



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Brazilian Journal of  
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

## APLICAÇÃO DE UM MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA EMPRESA DO SETOR CERVEJEIRO

### APPLICATION OF A FORECAST MODEL OF DEMAND IN A BREWERY INDUSTRY

Iago Mesquita Naves Diniz<sup>1</sup>, Deivid Marques Nunes<sup>2</sup>, Vanessa Aparecida de Oliveira Rosa<sup>3</sup>, & Naiara Faiad Sebba Calife<sup>4</sup>

<sup>1234</sup>Engenharia de Produção da Universidade Federal de Goiás - UFG, Regional Catalão.  
<sup>1</sup>iago-mesquita@hotmail.com <sup>2</sup>nunesdm@ufg.br <sup>3</sup>vanessaaor@ufg.br <sup>4</sup>naiaracalife@hotmail.com

#### ARTIGO INFO.

Recebido em: 10/05/2019

Aprovado em: 17/06/2019

Disponibilizado em: 05/07/2019

**PALAVRAS-CHAVE:** Previsão de demanda; séries temporais; setor cervejeiro.

**KEYWORDS:** Forecasting; time series; breweries.

\*Autor Correspondente: Nunes, D.M.

#### RESUMO

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores mundiais de cerveja, com uma intensificação na sua produção de cerca de 5% ao ano desde 2004, porém as microcervejarias são responsáveis por apenas 1% da produção total do setor cervejeiro, no entanto com a recente tendência de terceirização, que o mercado cervejeiro apresenta, as microcervejarias estão ocupando cada vez mais espaço no mercado. A realização do presente trabalho foi motivada pela necessidade de otimizar o processo de planejamento estratégico de uma empresa do ramo cervejeiro a fim de reduzir as incertezas geradas ao longo do seu processo de produção. Este trabalho foi executado na forma de estudo de caso em uma empresa do setor cervejeiro do sudeste goiano. O objetivo foi realizar uma previsão de demanda para facilitar o direcionamento estratégico da empresa, a partir da análise dos dados históricos da venda de chope da empresa foram realizadas oito previsões de demanda, seis por meio do método de Holt-Winters e duas pelo método de decomposição em série, as medições foram comparadas por meio dos indicadores de acuracidade e foi realizado um teste de hipótese para verificar se

existia ou não diferenças significativas entre as medições. Foi constatado que ambos os métodos não apresentavam diferenças significativas, o método multiplicativo de Holt-Winters foi o escolhido como o método mais adequado, mesmo com resultados ligeiramente inferiores, porém ele não apresentou nenhum indicativo de tendência ao longo de suas medições.

#### ABSTRACT

Brazil is one of the biggest producers and consumers of beer, with an increasing in its production of about 5% per annum since 2004, but microbreweries account for only 1% of the total production of the brewing sector, however with the recent tendency of outsourcing the microbreweries are taking up more and more space in the market. The accomplishment of the present work was motivated by the need to optimize the strategic planning process of a brewery company. This academic work was carried out in the form of a case study at a brewery in southeastern of Goiás. The goal was to carry out a forecast to support the strategic decisions of the company, by the analysis of historical data about the sale of draft beer were made eight forecasts, the predictions were compared using accuracies indicators and a hypothesis test was performed to verify if exist significative differences between the measurements. It was proven that both methods are not shown significative differences, the Holt-Winters multiplicative method was chosen, even with lower results, but he did not present any trend indicative along his measurements.



## 1 INTRODUÇÃO

Lima (2018) afirma que o Brasil é notoriamente um dos maiores produtores e consumidores mundiais de cerveja, consolidado como o terceiro maior produtor, atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Dessa maneira, o mercado dependente desse produto, como bares e restaurantes, é fomentado.

Ainda, Lima (2018) diz que a produção de cerveja no Brasil intensifica-se cerca de 5% ao ano desde 2004, com uma produção anual de aproximadamente 14 bilhões de litros, sendo responsável por 1,6% do produto interno bruto do país. Porém, as microcervejarias são responsáveis por menos de 1% da produção anual da cerveja no mercado brasileiro.

Os grandes conglomerados responsáveis pela fabricação e distribuição de cervejas e produtos afins tem apresentado uma tendência de terceirização da produção desses produtos, devido a constante busca pela redução dos custos relacionados a sua produção e estocagem, o que promove uma oportunidade de crescimento para as microcervejarias no mercado brasileiro.

A ABRACERVA (2018) registrou um aumento de 37,7% no número de microcervejarias registradas em 2017. Consequentemente, a concorrência e a exigência do mercado estão em constante crescimento, o que direciona cada vez mais as microcervejarias a planejarem meios que diminuam as imprevisibilidades quanto a quantidade a ser produzida.

A fim de suavizar tais imprevisibilidades, é fundamental planejar para que as empresas minimizem possíveis oscilações nos custos, geradas por gastos inesperados, o que permite que as organizações consigam aplicar melhor os recursos necessários para a realização dos seus objetivos.

Segundo Corrêa, et al. (2006), o processo de planejamento estratégico consiste em estabelecer um plano de produção para determinado período, de acordo com as estimativas de vendas de longo prazo e a disponibilidade de recursos financeiros e produtivos, o que facilita a percepção da realidade para que o planejamento econômico seja executado da melhor maneira possível.

De acordo com Chiavenato (2005), para que as empresas alcancem seus objetivos e apliquem corretamente seus recursos é necessária a realização de um planejamento antecipado, através de um controle adequado da produção. Para tanto, destaca-se o Planejamento e Controle da Produção (PCP), que visa o acréscimo da eficiência e eficácia da empresa.



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

O Planejamento e Controle da Produção é responsável pelo gerenciamento e aplicação dos recursos produtivos, de forma a cumprir o planejamento preestabelecido nos níveis estratégico, tático e operacional das organizações, apoiando-se na gestão de demanda.

Para Chiavenato (2005) o equilíbrio entre demanda e produção é a chave do sucesso de um plano de produção. Portanto, a busca por novas ferramentas que auxiliem no processo de decisão é extremamente necessária, com a finalidade de prever o quanto será produzido e a quantidade que o mercado pode absorver dessa produção, a fim de reduzir as perdas, tanto pelo excesso de produção quanto pela produção abaixo da expectativa.

De acordo com Fernandes & Godinho Filho (2010), a previsão de demanda permite estimar a demanda futura e aumentar a previsibilidade dos custos envolvidos nos processos, pois ela é o elo principal entre a disponibilidade de estoques e a redução de custos.

Dentre os métodos utilizados para a previsão, destacam-se os modelos quantitativos, que tem como objetivo quantificar um problema e entender a dimensão dele. Tais modelos se baseiam nas séries temporais que segundo Fernandes & Godinho Filho (2010) são um conjunto de observações ordenadas no tempo, com o pressuposto de que o futuro pode ser previsto com base no histórico de dados do passado.

Dessa forma, o objetivo geral do presente trabalho é realizar previsões de demanda a fim de buscar alternativas para facilitar o direcionamento estratégico da empresa e reduzir as incertezas ao longo do seu processo produção.

Para tanto, os objetivos específicos são: examinar os dados históricos de demanda da empresa, analisar e selecionar o melhor método de previsão de demanda, interpretando as previsões.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 PREVISÃO DE DEMANDA**

A escolha do método de previsão a ser utilizado é provavelmente o ponto mais importante dentro da função de gestão da demanda (Corrêa, et al., 2006), pois ele assume papel central no processo de planejamento de uma empresa, através da elucidação de dados futuros para as tomadas de decisões financeiras, comerciais e operacionais. Logo, uma boa previsão impactará positivamente nos resultados econômicos da empresa (Lustosa, et al., 2008).

A previsão de demanda pode ser definida como um agrupamento de métodos que analisam as variações do mercado e a sua influência sobre as demandas futuras, através de cálculos que



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

predizem situações futuras, para sustentar as decisões, a nível estratégico, tático e operacional, que poderão ser tomadas (Fernandes & Godinho Filho, 2010).

Para Ballou (2011), o planejamento do processo produtivo mediante estimativas acuradas dos volumes de produtos e serviços é um diferencial notável, e Slack, et al. (2007) enfatizam que sem a realização de previsões, as informações necessárias para a realização de um planejamento adequado se tornariam escassas, de forma que as empresas seriam reféns da casualidade.

De acordo com Corrêa, et al. (2006), o grande problema da previsão de vendas é que uma previsão 100% acurada é praticamente inalcançável, devido aos erros que estão envolvidos no processo de previsão. No entanto, Lustosa, et al. (2008) enfatizam que mesmo apresentando riscos, as previsões de demanda são vitais para o planejamento de uma empresa.

Segundo Tubino (2009), um modelo de previsão de demanda pode ser dividido em cinco etapas: definir o objetivo do modelo; realizar a coleta e analisar os dados; selecionar a técnica de previsão adequada; obter as previsões e monitorar o modelo.

## 2.2 SÉRIES TEMPORAIS

Para Fernandes & Godinho Filho (2010), o pressuposto da previsão utilizando os métodos das séries temporais é que o futuro pode ser antecipado com a análise de dados históricos. Downing & Clark (2011) corroboram que as séries temporais são agrupamentos de medidas de uma mesma grandeza, de determinados eventos em intervalos regulares de tempo.

Segundo Corrêa, et al. (2006), a análise de séries temporais é recomendada quando for evidente situações com padrões persistentes ou sistemáticos no comportamento da variável analisada. De acordo com Ritzman & Krajewski (2004) uma série temporal pode possuir cinco componentes: média, tendência, sazonalidade, ciclo e aleatoriedade.

## 2.3 MÉTODO DE DECOMPOSIÇÃO EM SÉRIE

Para Ballou (2011), o método de decomposição em série está entre os modelos de previsão mais aplicados devido a sua simplicidade matemática e a sua grande aceitação pelo motivo de não ser inferior aos outros métodos.

De acordo com Wheelwright & Makridakis (1985), os métodos de decomposição buscam distinguir três componentes, que são tendência, ciclo e os fatores sazonais. A representação da decomposição em série é mostrada na Eq.1:

$$X_t = (S_t, T_t, C_t, E_t) \quad (1)$$



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

em que,  $X_t$  é o valor da série de tempo (dado atual) no período  $t$ ,  $S_t$  é o componente sazonal no período  $t$ ,  $T_t$  é o componente de tendência no período  $t$ ,  $C_t$  é o componente cíclico e  $E_t$  representa o erro.

Wheelwright & Makridakis (1985), afirmam que existem quatro padrões e os mais comuns são aditivo e multiplicativo. As suas formas são explicitadas nas Eq. 2 e Eq. 3.

$$\text{Modelo Aditivo: } X_t = (S_t + T_t + C_t + E_t) \quad (2)$$

$$\text{Modelo Multiplicativo: } X_t = (S_t \cdot T_t \cdot C_t \cdot E_t) \quad (3)$$

## 2.4 MÉTODO DE HOLT-WINTERS

O método Holt-Winters, também conhecido como método de suavização exponencial tripla, é utilizado em situações nas quais os dados utilizados apresentar sazonalidade e tendência ao longo do tempo (Fernandes & Godinho Filho, 2010).

De acordo com Makridakis, et al. (1998), o modelo de Holt-Winters se utiliza de três índices a fim de suavizar os termos presentes nas equações, que correspondem à suavização da tendência, da sazonalidade e do nível analisado. Tais termos permitem minimizar o erro do valor final que será previsto.

A sazonalidade incorporada dentro da análise do modelo de Holt-Winters pode ser subdividida em dois tipos, aditiva e multiplicativa, para permitir um aprofundamento maior nas observações nesse tipo de análise (Lustosa, et al., 2008).

## 2.5 MÉTODOS DE HOLT-WINTERS MULTIPLICATIVO E ADITIVO

O método Holt-Winters multiplicativo é utilizado quando a série de dados apresentarem constante variação de crescimento entre os períodos de sazonalidade (Makridakis, et al., 2008). As projeções dos valores futuros da série são efetuadas através da função de previsão do método representada pela Eq. 4.

$$F_{t+m} = (L_t + b_{t-m}) S_{t-s+m} \quad (4)$$

Em que  $F_{t+m}$  representa a previsão para  $m$  períodos a frente ( $t + m$ ), por meio da soma do  $L_t$ , que é o nível da série ao final do instante  $t$ , mais  $b_t$  que corresponde a tendência ao final do instante  $t$ , vezes  $S_t$  que indica a componente sazonal no instante  $t$ , conforme as Equações 5, 6 e 7, respectivamente.

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha) (L_{t-1} + b_{t-1}); \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (5)$$



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

$$b_t = \delta(L_t + L_{t-1}) + (1 - \delta) b_{t-1} ; \quad 0 \leq \delta \leq 1 \quad (6)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-s} , \quad 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (7)$$

No qual  $\alpha$ ,  $\delta$  e  $\gamma$  são parâmetros exponenciais alisadores que controlam o peso relativo ao nível ( $L_t$ ), a tendência ( $b_t$ ) e a sazonalidade ( $S_t$ ),  $Y_t$  representa a demanda no período t e s indica o comprimento total da sazonalidade dentro das observações.

Já o método aditivo é empregado quando os dados analisados apresentar uma amplitude de variação sazonal constante (Makridakis, et al., 2008). As projeções dos valores futuros para o método aditivo são semelhantes ao multiplicativo. Nesse método, a componente sazonal é somada às componentes de nível e tendência, como representado na Eq. 8.

$$F_{t+m} = L_t + b_{t-m} + S_{t-s+m} \quad (8)$$

As componentes de nível, tendência e sazonalidade apresentam pequenas alterações nas composições de suas equações, em relação ao modelo multiplicativo, conforme mostram as equações 9, 10 e 11, respectivamente.

$$L_t = \alpha (Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) ; \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (9)$$

$$b_t = \delta(L_t + L_{t-1}) + (1 - \delta) b_{t-1}; \quad 0 \leq \delta \leq 1 \quad (10)$$

$$S_t = \gamma (Y_t - L_t) + (1 - \gamma) S_{t-s} , \quad 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (11)$$

## 2.6 MEDIDAS DE ACURÁCIA

Segundo Corrêa, et al., (2006), nenhuma previsão será bem-sucedida se os erros não forem bem identificados e analisados, com o objetivo de revisar as hipóteses, remodelar o método de previsão e melhorar o processo.

Tubino (2009) enfatiza que após a técnica de previsão ser definida é necessário realizar o acompanhamento do desempenho das previsões e confirmar a sua validade. Essa condução é feita através de cálculos do erro da previsão, com o objetivo de comprovar a acuracidade dos valores previstos, corrigir variações e permitir a escolha da técnica mais eficiente.

Dentre os métodos mais utilizados para a consolidação da previsão de demanda estão o Desvio Absoluto Médio (DAM), Erro Quadrático Médio (EQM) e o Erro Percentual Absoluto Médio (EPAM).



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

O DAM mede a dispersão dos erros, logo quanto menor o resultado apresentado mais próximo da demanda real a previsão estará, altos valores indicam problemas com o método de previsão empregado ou com os parâmetros utilizados (Fernandes & Godinho Filho, 2010).

A equação do DAM pode ser expressa como representada na Equação 12.

$$DAM = \sum_{t=1}^n \frac{(D_{\text{atual}} - D_{\text{prevista}})}{n} \quad (12)$$

Em que:

$D_{\text{atual}}$  = demanda ocorrida no período;

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

$n$  = número de períodos.

Para Lustosa, et al., (2008), o EQM se caracteriza por destacar um peso maior aos desvios maiores, ocorrendo o contrário com os desvios menores, a grande desvantagem desse método de previsão é que este não é expresso na mesma unidade dos dados originais de demanda.

A equação do EQM pode ser expressa como representada na Equação 13.

$$EQM = \sum_{t=1}^n \frac{(D_{\text{atual}} - D_{\text{prevista}})^2}{n} \quad (13)$$

Em que:

$D_{\text{atual}}$  = demanda ocorrida no período;

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

$n$  = número de períodos.

O EPAM relaciona o erro absoluto com os valores da demanda, quanto menor esse valor, mais qualificado essa análise foi realizada (Lustosa, et al., 2008).

A equação do EPAM pode ser expressa como representada na Equação 14.

$$EPAM = \sum_{t=1}^n \frac{(D_{\text{atual}} - D_{\text{prevista}})/D_{\text{atual}}}{n} \times 100, \quad D_{\text{atual}} > 0 \quad (14)$$

Em que:

$D_{\text{atual}}$  = demanda ocorrida no período;

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

$n$  = número de períodos.



## 2.7 TESTE T DE STUDENT

Bussab & Morettin (2013) afirmam que o teste t de Student usa conceitos estatísticos básicos para rejeitar ou não uma hipótese nula por meio da estimativa dos parâmetros das hipóteses, como a média e o desvio padrão. A hipótese nula é quando um parâmetro da população estudada é igual a um valor hipotético.

Para Montgomery & Runger (2009), o teste t pareado é indicado para analisar o mesmo grupo de itens que foram medidos por meio de duas condições diferentes, como por exemplo a medição de uma mesma peça por dois laboratórios distintos.

Para a realização do teste t pareado é necessário calcular o intervalo de confiança, representado na Equação 15.

$$Ic = d \pm t_{\frac{\alpha}{2}}(s_d/\sqrt{n}) \quad (15)$$

Em que:

$d$  = Média das diferenças da amostra pareada;

$t_{\frac{\alpha}{2}}$  = Probabilidade acumulada inversa de uma distribuição t com  $n-1$  graus de liberdade;

$s_d$  = Desvio padrão da amostra das diferenças da amostra pareada;

$n$  = Tamanho amostral.

É necessário que se identifique também o valor de T, como demonstrado na equação 16.

$$T = \frac{d - \mu_0}{s_d/\sqrt{n}} \quad (16)$$

Em que

$d$  = Média das diferenças da amostra pareada;

$\mu_0$  = média hipotética da população das diferenças;

$s_d$  = Desvio padrão da amostra das diferenças da amostra pareada;

$n$  = Tamanho amostral.



### 3 METODOLGIA

Para a realização deste trabalho, foram seguidos os passos de Fernandes & Godinho Filho (2010), que dividem as etapas do processo de previsão em cinco tópicos, que são: identificar o objetivo da previsão, selecionar uma abordagem de previsão, selecionar os métodos de previsão e estimar os parâmetros, elaborar a previsão e por último monitorar, interpretar e atualizar a previsão.

Seguindo a metodologia de Fernandes & Godinho Filho (2010), o primeiro passo foi identificar o objetivo da previsão, definindo qual decisão que será afetada pelo processo de previsão, com o suporte de outras informações importantes como: o que será previsto, o volume dos recursos a serem utilizados, o horizonte de planejamento da decisão necessária e o grau de detalhe requerido na previsão.

Posteriormente, foi selecionado uma abordagem de previsão quantitativa, pois foi analisado a existência ou não de dados históricos de vendas da empresa, a possibilidade de coleta e análise, a natureza dos dados, onde foi constatado que eram todos quantitativos, e a existência ou não de fatores causais.

Na terceira etapa foi selecionado os métodos de previsão, com base nos dados históricos da empresa. Neste caso escolheu-se os anos de 2014 a 2017, sendo utilizado 48 períodos (meses), com o objetivo de se prever os próximos 12 períodos. Ficou constatado a necessidade do uso das séries temporais, pois as análises dos dados indicavam uma sequência de dados sazonais com tendência, sofrendo alterações em alguns períodos dos anos devido ao clima e as festividades.

Na quarta etapa foi elaborada a previsão de demanda do ano de 2017, através do software Minitab<sup>®</sup>, por meio dos métodos de Holt-Winters e de Decomposição de Séries Temporais para analisar diferentes cenários e decidir o mais adequado a situação, a análise foi baseada nos indicadores de acuracidade e nos gráficos auxiliares, também gerados no software Minitab<sup>®</sup>.

Por fim, foi feito o teste t de Student, baseado no teste de hipóteses para duas amostras independentes, para verificar a existência ou não de diferença significativa entre as previsões, essa etapa terminou com o monitoramento dos dados, através de contato com a empresa, para manter os dados da previsão em constante atualização, para que a previsão ficasse sob controle.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa estudada pertence a um grupo com origem na cidade de Goiânia, que iniciou as suas atividades no setor cervejeiro no ano de 2004, além de outras duas unidades nas cidades de Catalão e Ribeirão Preto. A unidade de Catalão foi inaugurada no ano de 2013, devido a importância da microrregião na distribuição e demanda.

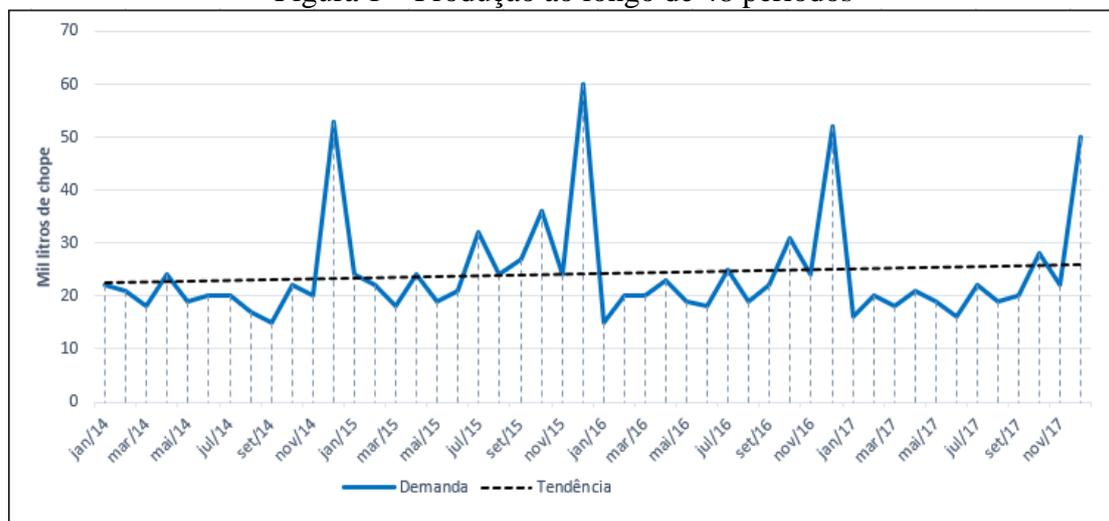
Atualmente, a empresa produz chope e cervejas artesanais. A unidade de Catalão conta com um quadro de 11 empregos diretos e 38 indiretos. O carro chefe da unidade é a produção de chope.

Os dados coletados foram obtidos por meio dos dados históricos das vendas da empresa, e disponibilizados para a realização da análise da previsão de demanda. A análise foi distribuída em 48 períodos (meses) ao longo dos anos de 2014 até 2017.

Os dados foram armazenados na planilha eletrônica Microsoft Office Excel<sup>®</sup>, em que foram estudados. Além disto, foi formatado um gráfico com o objetivo de observar o comportamento da demanda e se era possível realizar a observação de tendência ao longo dos períodos analisados.

Após a análise dos dados foi concebida a Figura 1, em que foi constatado que a produção da empresa estudada, nos períodos observados, possui características sazonais, representando as mesmas tendências de vendas em determinadas épocas do ano, como por exemplo: todo mês de dezembro pode ser observado um aumento considerável no volume das vendas.

Figura 1 – Produção ao longo de 48 períodos



Fonte: Elaborado pelos próprios autores



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

A Figura 1 possibilitou também a observação da quantidade de chope comercializado pela empresa estudada ao longo dos anos. Os períodos 13 a 24 do ano de 2015 representaram o melhor ciclo registrado da empresa estudada, com um total de vendas 22% superior aos anos de 2014 e 2017 e 15% maior do que o ano de 2016.

#### 4.2 DEFINIÇÃO DO MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA

Após a análise dos dados ficou constatado que o método de previsão de demanda deveria ser um que atendesse às especificações da demanda histórica da empresa, que respeitasse a sazonalidade observada e considerasse a tendência presente ao longo dos períodos.

Dentre os métodos presentes na literatura, o método de Holt-Winters, também conhecido como método de suavização exponencial tripla, e o de Decomposição por Série são as ferramentas de previsão de demanda que melhores se encaixam nas especificidades da demanda da empresa analisada.

Os métodos escolhidos baseiam-se nas constantes de suavização e se subdividem em multiplicativo e aditivo, em que no multiplicativo a magnitude do padrão sazonal muda à medida que o nível de dados muda. Já no aditivo a magnitude do padrão sazonal permanece a mesma em relação a mudança do nível dos dados.

As constantes de suavização são fatores representados entre 0 e 1, usados para ponderar as variações de acordo com a necessidade observada durante a análise, definindo o modo como cada componente reage às condições atuais.

A constante  $\alpha$  remete ao nível do componente suavizado, é semelhante a uma média móvel das observações, quanto menor o valor a ela associado menor será o peso dos dados recentes na previsão, nesse sentido, se o seu valor for 1 a previsão tende a ser basicamente igual ao período imediatamente anterior.

Já a constante  $\gamma$  aborda a tendência observada na análise, é equivalente a uma média móvel das diferenças entre as observações consecutivas. Se o peso dado a essa constante for alto as previsões seguem a tendência do período anterior, porém se o peso for baixo as previsões seguem a tendência geral dos dados analisados.

A constante  $\delta$  indica o peso usado na componente sazonal da estimativa suavizada, busca definir o modo como cada componente reage às condições atuais. Na constante da sazonalidade, quanto menor o valor atribuído a ela menor será o peso atribuído às medições recentes, logo, adotando um valor alto, as medições recentes serão mais significantes dentro da previsão realizada.



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

Foram desenvolvidas oito previsões de demanda, por meio do software Minitab<sup>®</sup>, com o objetivo de descobrir o método mais adequado, sendo que seis previsões foram por meio do método de Holt-Winters, devido à grande variedade de valores que podem ser adotados nas constantes de suavização, e as outras duas através do método de Decomposição por série, metade das previsões foram consideradas como aditivas e a outra metade como multiplicativas.

As previsões realizadas por meio do método de Holt-Winters contaram com o suporte da planilha eletrônica Microsoft Office Excel<sup>®</sup>, para gerar aleatoriamente as constantes de suavização, como mostrado na Tabela 1, com o propósito de gerar resultados diversificados para facilitar a escolha do modelo ideal.

Tabela 1 – Constantes de suavização geradas aleatoriamente

| Constantes aleatórias           | 1    | 2    | 3   |
|---------------------------------|------|------|-----|
| Nível ( $\alpha$ )              | 0,31 | 0,54 | 0,8 |
| Componente Sazonal ( $\delta$ ) | 0,82 | 0,12 | 0,1 |
| Tendência ( $\gamma$ )          | 0,27 | 0,86 | 0,4 |

Fonte: Elaborado pelos próprios autores

#### 4.3 AVALIAÇÃO DE ACURACIDADE DOS MÉTODOS ESTUDADOS

Avaliar a acuracidade dos métodos de previsão de demanda é um critério de grande importância para verificar qual método apresenta os menores níveis de erros ao longo das previsões realizadas.

A Tabela 2 apresenta as medidas de precisão obtidos através do software Minitab<sup>®</sup>, tais medidas são baseadas nas constantes aleatórias representadas na Tabela 1, em que o Multiplicativo 1 e Aditivo 1 são referentes as constantes aleatórias 1, Multiplicativo 2 e Aditivo 2 são relacionadas as constantes aleatórias 2 e por fim Multiplicativo 3 e Aditivo 3 referem-se as constantes aleatórias 3.

Tabela 2 – Medidas de precisão dos métodos multiplicativos e aditivos de Holt-Winters

|      | Multiplicativo 1 | Aditivo 1 | Multiplicativo 2 | Aditivo 2 | Multiplicativo 3 | Aditivo 3 |
|------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|
| EPAM | 20,8385          | 19,5002   | 13,2019          | 13,9166   | 11,8005          | 12,689    |
| DAM  | 4,9544           | 4,1429    | 3,0214           | 3,0205    | 2,6647           | 2,7297    |
| DPM  | 46,8994          | 28,4219   | 14,2139          | 15,2262   | 11,4432          | 13,5012   |

Fonte: Elaborado pelos próprios autores

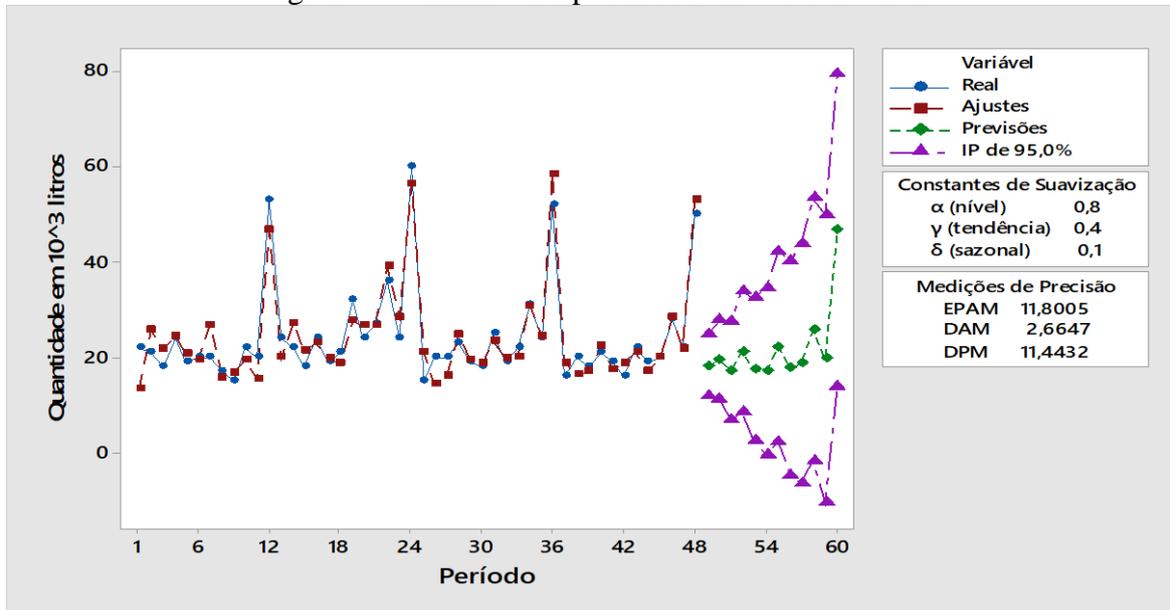
A Figura 2 demonstra as previsões realizadas pelo método multiplicativo 3 para o ano de 2018, com os limites superiores e inferiores que representam um intervalo de predição de



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

95%, que dentre as previsões destacadas na Tabela 2 foi a que apresentou as melhores medidas de precisão que são referentes ao Erro Percentual Absoluto Médio (EPAM), Erro Quadrático Médio (EQM) e o Desvio Absoluto Médio (DAM).

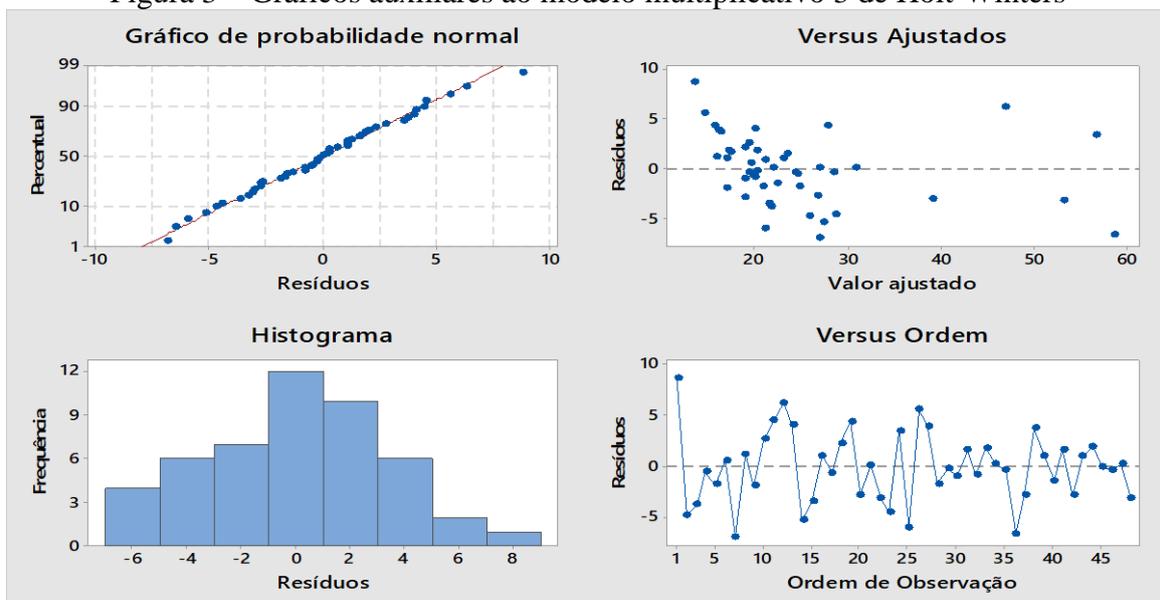
Figura 2 - Método multiplicativo 3 de Holt-Winters



Fonte: Elaborado pelos próprios autores

A Figura 3 permite uma melhor observação de como os resíduos presentes na Figura 2 se comportam. Um resíduo é a diferença entre um valor observado e um valor ajustado. O histograma, presente na Figura 3, possibilita observar a frequência da quantidade de cada resíduo, em que se concentram próximos a zero indicando que a previsão é eficaz.

Figura 3 – Gráficos auxiliares ao modelo multiplicativo 3 de Holt-Winters



Fonte: Elaborado pelos próprios autores



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

No gráfico de probabilidade normal da Figura 3 é determinado se os dados seguem algum tipo de distribuição, como por exemplo a distribuição normal. Como pode ser observado, os dados caem em torno da reta, demonstrando que a distribuição é adequada.

A única exceção presente no gráfico de probabilidade normal é referente a primeira medição, o que pode ser justificado devido a essa medição estar acima da média em relação as suavizações dos outros meses de Janeiro.

O gráfico versus ordem, observado na Figura 3, mostra os resíduos seguindo a ordem de coleta dos dados. Esse tipo de gráfico é utilizado para verificar se os resíduos são independentes entre si, de modo geral os resíduos no gráfico devem cair aleatoriamente ao longo do gráfico.

Caso algum padrão for identificado neste gráfico, indica-se que os intervalos de predição não são os mais apropriados. Na Figura 3 o gráfico versus ordem não indica um padrão, o que valida os intervalos de predição observados na previsão.

No gráfico versus ajustados, da Figura 3, os resíduos apresentam uma distribuição aleatória, sem o indicativo de uma tendência de acréscimo ao longo dos valores ajustados, algum tipo de curvatura ou padronizações sequenciais, logo, o gráfico indica que a variância é constante e a relação entre as variáveis é linear.

Os únicos dados presentes no gráfico versus ajustados que apresentam alguma inconsistência são referentes aos meses de dezembro, em que as vendas de cervejas artesanais atingem o seu máximo, tais pontos são considerados *outliers* do sistema, por apresentarem características diferentes dos demais. O mês de outubro de 2015 também se encaixa na análise de *outliers*, tal fato se deve a diferença de medição em relação aos outros meses de outubro.

A Tabela 3 apresenta as medidas de precisão dos modelos aditivo e multiplicativo do método de Decomposição por série, obtidos através do software Minitab<sup>®</sup>, em que o método multiplicativo apresentou as medidas de precisão ligeiramente melhores em relação ao método aditivo.

Tabela 3 – Medidas de precisão do método de decomposição por série

|      | Aditivo | Multiplicativo |
|------|---------|----------------|
| EPAM | 9,9749  | 9,6843         |
| DAM  | 2,3401  | 2,2389         |
| DPM  | 10,4758 | 10,4289        |

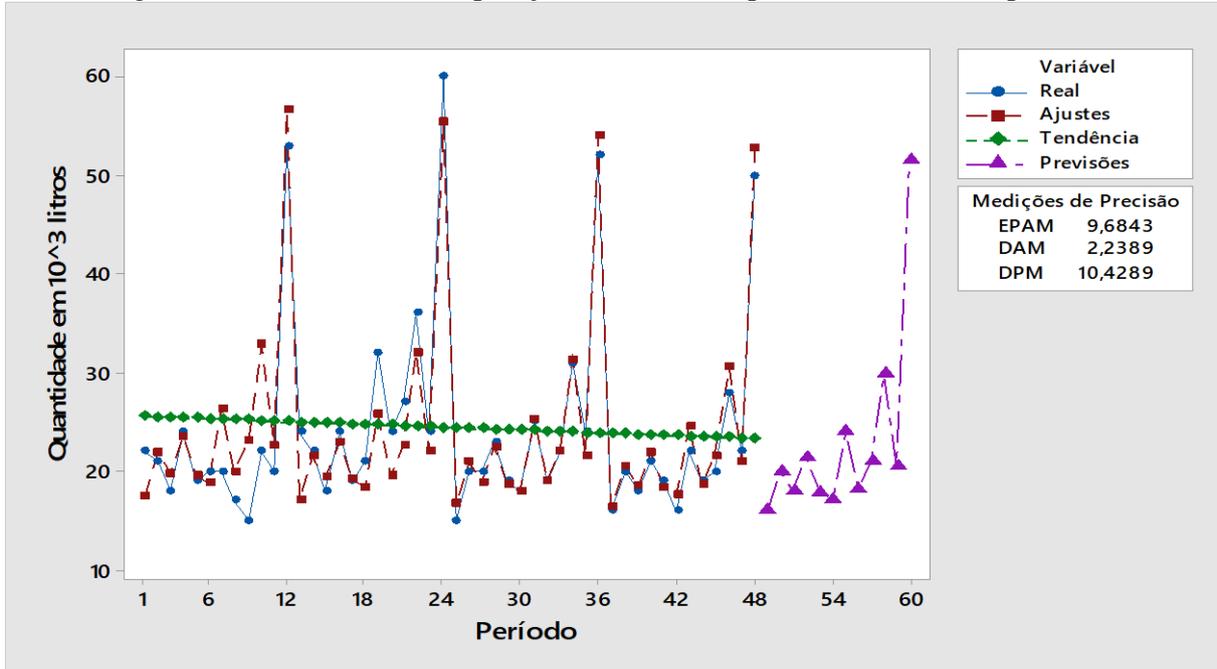
Fonte: Elaborado pelos próprios autores



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

Logo as análises do método de Decomposição de Séries foram baseadas em seu modelo multiplicativo, já que a Tabela 3 mostra que esse modelo apresentou os melhores resultados. A Figura 4 apresenta as previsões realizadas por meio deste modelo, que conta com a previsão para os próximos doze períodos e uma linha de tendência que considera a previsão.

Figura 4 - Método de decomposição de séries temporais modelo multiplicativo



Fonte: Elaborado pelos próprios autores

Com a análise da Figura 5 é possível verificar o comportamento dos resíduos presentes na Figura 4, o seu histograma indica que os dados podem não ser normalmente distribuídos, uma vez que a dispersão dos dados é assimétrica a esquerda.

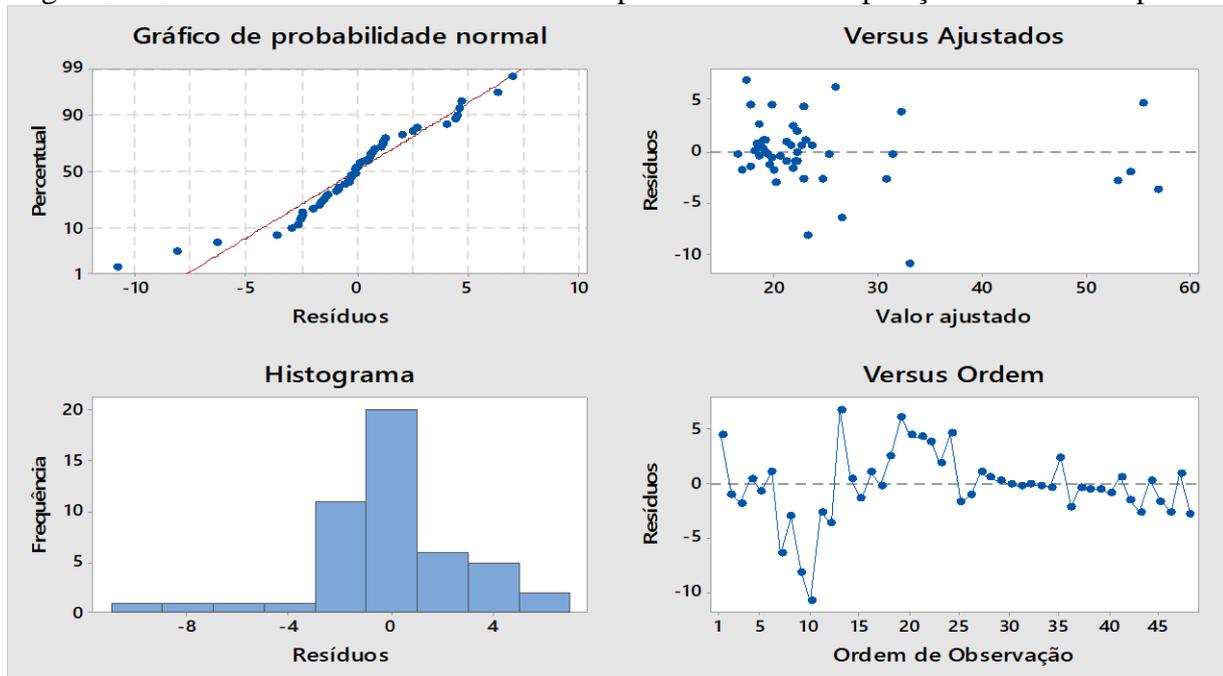
No gráfico de probabilidade normal da Figura 5 fica demonstrado que os dados, de maneira geral, tendem a cair fora da reta, com alguns *outliers* ao longo da observação, o que pode indicar que o método escolhido não é o mais indicado para o caso.

Por meio do gráfico versus ordem da Figura 5 é possível identificar alguns padrões ao longo de sua distribuição, principalmente ao longo dos períodos 27 até 34. Esse tipo de gráfico é utilizado para verificar se os resíduos são independentes entre si, de modo geral os resíduos no gráfico devem cair aleatoriamente ao longo do gráfico.

Já no gráfico versus ajustados da Figura 5, os resíduos começam com uma distribuição aleatória, porém alguns resíduos apresentam uma tendência na sua distribuição, além da presença de alguns *outliers*. Logo, a variância pode não ser constante.



Figura 5 – Gráficos auxiliares ao modelo multiplicativo de decomposição de séries temporais



Fonte: Elaborado pelos próprios autores

#### 4.5 TESTE DE HIPÓTESES

Após a realização das previsões de demanda pelos métodos de Holt-Winters e de Decomposição em Séries foi realizado um teste t de Student, baseado no teste de hipóteses pareado, uma vez que os dados gerados são provenientes da mesma origem e analisados através de dois métodos.

O Teste de Hipóteses foi realizado em relação a previsão gerada pelos métodos estudados do ano de 2018, a hipótese nula é normalmente identificada por  $H_0$  e representa a declaração que está sendo validada, já a hipótese alternativa é a declaração a ser tomada como verdadeira quando a hipótese nula é identificada como falsa, ela é caracterizada por  $H_1$ .

A hipótese nula foi baseada na diferença significativa entre as previsões de demanda enquanto coube a hipótese alternativa apurar a inexistência de diferença significativa entre os dois métodos de previsão de demanda.

O intervalo de confiança escolhido para a realização desse teste de hipótese foi de 95%, enquanto o nível de significância, representado por  $\alpha$ , foi de 0,05 e a probabilidade do erro dada pelo valor-p.

O teste realizado baseou-se nas seguintes hipóteses:

- $H_0$ : diferença significativa entre as previsões de demanda
- $H_1$ : previsões de demanda sem diferenças significativas



Onde:

- Se  $\mu_1 - \mu_2 = 0$ ,  $H_0$  é verdadeira
- Se  $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ ,  $H_1$  é verdadeira

Com a realização do teste de hipóteses pareado para duas amostras independentes o valor-p encontrado foi de 0,044. Logo, a hipótese  $H_1$  mostrou-se verdadeira pois o valor-p encontrado foi diferente de 0. Desta forma, fica demonstrado que os dois métodos utilizados para as previsões de demanda não apresentam diferenças significativas em seu resultado final.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou analisar o processo de planejamento de produção e venda de chope e diminuir as incertezas presentes ao longo dos seus processos decisórios da empresa estudada, para tal foi realizado previsões de demanda.

A realização da previsão de demanda foi identificada como um passo fundamental para otimizar o processo de planejamento, após a coleta dos dados históricos de vendas da empresa foi realizado as previsões por meio de dois métodos, o método de Holt-Winters e o método de Decomposição por Série, pois ambos respeitaram as particularidades do histórico de vendas.

Após a realização das previsões, os melhores resultados de cada método foram comparados a fim de identificar o mais adequado para o caso em questão. O método de Decomposição por Série apresentou as melhores medidas de precisão, porém ele também apresentou algumas tendências nas medições de seus gráficos auxiliares.

Para verificar qual método deveria ser usado para suportar o processo de planejamento da empresa, foi realizado o teste de hipótese por meio do teste t de Student, que revelou que ambos os métodos não apresentam resultados com diferenças estatísticas. Logo o método de Holt-Winters foi o escolhido, pois mesmo com resultados ligeiramente inferiores em relação ao Decomposição por Série ele não apresentou nenhuma tendência em seus gráficos auxiliares, o que indica que o método é mais indicado para a situação estudada.

Como proposta para estudos futuros, sugere-se a análise da capacidade de produção da empresa, para conectar com o estudo realizado nesse trabalho, em que pode ser estudado o faturamento e a lucratividade da empresa, comparar com as previsões de demanda e ratificar quando e local que investimentos devem ser realizados.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACERVA, Associação brasileira de cervejas artesanais. (2018). *Crescimento das cervejas artesanais*. Acesso 13 abril, 2018, Disponível <http://abracerva.com.br/em-cinco-meses-brasil-registra-65-novas-cervejarias-artesanais/>

Ballou, R.H. (2011). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman.

Bussab, W.O. & Morettin, P.A. (2013). *Estatística básica*. 8. ed. São Paulo: Saraiva.

Chiavenato, I. (2005). *Administração da Produção*. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

Corrêa, H.L. & Corrêa, C.A. (2010). *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 2. ed. São Paulo: Atlas.

Corrêa, H.L., Gianesi, I.G.N. & Caon, M. (2006). *Planejamento, Programação e Controle da Produção*. 4. ed. São Paulo: Atlas.

Cox, J. F. & Blackstone, J.H. (1998). *APICS Dictionary*. 9. ed. Alexandria, VA: APICS.

Daychouw, M. (2007). *40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento*. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport.

Downing, D. & Clark, J. (2011). *Estatística Aplicada*. 3. ed. São Paulo: Saraiva.

Fernandes, F.C.F. & Godinho Filho, M. (2010) *Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial*. 1. ed. São Paulo: Atlas.

Lima, F.R.S. *Como Montar uma Microcervejaria*. (2018). Acesso 15 de abril, 2018, Disponível <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-microcervejaria>

Lustosa, L., Mesquita, M.A., Quelhas, O. & Oliveira, R. (2008). *Planejamento e controle da Produção*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Makridakis, S.G., Wheelwright, C.S. & Hyndman, R.J. (1998). *Forecasting: methods and applications*. 3. ed. New York: John Willey & Sons.

Marconi, M.A. & Lakatos, E.M. (2007). *Fundamentos de metodologia científica*. 6. ed. São Paulo: Atlas.

Montgomery, D.C. & Runger, G.C. (2009). *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC.



Citação (APA): Diniz, I.M.N., Nunes, D.M., Rosa, V.A. de O., & Calife, N.F.S. (2019). Aplicação de um modelo de previsão de demanda em uma empresa do setor cervejeiro. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3), 120-138.

Rampazzo, L. (2011). *Metodologia científica*. 6. ed. São Paulo: Loyola.

Rezende, D.A. (2008). *Planejamento Estratégico para Organizações: públicas e privadas*. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport.

Ritzman, L.P. & Krajewski, L.J. (2004). *Administração da produção e operações*. São Paulo: Prentice Hall.

Slack, N., Chamber, S., Harland, C. Harrison, A. & Johnston, R. (2007). *Administração da Produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas.

Tubino, D.F. (2009). *Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática*. 2. ed. São Paulo: Atlas.

Wright, P., Kroll, M. & Parnell, J. (2000). *Administração estratégica*. São Paulo: Atlas.

Zanella, C., Vieira, V. & Barichello, R. (2016). Previsão de demanda: um estudo de caso em uma agroindústria de carnes do oeste catarinense. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, 11(1), 45-57.

---

