHOA, Carlos. **Amostragem probabilística e não probabilística.** 2015. Disponível em: <<https://www.netquest.com/blog/br/blog/br/amostragem-probabilistica-nao-probabilistica>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

OLHAGER, J.;JOHANSSON, P. **Linkinglong-term capacity management for manufacturing and service operations.** Original Research Article Journal of Engineering and Technology Management, v.29, n.1, p.22-33, 2012.

PELLEGRINI, F. R. **Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 146 f. 2000.

PEINADO, J.; GRAEMI, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** Curitiba: UnicenP, 2007. 750p.

PINTO, J. **Análise e proposição de ferramentas estatísticas na previsão de demanda em indústria de artefatos de plásticos.** Dissertação de Mestrado, UNISC, Santa Cruz do Sul, 2015.

PILTAN, M.; SHIRI, H.; GHADERI, S. F. **Energy demand forecasting in Iranian metal industry using linear and nonlinear models based on evolutionary algorithms.**Energy Conversionand Management, v. 58, p. 1–9, jan. 2012.

SCHIFFMAN, L.; KANUK, L. **Comportamento do consumidor.** LTC Editora. 6ª ed. 2000. P. 27.

SILVA, D. V. da; SERRA, C. M. V.; SANTOS, A. C. de O.; MELO, A. C. S. **Análise de demanda em uma companhia de água mineral da região metropolitana de belém utilizando modelos de série temporal de holt-winters.** In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia De Produção, Rio de Janeiro, 2008. Anais...2008, Rio de Janeiro.

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

TRATAR, L. F.; MOJŠKERC, B. ; TOMAN, A. **Demand forecasting with four-parameter exponential smoothing.** International Journal of Production Economics, v. 181, p. 162–173, ago. 2016.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 190 p.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. **Modelo composto para prever demanda através da integração de previsões.** Produção, v. 16, n. 3, p. 493–509, 2006.

Matheus das Neves Almeida

Professor da Universidade Federal do Piauí - UFPI do curso de Engenharia de Produção. Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Participei de um intercâmbio acadêmico BRAFITEC pelo Institut National des Sciences Appliquées (INSA de Lyon - France). Engenheiro responsável de produção na empresa Construtora Norberto Odebrecht do Equador.

Camila Sepúlveda Gomes

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Piauí - UFPI. Empreendedora na empresa NOMAR e tem experiência na área de gestão da produção em empresa de fios e cabos elétricos.

Adrysla Eduarda Soares Guimarães

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Piauí – UFPI. Tem experiência em consultoria empresarial e microempresas.

Kelly Francys de Carvalho Lopes

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Piauí – UFPI. Tem experiência em logística e gestão de produção.

Francisco de Tarso Ribeiro Caselli

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA em Rede (2019) pela Universidade Federal do Piauí - UFPI. Mestre em Engenharia de Produção na área de Gestão da Produção pela UFPB (2013). Especialista em Tecnologia de Processamento de Alimentos de Origem Vegetal pelo IF Sertão-PE (2010). Atualmente é Coordenador Acadêmico do curso de Especialização em Logística e Distribuição da UFPI.

Pedro Filipe da Conceição Pereira

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Piauí (2015). Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho pelo Centro Universitário UNINOVAFAPI (2018). Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade

Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Tem experiência nas áreas de: Gestão da Produção, Ergonomia e Segurança do Trabalho. Teve experiências como professor tutor na Faculdade Maurício de Nassau e Professor Substituto no curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Piauí - UFPI.

Renner Antônio Melo Nascimento

Graduado em Engenharia de Produção Pela Universidade Federal do Piauí. Pós-Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho. Atua como Agente Local de Inovação no Programa Agentes Locais de Inovação, promovido pelo CNPq em parceria com o SEBRAE. Foi monitor das disciplinas de Processos Químicos e de Logística e Cadeias de Suprimentos.



9 786599 089664

EDITORA KREATIK