

PREVISÃO DA DEMANDA POR MEIO DAS SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO DE CASO NO PROCESSO DE CONTROLE BIOLÓGICO NA CANA-DE-AÇÚCAR

Valéria Aparecida Martins Ferreira; vazanferdini@gmail.com; Faculdade de Tecnologia de Sertãozinho (FATEC);
Clésio Aparecido Marinho; clesio.marinho@yahoo.com.br; Faculdade de Tecnologia de Sertãozinho (FATEC);
Juliano Endrigo Sordan; julianosordan@yahoo.com.br; Faculdade de Tecnologia de Sertãozinho (FATEC);

RESUMO: *A previsão da demanda representa um fator crítico para o controle do processo produtivo, visto que as consequências das decisões inerentes às atividades de planejamento da produção quase sempre dependem do futuro. O presente artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento da previsão da demanda em uma empresa do setor de controles biológicos, que desenvolve produtos para o combate de pragas da cana de açúcar. A previsão foi feita por meio da análise de séries históricas da empresa. Foram definidos parâmetros de suavização exponencial para a aplicação do modelo de previsão. Também foram apresentados métodos de controle de erros nas previsões que são utilizados para verificar a adequação do modelo utilizado para realizar as previsões. Devido ao comportamento sazonal das séries históricas fornecidos pela empresa, empregou-se o método da sazonalidade simples, usando quatro valores para α (0,1; 0,2; 0,3 e 0,8). Os resultados indicaram que o parâmetro $\alpha=0,8$ forneceu o menor Desvio Absoluto Médio (DAM), resultando na melhor previsão. A previsão da demanda pode ser compreendida como uma prática necessária ao alinhamento empresarial entre as áreas de vendas e PCP, visto que o resultado dessa atividade contribui para o atendimento das necessidades dos clientes e redução de custos operacionais.*

PALAVRAS-CHAVE: *Previsão da Demanda; Análise das Séries Temporais; Planejamento.*

ABSTRACT: *Demand forecasting is a critical factor in controlling the production process, as the consequences of decisions inherent in production planning activities often depend on the future. This paper aims to present the development of forecasting in a company in the biological controls sector, which develops products to combat sugarcane pests. The forecast method was made by analyzing the historical series data. Exponential smoothing parameters were defined for the prediction model application. Prediction error control methods that are used to verify the adequacy of the prediction model were also presented. Due to the seasonal behavior of the historical series provided by the company, the simple seasonality method was used, using four values of α (0.1, 0.2, 0.3 e 0.8). The results indicated that the parameter $\alpha = 0.8$ provided the lowest Mean Absolute Deviation (MAD), that provides the best forecast. Demand forecasting can be understood as a necessary practice for business alignment between the sales and Planning and Production Control, as the result of this activity contributes to meeting customer needs and reducing operating costs.*

KEYWORDS: *Forecasting; Times Series Forecasting; Production Planning.*

1. Introdução

O gerenciamento de um sistema produtivo requer o planejamento das atividades inerentes ao planejamento e controle da produção de modo que a organização possa se antecipar às variações na demanda dos produtos e nos níveis de estoques. A previsão da demanda pode ser compreendida como o ponto de partida para um sistema de planejamento da produção, visto que as consequências das decisões inerentes às atividades de planejamento da produção quase sempre dependem do futuro (HOPP; SPEARMAN, 2013).

Embora a evolução dos sistemas de informação observada nos últimos anos tenha facilitado a aquisição de *softwares* que auxiliam a previsão de vendas de forma acurada, a conscientização a respeito da importância dessa prática ainda não está totalmente sedimentada nas empresas de pequeno porte. Por outro lado, a escolha de um modelo de previsão apropriado ao contexto organizacional pode determinar o sucesso de um negócio, visto que ela possibilita o direcionamento dos planos de produção, estoque e compras, diminuição dos erros e o suprimento da demanda dos consumidores (CECATTO; BELFIORE, 2015).

A responsabilidade pelo processo de previsão da demanda é normalmente atribuída ao pessoal de marketing e vendas. Contudo, essa responsabilidade pode ser compartilhada pelo pessoal do Planejamento e Controle da Produção (PCP), visto que seu resultado influencia diretamente o desempenho nessa área (TUBINO, 2008).

Exemplos de estudos empíricos relacionados às técnicas de previsão da demanda utilizando séries temporais podem ser evidenciados na literatura. Tais estudos abordam o emprego do método *Box-Jenkins* para análise de dados históricos para a previsão do número de atendimentos em assistência técnica de computadores pessoais (WERNER; RIBEIRO, 2003), a previsão de preços na negociação de contratos futuros no agronegócio (BRESSAN, 2004), a utilização de Redes Neurais Função de Base Radial (N-RBF) para a previsão de preços de troncos de eucalipto para celulose e serraria (COELHO *et al.*, 2007), entre outros.

Dentro desse contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar a aplicação de um método de previsão da demanda por meio das séries temporais direcionado para a comercialização de um agente biológico utilizado no processo de controle de pragas na cultura de cana-de-açúcar. Tal análise busca a identificação da técnica mais adequada ao processo da organização, de modo a minimizar os erros da previsão.

2. Métodos de previsão da demanda

No contexto do planejamento e controle da produção, a previsão da demanda é um componente do processo de gestão da demanda, cuja função é obter informações acuradas a respeito das projeções de vendas e confirmação de pedidos. De acordo com Corrêa *et al.*, (2007), um sistema de previsão da demanda é o conjunto de coleta, tratamento e análise de informações que permite uma estimativa de vendas em unidades de produtos em um período específico, podendo ser medido em semanas, meses etc.

Hopp e Spearman (2013) sugerem uma distinção básica entre os modelos de previsão da demanda, classificando os diferentes métodos entre **previsões qualitativas**, onde são desenvolvidos cenários futuros prováveis usando o conhecimento de especialistas (como por exemplo o método Delphi) e **previsões quantitativas**, onde medidas numéricas do passado predizem o futuro por meio de um modelo matemático.

De Mesquisa (2008) esclarece que os métodos qualitativos, que apresentam maior grau de subjetividade, abrangem a técnica Delphi, a pesquisa de mercado e a simulação de cenários. Por outro lado, os métodos quantitativos, podem ser subdivididos em métodos de **correlação**, que reúnem as técnicas de regressão simples, regressão múltipla e métodos econométricos, e métodos de **projeções de séries temporais**, que incluem médias móveis, suavização exponencial, projeção de tendências, decomposição e Box Jenkins (ARIMA).

As previsões podem ainda ser classificadas de acordo com o horizonte temporal que ela cobre, sendo de **curto prazo**, quando o período considerado é menor do que 3 meses, de **médio prazo** cobrindo um intervalo entre 3 meses a 3 anos, ou de **longo prazo**, estendendo-se por mais de 3 anos (HEIZER; RENDER, 2001).

O processo de previsão da demanda vai além da escolha por um método específico e sua aplicação. Para Russell e Taylor III (2011), além de calcular uma estimativa numérica para a demanda futura, os métodos de previsão da demanda representam um processo contínuo que requer um constante monitoramento e ajuste, conforme apresentado na Figura 1.



FIGURA 1 - Etapas do processo de previsão da demanda. Fonte: Adaptado de Russell e Taylor III (2011).

3. Método de pesquisa

O método de pesquisa escolhido foi o estudo de caso único, de natureza qualitativa-descritiva, visto que esse método é recomendado para trabalhos que tenham como características a necessidade de encontrar respostas às questões “como” e “por que”, pouco ou nenhum controle sobre o evento por parte do pesquisador e foco em problemas contemporâneos dentro de um contexto real (YIN, 2009).

Após a seleção da organização por critério de conveniência, foram conduzidas reuniões *in loco* para proceder a coleta dos dados por meio de entrevistas semiestruturadas, realizadas no segundo semestre de 2018. Participaram dessas entrevistas: coordenador comercial; coordenador de produção; gerente de controladoria; e analista de controladoria. Após a coleta dos dados procedeu-se uma análise de conteúdo dos registros e documentos da organização.

4. Estudo de caso

4.1 Caracterização da organização e descrição do produto

A “empresa A” é uma organização de pequeno porte, fundada no ano de 1994 e instalada na região metropolitana de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. Atualmente a empresa emprega cerca de 252 colaboradores e seu negócio está relacionado com a agricultura aplicada à indústria sucroalcooleira. O produto desenvolvido e comercializado pela empresa é um agente de controle biológico utilizado para o controle de pragas na produção de cana-de-açúcar, especificamente para o controle da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*).

O agente biológico é multiplicado por meio de um manejo integrado da praga, empregando um método de controle biológico, onde o parasitóide é a vespa (*Cotesia flavipes*). A Figura 2 apresenta o ciclo de desenvolvimento da vespa, o qual dura aproximadamente 21 dias. Nesse ciclo, as larvas alimentam-se da broca-da-cana. Essas larvas são sensíveis a elevadas temperaturas e devem ser liberadas nas primeiras horas do dia, de modo a evitar o choque térmico. Os agentes biológicos estão prontos para liberação quando 70 a 80% das vespas estiverem nascidas. Cada frasco comercializado possui 1500 vespas aproximadamente.



FIGURA 2 - Ciclo de desenvolvimento da vespa. Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

4.2 Resultados e discussão

De acordo com analista de controladoria da empresa A, o planejamento da previsão da demanda teve início com um levantamento dos dados históricos referentes a comercialização do produto nas três últimas safras da cana de açúcar na região. O período de safra se inicia no mês de julho de um determinado ano e termina no mês de junho do ano seguinte. Embora a literatura sobre métodos de previsão da demanda usando as séries temporais recomende previsões de curto prazo, a previsão investigada neste estudo considerou como horizonte de previsão um período de 12 meses. A Tabela 1 apresenta os dados das safras 2014-2015, 2015-2016 e 2016-2017, os quais foram analisados e utilizados para a previsão da demanda.

TABELA 1 – Volume de vendas nas últimas safras.

Meses/Safras	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Julho	147.139	145.531	131.208
Agosto	101.458	112.453	159.792
Setembro	138.041	129.400	158.614
Outubro	135.768	134.612	182.609
Novembro	167.152	229.121	192.679
Dezembro	224.284	293.074	232.874
Janeiro	259.758	232.992	214.872
Fevereiro	252.529	290.676	271.603
Março	341.571	314.350	283.513
Abril	250.239	250.872	206.154
Maiο	169.542	242.370	224.257
Junho	123.920	198.900	179.010
Total	2.311.401	2.574.351	2.437.185

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O comportamento das vendas ao longo das três safras analisadas é ilustrado na Figura 3. A variação na quantidade comercializada ao longo do tempo evidencia a sazonalidade da demanda, pois percebe-se um pico no primeiro trimestre do ano e queda acentuada a partir do segundo trimestre, sendo que os meses de julho e agosto representam o período com o menor volume de vendas.

Essa sazonalidade pode ser melhor compreendida por meio da comparação da variação da demanda de maneira sobreposta, observando a sazonalidade dos três períodos de safra em um mesmo intervalo de tempo, com horizonte de doze meses. A Figura 4 apresenta a evolução das safras de forma sobreposta, permitindo uma análise comparativa entre elas.

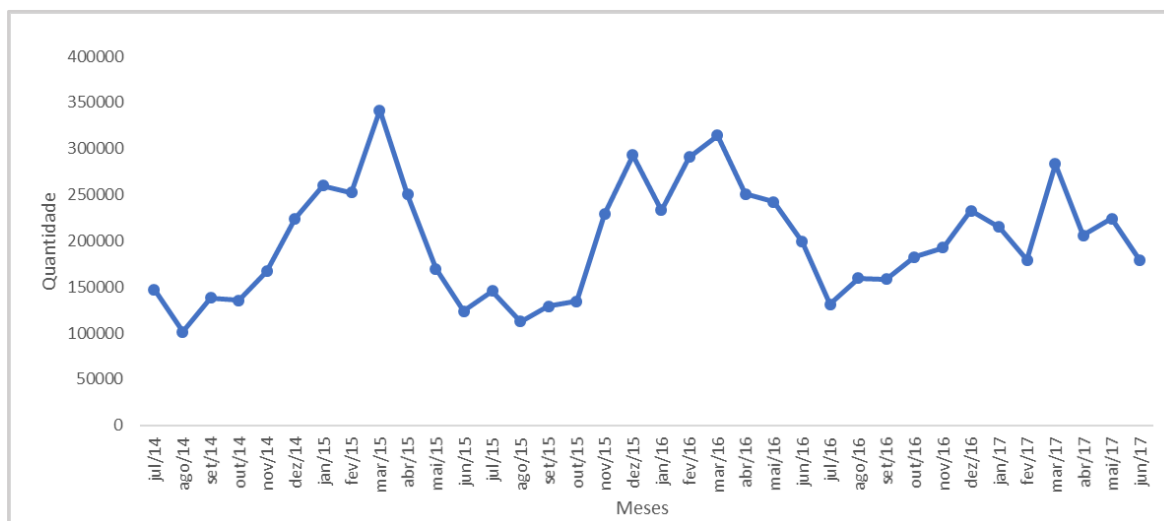


FIGURA 3 - Volume de vendas de frascos de vespas. Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

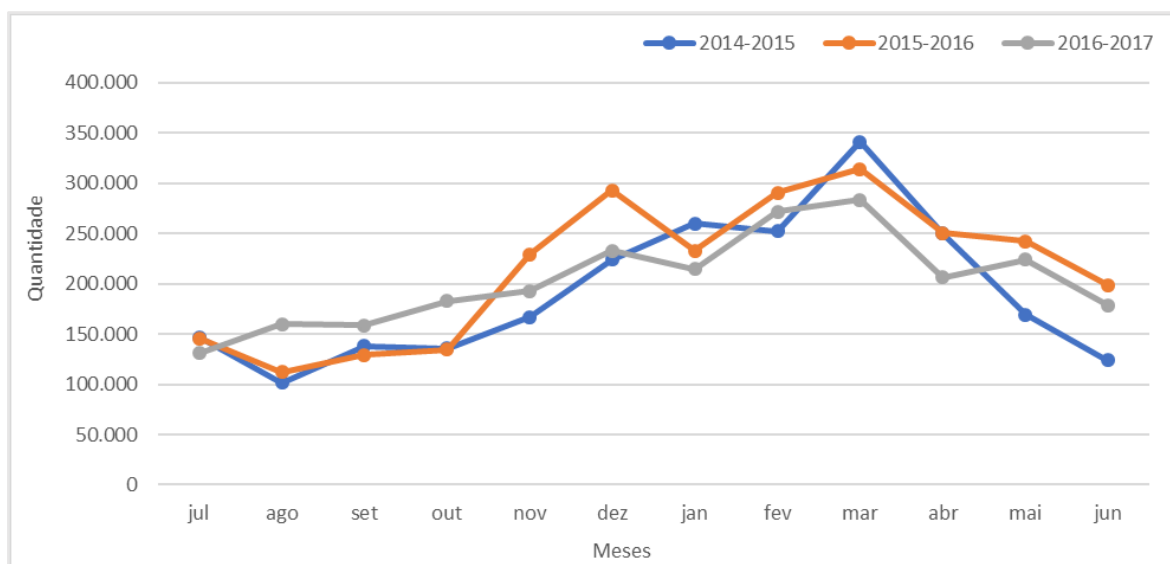


FIGURA 4 - Comparativos entre safras. Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Devido ao comportamento sazonal da séries histórica analisada, o método de previsão da demanda escolhido pela empresa foi o método de sazonalidade simples, onde o valor da previsão (P_t) foi calculado a partir das expressões 1, 2 e 3. A literatura recomenda valores entre 0,1 e 0,3 para a constante de suavização sendo que valores altos de α fazem com que o modelo de previsão reaja prontamente às alterações de demanda, enquanto que valores baixos de α indicam maior peso ao passado (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

$$P_t = S_t \times F_t \quad (1)$$

$$F_t = \frac{d_t}{\text{demanda média no ciclo de sazonalidade}} \quad (2)$$

$$S_t = \alpha \left(\frac{d_t}{F_t} \right) + (1 - \alpha) S_{t-1} \quad (3)$$

em que:

F_t : fator de sazonalidade no período t

S_t : previsão suavizada exponencialmente para o período t

d_t : demanda real no período t

α : constante de suavização limitado ao intervalo entre 0 e 1

Como a série histórica é composta por três anos, o primeiro passo foi calcular a média por mês, para se encontrar o valor de d_t (demanda média). O valor da demanda média mensal foi obtido dividindo a soma dos valores encontrados para a demanda média (2.440.979) por 12. O fator de sazonalidade (F_t) para cada mês foi obtido a partir da relação entre d_t e a demanda média no ciclo de sazonalidade. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - Demanda média, demanda média mensal e fator de sazonalidade nos três períodos de safra.

Meses	2014-2015	2015-2016	2016-2017	Demanda média	Demanda média mensal	Fator sazonal
jul	147.139	145.531	131.208	141.292,67	203.414,92	0,69460
ago	101.458	112.453	159.792	124.567,67	203.414,92	0,61238
set	138.041	129.400	158.614	142.018,33	203.414,92	0,69817
out	135.768	134.612	182.609	150.996,33	203.414,92	0,74231
nov	167.152	229.121	192.679	196.317,33	203.414,92	0,96511
dez	224.284	293.074	232.874	250.077,33	203.414,92	1,22940
jan	259.758	232.992	214.872	235.874,00	203.414,92	1,15957
fev	252.529	290.676	179.457	271.602,67	203.414,92	1,33522
mar	341.571	314.350	283.513	313.144,67	203.414,92	1,53944
abr	250.239	250.872	206.154	235.755,00	203.414,92	1,15899
mai	169.542	242.370	224.257	212.056,33	203.414,92	1,04248
jun	123.920	198.900	179.010	167.276,67	203.414,92	0,82234
Total				2.440.979		

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

O valor da previsão suavizada exponencialmente para cada mês (S_t) foi calculado usando quatro valores para α (0,1; 0,2; 0,3; e 0,8), sendo que, além dos valores recomendados na literatura (entre 0,1 e 0,3), também foi incluído o valor ótimo observado na análise das séries temporais por meio do *software* Minitab® v.17, que apontou o valor de α para 0,8. O valor da previsão (P_t) foi obtido multiplicando cada valor da previsão suavizada exponencialmente por seu respectivo fator de sazonalidade. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos. De forma gráfica, esses valores também estão ilustrados de maneira sobreposta na Figura 5.

TABELA 3 - Valores de suavização exponencial para valores de α (0,1; 0,2; 0,3; e 0,8).

Meses	2014-2015	2015-2016	2016-2017	St 0,1	St 0,2	St 0,3	St 0,8	Pt 0,1	Pt 0,2	Pt 0,3	Pt 0,8
jul	147.139	145.531	131.208	131.208,00	131.208,00	131.208,00	131.208,00	91.137,51	91.137,51	91.137,51	91.137,51
ago	101.458	112.453	159.792	138.428,69	145.649,38	152.870,08	188.973,53	84.771,26	89.193,08	93.614,91	115.724,02
set	138.041	129.400	158.614	144.927,31	157.202,49	168.033,53	200.526,64	101.184,00	109.754,17	117.316,08	140.001,82
out	135.768	134.612	182.609	150.776,07	166.444,98	178.647,94	202.837,26	111.922,10	123.553,28	132.611,63	150.567,54
nov	167.152	229.121	192.679	156.039,96	173.838,96	186.078,04	203.299,39	150.595,40	167.773,35	179.585,37	196.205,83
dez	224.284	293.074	232.874	160.777,45	179.754,15	191.279,10	203.391,81	197.659,00	220.988,90	235.157,62	250.048,93
jan	259.758	232.992	214.872	165.041,20	184.486,31	194.919,85	203.410,30	191.377,00	213.924,94	226.023,36	235.868,64
fev	252.529	290.676	179.457	168.878,57	188.272,03	197.468,37	203.413,99	225.489,20	251.383,65	263.662,74	271.601,43
mar	341.571	314.350	283.513	172.332,21	191.300,61	199.252,33	203.414,73	265.294,80	294.495,44	306.736,62	313.144,38
abr	250.239	250.872	206.154	175.440,48	193.723,47	200.501,11	203.414,88	203.333,00	224.522,75	232.377,94	235.754,96
mai	169.542	242.370	224.257	178.237,92	195.661,76	201.375,25	203.414,91	185.809,80	203.973,81	209.930,02	212.056,33
jun	123.920	198.900	179.010	180.755,62	197.212,39	201.987,15	203.414,92	148.643,00	162.176,07	166.102,55	167.276,67

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

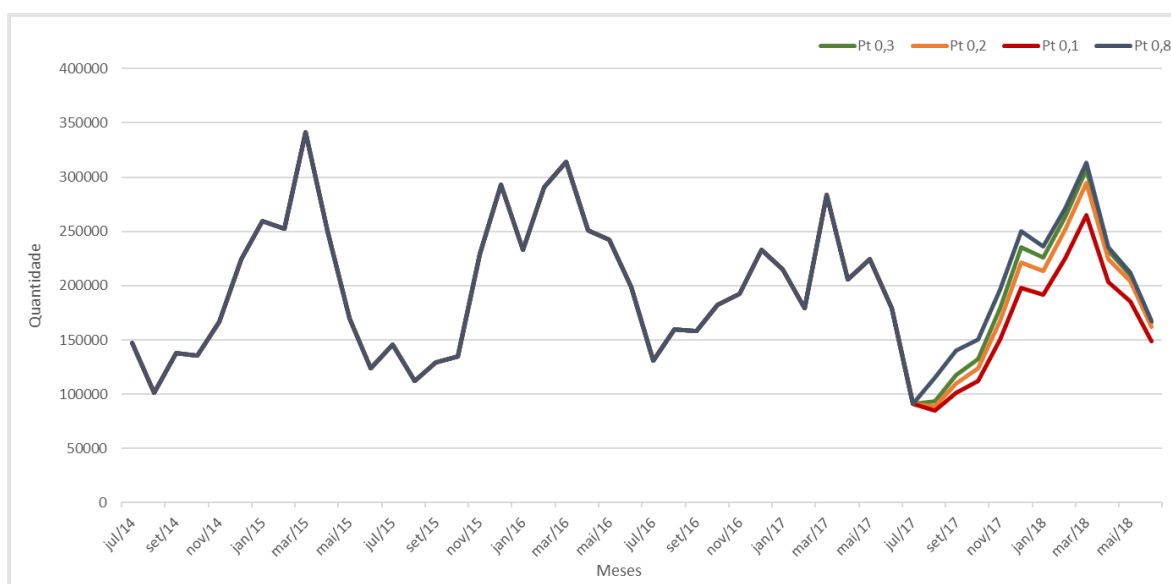


FIGURA 5 - Previsão da demanda para valores de α . Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Os erros nas previsões podem ser provenientes de erros aleatórios, resultante de fatores imprevisíveis que fazem com que a previsão se desvie da demanda real e erros sistemáticos, decorrentes da aplicação de métodos inadequados ou da escolha de parâmetros referentes ao método escolhido. Para monitorar a adequação do modelo, a empresa A decidiu utilizar o *Desvio Absoluto Médio (DAM)* para saber qual parâmetro seria mais bem utilizado, resultando em um menor erro de previsão. O *DAM* foi então calculado com base na expressão 4:

$$DAM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |e_t| \quad (4)$$

A Tabela 4 apresenta os valores DAM para cada um dos parâmetros de α estabelecidos neste estudo. Com base nesses resultados, observou-se que o parâmetro $\alpha = 0,8$ forneceu o menor *DAM*, sendo o mais adequado ao processo de previsão da demanda da empresa A.

TABELA 4 - Cálculo do *DAM* para a escolha de valores de α no método de sazonalidade simples.

Meses	2014-2015	2015-2016	2016-2017	Pt 0,1	Pt 0,2	Pt 0,3	Pt 0,8	DAM 0,1	DAM 0,2	DAM 0,3	DAM 0,8
jul	147.139	145.531	131.208	91.137,51	91.137,51	91.137,51	91.137,51	40.070,49	40.070,49	40.070,49	40.070,49
ago	101.458	112.453	159.792	84.771,26	89.193,08	93.614,91	115.724,02	75.020,73	70.598,90	66.177,09	44.067,97
set	138.041	129.400	158.614	101.184,00	109.754,17	117.316,08	140.001,82	57.429,99	48.859,80	41.297,92	18.612,17
out	135.768	134.612	182.609	111.922,10	123.553,28	132.611,63	150.567,54	70.686,85	59.055,70	49.997,37	32.041,46
nov	167.152	229.121	192.679	150.595,40	167.773,35	179.585,37	196.205,83	42.083,61	24.905,70	13.093,63	3.526,83
dez	224.284	293.074	232.874	197.659,00	220.988,90	235.157,62	250.048,93	35.214,96	11.885,10	2.283,61	17.174,92
jan	259.758	232.992	214.872	191.377,00	213.924,94	226.023,36	235.868,64	23.495,04	947,06	11.151,36	20.996,64
fev	252.529	290.676	179.457	225.489,20	251.383,65	263.662,74	271.601,43	46.113,78	20.219,30	7.940,25	1,56
mar	341.571	314.350	283.513	265.294,80	294.495,44	306.736,62	313.144,38	18.218,24	10.982,40	23.223,62	29.631,38
abr	250.239	250.872	206.154	203.333,00	224.522,75	232.377,94	235.754,96	2.820,97	18.368,70	26.223,94	29.600,95
mai	169.542	242.370	224.257	185.809,80	203.973,81	209.930,02	212.056,33	38.447,22	20.283,20	14.326,98	12.200,67
jun	123.920	198.900	179.010	148.643,00	162.176,07	166.102,55	167.276,67	30.367,02	16.833,90	12.907,45	11.733,33
								39.997,41	28.584,20	25.724,48	21.638,20

Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

5. Considerações finais

O presente artigo teve como objetivo analisar a aplicação de um método de previsão da demanda por meio das séries temporais direcionada para a comercialização de um agente biológico utilizado no processo de controle de pragas na cultura de cana-de-açúcar. A previsão de demanda pode ser entendida como uma prática necessária de alinhamento empresarial entre as áreas de vendas e PCP, visto que o resultado dessa atividade contribui para o atendimento das necessidades dos clientes e redução de custos operacionais.

O estudo de caso apresentado neste artigo abordou um padrão de demanda sazonal e evidenciou que a técnica de previsão da demanda por meio das séries temporais com suavização exponencial para α de 0,8 mostrou-se mais adequado ao processo da empresa, por apresentar menor Desvio Absoluto Médio (DAM).

Como trabalho futuro, os autores pretendem aplicar o acompanhamento da previsão da demanda com dados reais nos próximos períodos, de modo a comparar a demanda prevista com a demanda real. Caso seja constatada a inadequação dos parâmetros do modelo, mantendo-se uma série sazonal, outros valores para a constante de suavização poderão ser testados.

Referências

- BRESSAN, A. A. Tomada de decisão em futuros agropecuários com modelos de previsão de séries temporais. **RAE-eletrônica**, v. 3, n. 1, p. 1-20, 2004.
- CECATTO, C.; BELFIORE, P. O uso de métodos de previsão de demanda nas indústrias alimentícias brasileiras. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 2, p. 404-418, 2015.
- COELHO, L. S.; SILVA, W. V.; PROTIL, R. M. Previsão não linear dos preços de troncos de eucalipto baseada em uma abordagem neuroevolutiva. **Gestão & Produção**, v. 14, n. 1, p. 139-154, 2007.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I.G.N; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2007.
- DE MESQUITA, M.A. Previsão de demanda. In: LUSTOSA, L. J.; DE MESQUITA, M.A.; OLIVEIRA, R. J. **Planejamento e controle da produção**. Elsevier Brasil, 2008.
- FERNANDES, F.C.F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e Controle da Produção – dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.
- HEIZER, J. H.; RENDER, B. **Administração de operações: bens e serviços**. LTC, 2001.
- HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **A ciência da fábrica**. Bookman, 2013.
- RUSSELL, R. S.; TAYLOR-III, B. W. **Operations management along the supply chain**. 7th Edition, John Wiley & Sons, 2011.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **Gestão e produção**. São Carlos, SP. Vol. 10, n. 1, p. 47-67, 2003.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**, 4th edition. Applied social research methods series, 5. SAGE Publication, Inc., 2009.