

Aplicação de Métodos Baseado em Séries Temporais de Previsão de Demanda em uma Empresa do Setor da Saúde

Marcelo Carneiro Gonçalves, Bruna Novaes dos Santos, Carolina Pereira Alves

Resumo: O presente artigo apresenta a estruturação de um modelo de previsão de demanda, cuja a modelagem foi realizada através de aplicação de métodos de previsão baseado em um conjunto de técnicas de análise de séries temporais. O objetivo do trabalho foi de propor um modelo com o método que melhor se adequa ao conjunto de dados, com base no menor erro médio absoluto, a fim de contribuir com previsões mais assertivas, podendo ser estendido à família de produtos da indústria do ramo da saúde. Como resultados, foi possível encontrar que a melhor técnica indicada para a empresa consistiu na baseada em suavização exponencial com tendência, que apresentou um MAD de 7.85.

Palavras chave: Previsão, Demanda, PCP, Tendência, Temporais.

Application of Methods Based on Demand Forecasting Time Series in a Healthcare Company

Abstract: This paper presents the structure of a demand forecasting model, whose modeling was performed by applying forecasting methods based on a set of time series analysis techniques. The objective of this work was to propose a model with the method that best fits the data set, based on the smallest absolute mean error, in order to contribute to more assertive predictions, which can be extended to the family of products from the industry. Cheers. As a result, it was possible to find that the best technique indicated for the company was based on the trend exponential smoothing, which presented a MAD of 7.85.

Key-words: Forecast, Demand, Production, Tendency, Temporal.

1. Introdução

Indústria do ramo da saúde, mas especificamente na área de produtos para oncologia, dentre sua família de produtos, oferece ao mercado kit's para acesso venoso de cateter totalmente implantado. Um dos itens que compõe o kit é a luva nitrílica, considerado um dos itens mais críticos devido ao grande volume utilizado e o tempo de ressuprimento por parte do fornecedor ser alto.

O insucesso na previsão da demanda fez com que o estudo fosse aplicado, objetivando com isso a análise dos dados históricos dos produtos e a elaboração do melhor modelo de previsão que se adequa a esses dados.

É necessário fazer um bom planejamento, dado que a previsão de demanda tem uma eminente significância em organizações nas quais a produção em larga escala está envolvida. Além disso, a demanda futura deve ser estimada para evitar superprodução e subprodução.

2. Referencial Teórico

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é responsável por gerenciar recursos físicos e humanos na execução do processo produtivo através de um conjunto de ferramentas,

buscando atender os planos estabelecidos que podem ser desde uma meta diária até aos níveis estratégicos da organização (TUBINO, 2000).

Considerado essencial, as previsões de demanda são de grande importância para um bom planejamento, podendo ser aplicada em diversas áreas na gestão de organizações, podendo ser utilizados os seguintes métodos: (i) métodos quantitativos, (ii) métodos qualitativos, ou (iii) combinações de métodos quantitativos e qualitativos (PELLEGRINI, 2000).

Os métodos quantitativos são baseados nos dados históricos do produto utilizando-se modelos matemáticos é possível a construção das previsões futuras, tais modelos são baseados em técnicas denominadas séries temporais (PELLEGRINI, 2000).

Para as autoras Maria do Rosário Dias e Maria Regina Alves, uma série temporal, também denominada série histórica, é uma sequência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo durante um período específico. Este conjunto pode ser obtido através de observações periódicas do evento de interesse (LATORRE, M.R.D.O; CARDOSO, M.R.A., 2001).

Tubino (2000) salienta que a previsão de demanda é uma das variáveis mais importante dentro do sistema de produção, já que as atividades da empresa se direcionam por meio da previsão, com isso é considerada como base para planejamento estratégico da produção (TUBINO, 2000).

2.1 Técnicas de Previsão de Demanda

Para este trabalho, foram utilizados os seguintes métodos de previsão apresentados a seguir.

2.1.1 Média Móvel Simples

Este é um dos métodos mais utilizados para prever a demanda estacionária, é baseado em considerar uma média dos n períodos anteriores à previsão que se deseja realizar. Onde: representa a média móvel de n períodos. D_i : representa a demanda ocorrida no período i . n : representa o número de períodos. i : representa o índice do período.

Formulação:

$$Ms_2 = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{n}$$

2.1.2 Média Móvel Ponderada

Esse método de previsão de demanda é, na verdade, uma variação do modelo de média móvel, porém permite, ao calcular a média, atribuir um peso maior para os valores de vendas mais recentes. Onde: representa a previsão baseada no método de média móvel ponderada. Onde: representa a demanda real ocorrida no período i . w_i : representa o peso associado a demanda real ocorrida no período i .

Formulação:

$$Mmp_n = \frac{\sum_{i=1}^n w_i D_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

2.1.3 Média Móvel Exponencial

Para esta técnica, o peso de cada observação diminui no tempo em progressão geométrica, ou exponencialmente. Em sua forma de apresentação mais simples, cada nova previsão é obtida com base na revisão anterior, mais o erro cometido na previsão anterior, corrigido por um coeficiente de ponderação. Onde: M_i : representa a previsão baseada na média móvel exponencial para o período i . M_{i-1} : representa a previsão baseada na média móvel exponencial para o período $i-1$. β : coeficiente de ponderação. D_{i-1} : demanda real do período $i-1$. Esse coeficiente tem um intervalo de 0 a 1, onde as previsões com coeficiente próximo a 1 estão sujeitas a variações aleatórias, enquanto, se esse coeficiente estiver próximo de 0, a previsão será influenciada principalmente pela demanda real.

Formulação:

$$Mm_{exp} = M_i = M_{i-1} + \beta (D_{i-1} - M_{i-1})$$

2.1.4 Tendência Linear

Como o nome indica, este método procura relacionar o histórico dos dados a serem analisados com uma reta que relaciona os dados de vendas e tempo, para isso tem-se a equação de uma linha reta como uma equação para realizar a previsão. Onde Y : indica a previsão de demanda para o período x . a : Intercepção ao eixo vertical quando x é igual a zero. b : Coeficiente angular. x : período para a previsão.

Formulação:

$$Y = a + bX$$

2.1.5 Ajustamento Exponencial

Nada mais é do que uma variação da técnica de tendência linear, tendo como objetivo, fazer a previsão baseada em dois fatores: previsão da média exponencial móvel da demanda e uma estimativa exponencial da tendência (TUBINO 2000). Onde P_{t+1} : previsão da demanda para o período $t + 1$. M_t : previsão média exponencial móvel da demanda para o período t . T_t : previsão da tendência para o período t .

Formulação:

$$P_{t+1} = M_t + T_t$$

3. Método

Após terem sido listados uma série de produtos, foi necessário analisar qual produto mais impactava, para seguir com a análise de previsão de demanda. De acordo com Tubino (2000), a curva ABC consiste em separar os itens por classes de acordo com sua importância relativa. Para isto, foram listados também os preços dos produtos estabelecidos. Abaixo, observa-se o gráfico da curva ABC.

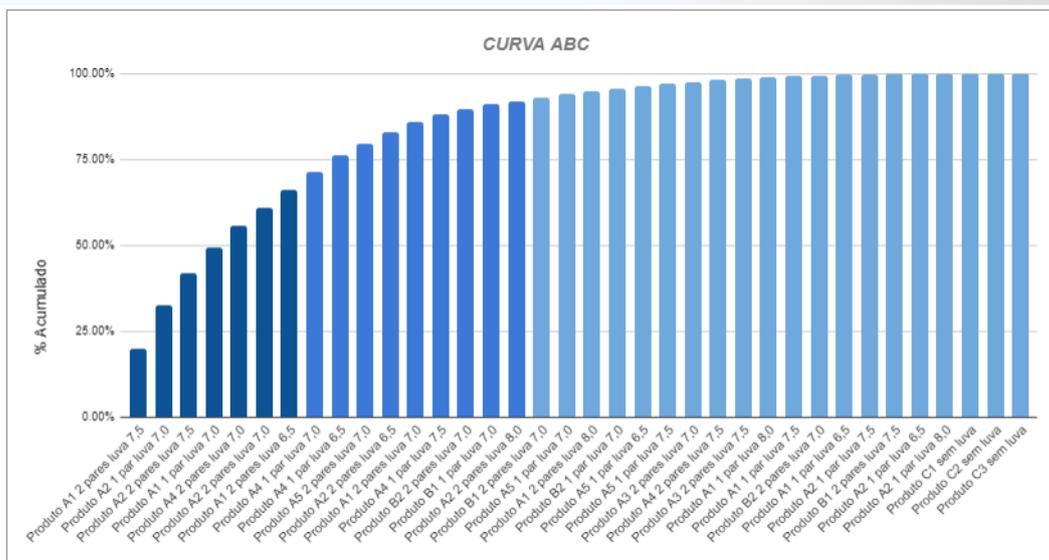


Figura 1 – Gráfico curva ABC

Como pode ser observado, o primeiro item da curva, localizado na seção A, é o A1 2 pares de luva 7,5. Dessa forma, foi possível então, começar as análises objetivas deste trabalho.

3.1 Coleta de Dados

Foram coletados dados históricos de venda dos últimos 26 meses do produto A1 2 pares de luva 7,5, de um fabricante do ramo de produtos oncológicos, localizado em Curitiba, atua no setor desde 2005 os quais foram usados na previsão de demanda.

Através de um levantamento mensal de vendas a empresa realiza o Forecast, planejamento de compras de insumos, dentre outras operações envolvidas no planejamento estratégico. Por oferecer um vasto portfólio de produtos, foi sugerido a criação de um modelo padrão que possa ser aplicado no restante dos itens.

A seguir na Tabela 1, apresenta-se a demanda real e o período em que foi obtida. Em seguida a representação gráfica da demanda versus período.

Período	Mês	Demanda Real	Período	Mês	Demanda Real
1	Jul/2017	20	14	Ago/2018	61
2	Ago/2017	30	15	Set/2018	54
3	Set/2017	39	16	Out/2018	55
4	Out/2017	52	17	Nov/2018	64
5	Nov/2017	21	18	Dez/2018	57
6	Dez/2017	39	19	Jan/2019	37
7	Jan/2018	61	20	Fev/2019	59
8	Fev/2018	6	21	Mar/2019	54
9	Mar/2018	32	22	Abr/2019	51
10	Abr/2018	26	23	Mai/2019	70
11	Mai/2018	37	24	Jun/2019	36
12	Jun/2018	26	25	Jul/2019	96
13	Jul/2018	23	26	Ago/2019	57

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 1 – Dados históricos

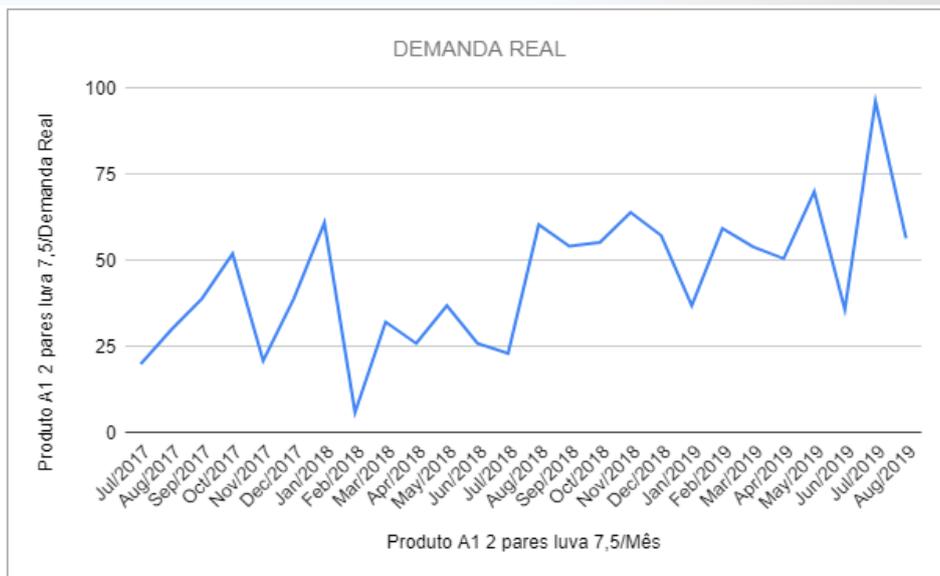


Figura 2 – Gráfico demanda versus tempo

É possível verificar uma certa tendência nos períodos de janeiro a fevereiro. Nesse período ocorrem férias escolares, no qual grande parte dos médicos tendem a diminuir a realização de procedimentos cirúrgicos. Sendo assim, a queda de compras do produto escolhido para análise é muito grande, sendo quase nula.

3.2 Técnicas de Previsão

Para a realização do modelo de previsão conforme explicado anteriormente, serão aplicadas diversas técnicas baseadas em séries temporais e compará-las, para verificar qual o melhor MAD, e qual dessas se adapta melhor na situação proposta.

3.2.1 Média móvel simples para 2 períodos

Primeiramente foram utilizados 2 períodos para o cálculo da média, com isso a previsão tem início em setembro de 2017 (terceiro período). O resultado, pode ser observado na Figura 3.

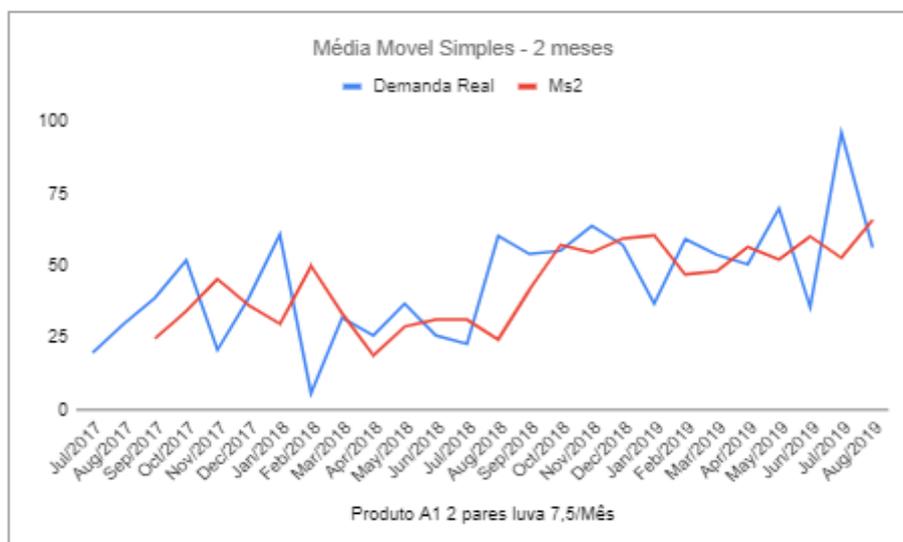


Figura 3 – Gráfico média móvel simples

Período	Mês	Demanda Real	Ms2	ERRO	Período	Mês	Demanda Real	Ms2	ERRO
1	Jul/2017	20	-	-	14	Ago/2018	61	24.55	35.95
2	Ago/2017	30	-	-	15	Set/2018	54	41.8	12.4
3	Set/2017	39	25	14	16	Out/2018	55	57.35	2.05
4	Out/2017	52	34.5	17.5	17	Nov/2018	64	54.75	9.25
5	Nov/2017	21	45.5	24.5	18	Dez/2018	57	59.65	2.35
6	Dez/2017	39	36.5	2.5	19	Jan/2019	37	60.65	23.65
7	Jan/2018	61	30	31	20	Fev/2019	59	47.15	12.25
8	Fev/2018	6	50	44	21	Mar/2019	54	48.2	5.8
9	Mar/2018	32	33.5	1.3	22	Abr/2019	51	56.7	6.1
10	Abr/2018	26	19.1	6.9	23	Mai/2019	70	52.3	17.7
11	Mai/2018	37	29.1	7.9	24	Jun/2019	36	60.3	24.5
12	Jun/2018	26	31.5	5.5	25	Jul/2019	96	52.9	43.3
13	Jul/2018	23	31.5	8.4	26	Ago/2019	57	66	9.5
								MAD:	16

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 2 – Média móvel simples para 2 períodos

3.2.2 Média móvel ponderada para 2 e 3 períodos

Para a primeira média ponderada foram utilizados em primeiro momento 2 períodos e em seguida 3 períodos. A distribuição de pesos ocorreu da seguinte maneira: 0,6 e 0,4 (para 2 períodos) e 0,5, 0,3 e 0,2 (para 3 períodos), o período mais recente recebeu o valor de maior peso e assim respectivamente. Foi utilizado para nomenclatura (Mmp2) e (Mmp3). Os resultados obtidos foram os dispostos abaixo na tabela 3.

Período	Mês	Demanda Real	Mmp2	ERRO	Mmp3	ERRO
1	Jul/2017	20.0	-	-	-	-
2	Aug/2017	30.0	-	-	-	-
3	Sep/2017	39.0	26.00	13.00	-	-
4	Oct/2017	52.0	35.40	16.60	32.50	19.50
5	Nov/2017	21.0	46.80	25.80	43.70	22.70
6	Dec/2017	39.0	33.40	5.60	33.90	5.10
7	Jan/2018	61.0	31.80	29.20	36.20	24.80
8	Feb/2018	6.00	52.20	46.20	46.40	40.40
9	Mar/2018	32.2	28.00	4.20	29.10	3.10
10	Apr/2018	26.0	21.72	4.28	30.10	4.10
11	May/2018	37.0	28.48	8.52	23.86	13.14
12	Jun/2018	26.0	32.60	6.60	32.74	6.74
13	Jul/2018	23.1	30.40	7.30	29.30	6.20
14	Aug/2018	60.5	24.26	36.24	26.75	33.75
15	Sep/2018	54.2	45.54	8.66	42.38	11.82
16	Oct/2018	55.3	56.72	-1.42	49.87	5.43
17	Nov/2018	64.0	54.86	9.14	56.01	7.99
18	Dec/2018	57.3	60.52	-3.22	59.43	2.13
19	Jan/2019	37.0	59.98	22.98	58.91	21.91
20	Feb/2019	59.4	45.12	14.28	48.49	10.91
21	Mar/2019	54.0	50.44	3.56	52.26	1.74
22	Apr/2019	50.6	56.16	-5.56	52.22	1.62
23	May/2019	70.0	51.96	18.04	53.38	16.62
24	Jun/2019	35.8	62.24	26.44	60.98	25.18

25	Jul/2019	96.2	49.48	46.72	49.02	47.18
26	Aug/2019	56.5	72.04	15.54	72.84	16.34
		MAD:	14.95	MAD:	15.15	

Fonte: Os autores (2019)

Tabela3 –Média móvel ponderada para 2 e 3 períodos

Na figura 4 e 5 abaixo, é possível observar o comportamento das curvas de acordo com o método de média móvel ponderada, que comparada com a técnica de média móvel simples, se adequa a curva real quase que da mesma forma que a anterior.

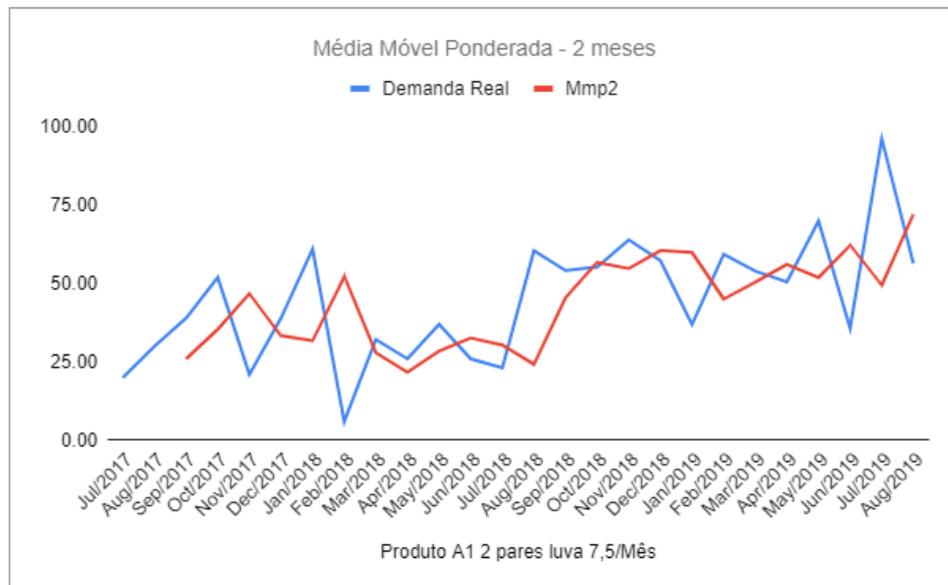


Figura 4 – Gráfico média móvel ponderada para 2 períodos

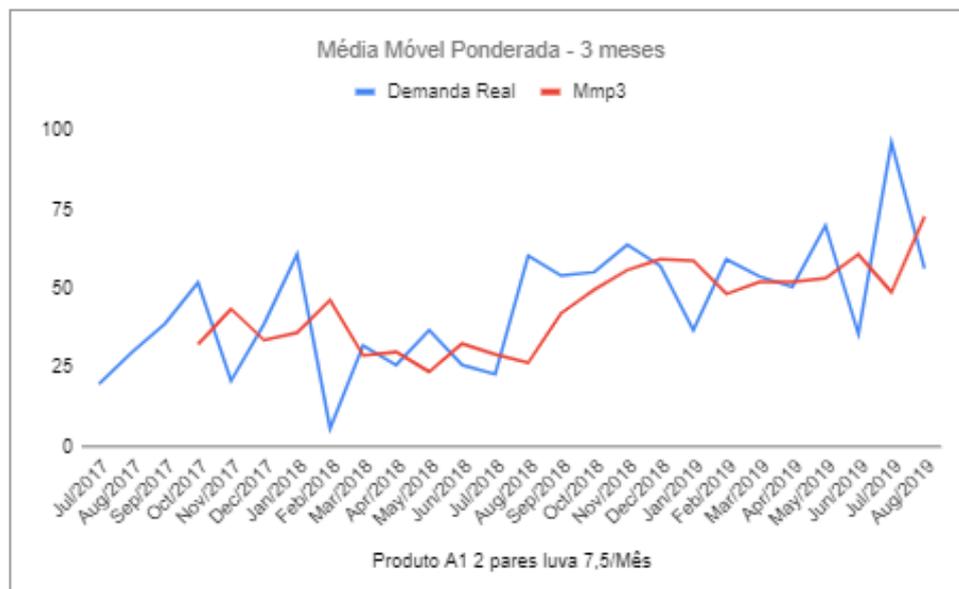


Figura 5 – Gráfico média móvel ponderada para 3 períodos

3.2.3 Média móvel exponencial

Para o método de média móvel exponencial, foi utilizado a ferramenta Solver do excel, tendo como resultado um alfa de 0,336 que como diz a teoria, poderia variar entre 0 e 1 e

quanto maiores os coeficientes, mais rapidamente as previsões assumirão as novas tendências (TUBINO 2000).

O MAD para tal técnica foi de 14,85 conforme demonstrado na tabela 4 abaixo.

Período	Mês	Demanda Real	MMExp	ERRO	Período	Mês	MMExp	Demanda Real	ERRO
1	Jul/2017	20	20.00	0.00	14	Ago/2018	27.6	61	32.85
2	Ago/2017	30	20.0	10.00	15	Set/2018	38.7	54	15.51
3	Set/2017	39	23.4	15.64	16	Out/2018	43.9	55	11.40
4	Out/2017	52	28.6	23.38	17	Nov/2018	47.7	64	16.27
5	Nov/2017	21	36.5	15.47	18	Dez/2018	53.2	57	4.10
6	Dez/2017	39	31.3	7.73	19	Jan/2019	54.6	37	17.58
7	Jan/2018	61	33.9	27.13	20	Fev/2019	48.7	59	10.73
8	Fev/2018	6	43.0	36.99	21	Mar/2019	52.3	54	1.72
9	Mar/2018	32	30.6	1.64	22	Abr/2019	52.9	51	2.25
10	Abr/2018	26	31.1	5.11	23	Mai/2019	52.1	70	17.90
11	Mai/2018	37	29.4	7.61	24	Jun/2019	58.1	36	22.31
12	Jun/2018	26	31.9	5.95	25	Jul/2019	50.6	96	45.58
13	Jul/2018	23	30.0	6.85	26	Ago/2019	65.9	57	9.43
							MAD:		14.85

Fonte: Os autores (2019)

Tabela4 –Média móvel exponencial

No gráfico abaixo, é possível ver o resultado obtido com base na técnica de suavização exponencial, que reflete quase sempre a demanda bem aproximada real, mas para pelo menos um mês de diferença.

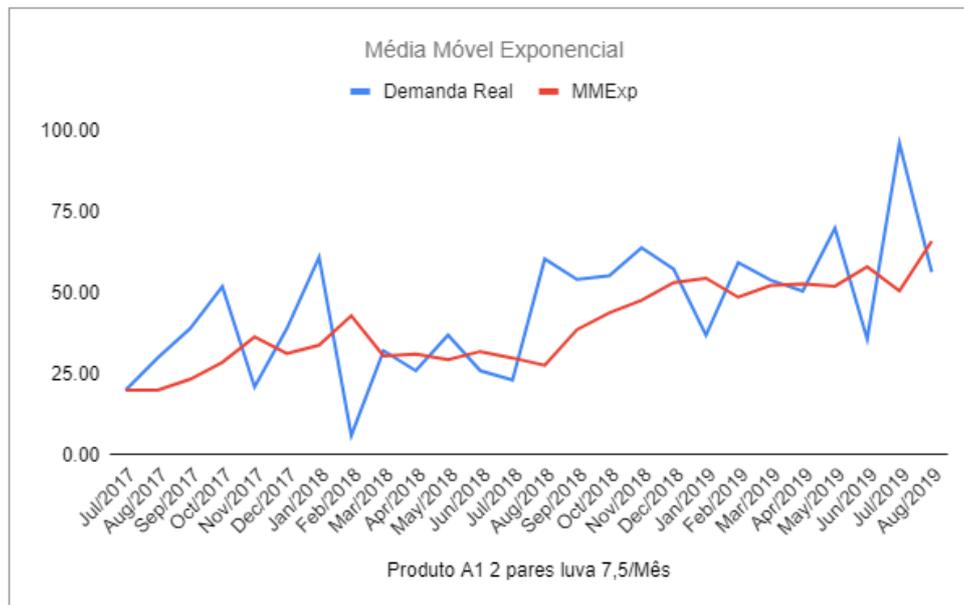


Figura 6 –Gráfico média móvel exponencial

3.2.4 Tendência Linear

Através da ferramenta o Excel, com a ferramenta “Solver”, foi possível encontrar a equação linear que melhor centraliza os dados, a função encontrada foi: $y = 1,53x + 25,7$. Graficamente a linha de tendência apresentou o seguinte comportamento, conforme Figura 7.

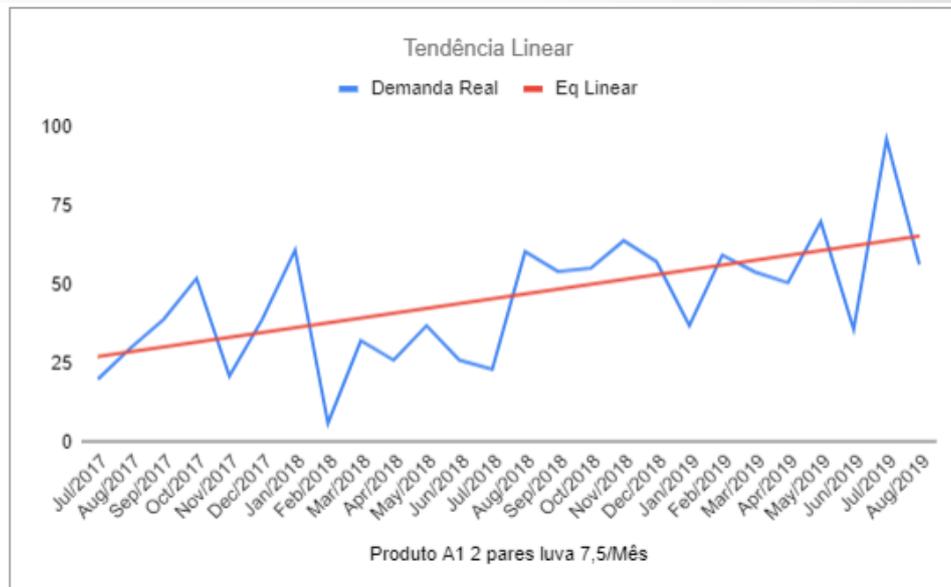


Figura 7 –Gráfico de tendência linear

Conforme mostrado abaixo, o MAD para tal técnica foi de 12,7 sendo este de todas as técnicas o que apresenta menor erro de acordo com a demanda prevista versus a demanda real de produção de luvas.

Período	Mês	Demanda Real	Eq Linear	ERRO	Período	Mês	Demanda Real	Eq Linear	ERRO
1	Jul/2017	20	27.23	7.23	14	Ago/2018	61	47.12	13.38
2	Ago/2017	30	28.76	1.24	15	Set/2018	54	48.65	5.55
3	Set/2017	39	30.29	8.71	16	Out/2018	55	50.18	5.12
4	Out/2017	52	31.82	20.18	17	Nov/2018	64	51.71	12.29
5	Nov/2017	21	33.35	12.35	18	Dez/2018	57	53.24	4.06
6	Dez/2017	39	34.88	4.12	19	Jan/2019	37	54.77	17.77
7	Jan/2018	61	36.41	24.59	20	Fev/2019	59	56.3	3.1
8	Fev/2018	6	37.94	31.94	21	Mar/2019	54	57.83	3.83
9	Mar/2018	32	39.47	7.27	22	Abr/2019	51	59.36	8.76
10	Abr/2018	26	41.00	15.00	23	Mai/2019	70	60.89	9.11
11	Mai/2018	37	42.53	5.53	24	Jun/2019	36	62.42	26.62
12	Jun/2018	26	44.06	18.06	25	Jul/2019	96	63.95	32.25
13	Jul/2018	23	45.59	22.49	26	Ago/2019	57	65.48	8.98
								MAD:	12.7

Fonte: Os autores (2019)

Tabela5 –Tendência linear

3.2.5 Suavização Exponencial

Para o método de suavização exponencial, foi considerado a previsão da tendência para o período t nos dois primeiros meses de 10% da demanda. Com a ajuda do solver, foi possível identificar os valores de a e b , sendo 0.50 e 0.56 respectivamente. O MAD para tal técnica resultou em 7.85, sendo este o menor dentre todos os outros métodos testados anteriormente.

Período	Mês	Demanda Real	Mt	Tt	P(t+1)	ERRO
1	Jul/2017	20.0	20.00	2.00	22.00	-
2	Aug/2017	30.0	30.00	3.00	33.00	-
3	Sep/2017	39.0	36.00	3.45	39.45	0.45
4	Oct/2017	52.0	45.73	3.62	49.35	2.65
5	Nov/2017	21.0	35.17	3.98	39.15	18.15
6	Dec/2017	39.0	39.08	3.18	42.25	3.25
7	Jan/2018	61.0	51.63	3.17	54.80	6.20
8	Feb/2018	6.00	30.40	3.70	34.10	28.10
9	Mar/2018	32.2	33.15	2.32	35.47	3.27
10	Apr/2018	26.0	30.74	2.27	33.00	7.00
11	May/2018	37.0	35.00	2.00	37.00	0.00
12	Jun/2018	26.0	31.50	2.11	33.61	7.61
13	Jul/2018	23.1	28.36	1.80	30.16	7.06
14	Aug/2018	60.5	45.33	1.50	46.83	13.67
15	Sep/2018	54.2	50.52	2.36	52.88	1.32
16	Oct/2018	55.3	54.09	2.57	56.66	1.36
17	Nov/2018	64.0	60.33	2.64	62.97	1.03
18	Dec/2018	57.3	60.13	2.85	62.98	5.68
19	Jan/2019	37.0	49.99	2.69	52.68	15.68
20	Feb/2019	59.4	56.04	1.95	57.99	1.41
21	Mar/2019	54.0	55.99	2.14	58.14	4.14
22	Apr/2019	50.6	54.37	2.03	56.40	5.80
23	May/2019	70.0	63.20	1.82	65.01	4.99
24	Jun/2019	35.8	50.41	2.20	52.61	16.81
25	Jul/2019	96.2	74.40	1.37	75.78	20.42
26	Aug/2019	56.5	66.14	2.61	68.75	12.25
					MAD	07.85

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 6 – Suavização Exponencial

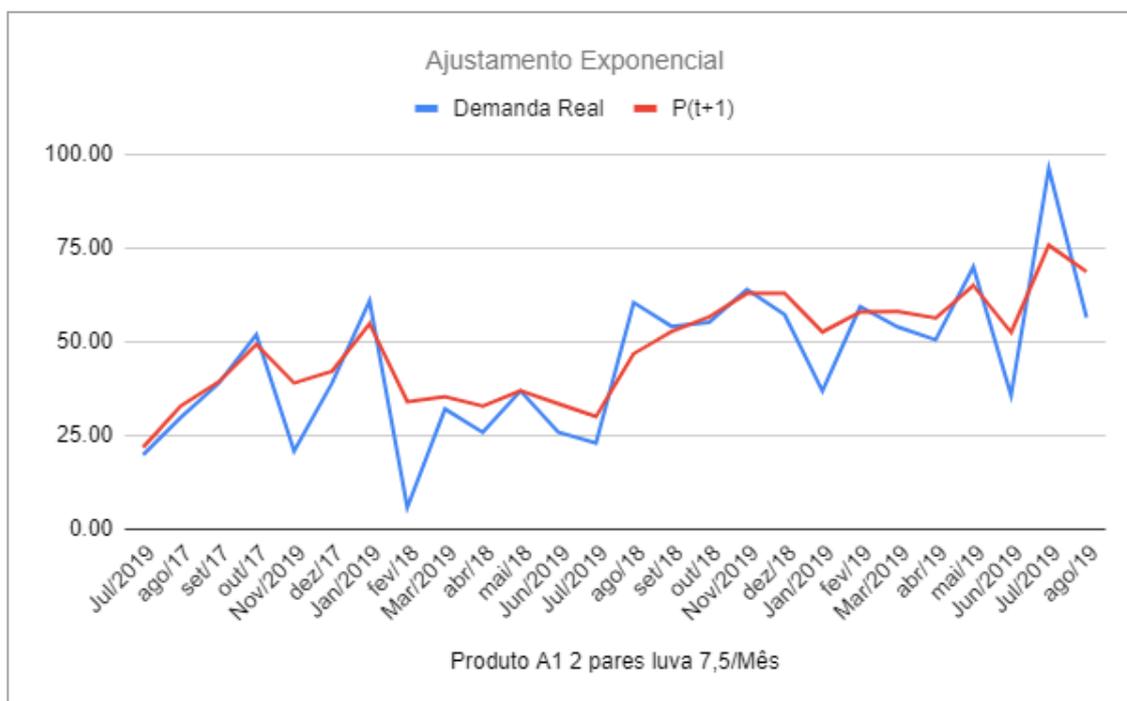


Figura 8 – Gráfico de ajustamento exponencial

3.3 Monitoramento do modelo de previsão por meio do MAD

Para identificar qual dos métodos realizado era o melhor para se ter uma previsão mais assertiva, o método do MAD para cada uma das técnicas foi analisado, informando quais as diferentes entre demanda real e suas previsões, como é possível ver na tabela abaixo.

Método de Previsão	MAD
Média Móvel Simples	16.01
Média Móvel Ponderada (n=2)	14.95
Média Móvel Ponderada (n=3)	15.15
Média Móvel Exponencial	14.85
Tendência Linear	12.70
Suavização Exponencial	07.85

Tabela 6 – Resultados dos modelos de previsão por meio do MAD.

Após análise, percebe-se que a técnica de suavização exponencial, foi a melhor entre todas as outras, uma vez que seu MAD é o menor.

4. Conclusão

Neste trabalho foi possível compreender a importância que a previsão de demanda possui para o planejamento e controle da produção, considerada um artifício essencial, a previsão permite o dimensionamento de cenários futuros no que diz respeito da demanda.

Através das aplicações de métodos quantitativos baseado em séries temporais, foi possível observar como os dados se comportam em cada situação o qual deles modelava melhor esses dados, o qual apresentou o menor erro foi escolhido, desta forma podendo ser utilizado para a previsão das demandas futuras.

REFERÊNCIAS

GONÇALVES, M. C. et. al. **Aplicação de Métodos Baseado em Séries Temporais de Previsão de Demanda em uma Empresa do Setor Pet Shop.** In: IV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção, 2019, Viçosa/MG.

LATORRE, M.R.D.O, CARDOSO, M.R.A. **Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos.** RevBrasEpidemiol 2001;4:145-52.

PELLEGRINI, F.R. **Metodologia para Implementação de Sistemas de Previsão de Demanda.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.