

Área temática: 9. Operações e Logística

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS DE PREVISÃO DE DEMANDA EM
UMA FÁBRICA DE RAÇÃO EM EXPANSÃO**

**APPLICATION OF QUANTITATIVE DEMAND FORECAST METHODS IN AN
EXPANDING FEED FACTORY**

Resumo: Uma maneira de se conseguir melhores resultados no gerenciamento de recursos pelos gestores é aplicando técnicas de previsão de demanda. Assim, os modelos de previsão contribuem para o planejamento estratégico, tático e operacional quanto ao uso de recursos a serem transformados bem como nos recursos de transformação. Nesse contexto, o consumo de peixes vem sendo estimulado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), contudo enquanto o consumo per capita global de pescado é de, no mínimo, 250 gramas semanais de pescados ou, aproximadamente, 13,5 kg por pessoa, o consumo de pescado no Brasil gira em torno de 9,5 kg/habitante/ano. Buscando atender a essa demanda, este trabalho tem como objetivo avaliar os métodos de previsão de demanda quantitativos que ofereça a maior acurácia e maior precisão quanto ao consumo de ração para criação de peixes e, conseqüentemente, o menor erro. Os métodos de previsão quantitativos utilizados foram: Tendência linear e sazonalidade, Média móvel, média móvel ponderada e Suavização exponencial simples. Realizou-se uma pesquisa em forma de levantamento de dados com visão quantitativa e positivista. A partir da comparação dos erros (diferença entre a demanda e o valor de previsão) para 58 períodos quinzenais, observou-se que o método da média móvel ponderada minimizou o percentual de erro, proporcionando a acurácia e precisão da previsão de demanda da empresa. O desempenho e comparativo estatístico dos métodos foram a partir do MPE, MSD, MAD, MAPE, WMAPE, CFE e Erro médio. Como contribuição, o trabalho busca alinhar o planejamento de recursos com os dados de previsão de demanda, buscando reduzir o número de eventos de ruptura bem como de excesso de estoques. Palavras-chave: Administração de operações, Previsão de demanda, Levantamento de dados, Planejamento e controle de produção, Piscicultura.

Abstract: One way to achieve better results in resource management by managers is by applying demand forecasting techniques. Thus, forecast models contribute to strategic, tactical and operational planning regarding the use of resources to be transformed as well as the transformation resources. In this context, the consumption of fish has been encouraged by the World Health Organization (WHO), however, while global per capita consumption of fish is at least 250 grams of fish per week, or approximately 13.5 kg per person, fish consumption in Brazil is around 9.5 kg/inhabitant/year. Seeking to meet this demand, this work aims to evaluate the quantitative demand forecasting methods that offer greater accuracy and greater precision in terms of feed consumption for fish farming and, consequently, the lowest error. The quantitative forecasting methods used were: Linear trend and seasonality, Moving average, weighted moving average and Simple exponential smoothing. A survey was carried out in the form of data collection with a quantitative and positivist view. From the comparison of errors (difference between demand and forecast value) for 58 fortnightly periods, it was observed that the weighted moving average model minimized the error percentage, providing the accuracy and precision of the company's demand forecast. The performance and statistical comparison of the methods were based on MPE, MSD, MAD, MAPE, WMAPE, CFE and Average Error. As a contribution, the work seeks to align resource planning with demand forecast data, seeking to reduce the number of outage events as well as excess inventories. Keywords: Operations management; Demand forecasting; Data collection; Production planning and control; Fish farming.

1 Introdução

Com o maior interesse das pessoas em boas práticas socioambientais, empresas de todos os setores têm buscado desenvolver esta vertente para continuarem competitivas. Neste contexto, o cenário atual das práticas socioambientais é de muitas mudanças e mudanças rápidas (GRANT; HAIDER; MIESZALA, 2022).

Segundo Morais e Barbieri (2019), o tema sustentabilidade foi notificado inicialmente a partir da década de 1980, contudo o tema recebeu notoriedade apenas a partir do início desse século XXI.

Neste debate, o mercado de proteína animal bovina vem sendo relacionado com o desmatamento e outros impactos ambientais (RIVERO; ALMEIDA, 2009). A pecuária bovina vem sendo duramente criticada, principalmente pelas questões ambientais, além de também estar sendo pressionada para atender esse novo perfil de consumidores.

Assim sendo, a piscicultura de tilápia se tornou uma excelente alternativa para a proteína animal, pois a maioria dos grandes produtores cultivam em zonas ambientais já impactadas (PEIXE BR, 2023). Além disso, comparado com indústrias e efluentes domésticos, os impactos ambientais da piscicultura são praticamente desprezíveis (CYRINO et al., 2010).

No Brasil, o consumo de pescado gira em torno de 9,5 kg/habitante/ano. Enquanto isso, o consumo de peixes vem sendo estimulado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a qual recomenda o consumo de no mínimo 250 gramas semanais de pescados, convertendo para kg/ano é aproximadamente 13,5 kg por pessoa (MAPA, 2023).

Para atender a essa demanda, a produção de tilápia ou tilapicultura se desenvolveu muito no país. Esse desenvolvimento gerou grande popularização do pescado, se tornando o mais produzido nacionalmente (PEDROZA FILHO, 2020; PEIXE BR, 2023). Contudo, como toda e qualquer empresa para se manter competitiva, deve-se buscar os critérios de objetivos de desempenho da função produção para alinhar à estratégia empresarial às rotinas de produção (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; SANTOS, 2020).

Ainda de acordo com o referencial apresentado, a estratégia de produção empurrada, isto é, para produção para estoque (em inglês, *make to stock* – MTS) faz uso de previsão de demanda para alinhar a estratégia de operações e produção à estratégia organizacional (PEINADO; GRAEML, 2007; SLACK et al., 2009).

De tal modo, a previsão da demanda é uma técnica de ajuste dos níveis de estoques à demanda e, conseqüentemente, um mecanismo para atingir os objetivos empresariais quanto à qualidade e redução de custos (SANTOS, 2020).

Nesse interim, Ferro, Lima e Trentim (2019) também asseveram sobre os métodos quantitativos como mecanismo de redução de erros de previsão e maior acurácia.

Assim, o estudo em questão será realizado utilizando os dados de uma fábrica de ração para tilápia situada em Uberlândia, Minas Gerais, com o seguinte problema de pesquisa é: *qual método estatístico de previsão de demanda quantitativo pode oferecer melhor acurácia e precisão quanto ao consumo de ração no setor de piscicultura?*

Para atingir o objetivo geral e os objetivos específicos, tem-se uma pesquisa quantitativa por meio de uma estratégia de estudo de caso. Como objetivo geral, a pesquisa irá avaliar os métodos de previsão de demanda quantitativos que ofereça a maior acurácia e maior precisão quanto ao consumo de ração e, conseqüentemente,

o menor erro. Assim, este estudo busca contribuir com a gestão operacional de empresas que estão passando por ampliação e crescimento na capacidade produtiva. A empresa produz ração animal, produto que necessita de uma previsão que forneça um nível alto de acurácia e precisão em relação a quantidade que ela deve produzir de ração mensalmente, pois o produto tem alto índice de perecibilidade, tendo um prazo de validade de no máximo 15 dias em estoque. Grande parte do planejamento de produção fica comprometido caso a previsão de demanda não seja feita de forma eficaz, podendo gerar desperdícios e custos desnecessários com estoques. Sendo assim, os objetivos específicos desse trabalho são: i) testar modelos de previsão de demanda; ii) analisar o erro obtido; iii) avaliar tendências, ciclos e causas comuns e especiais que alteram a demanda. O estudo utilizou como base de dados, informações extraídas do sistema da empresa referente aos anos de 2020 e 2021.

2 Referencial Bibliográfico

Este tópico irá apresentar a base teórica utilizada para o estudo, contendo as etapas do planejamento e controle da produção (PCP), as técnicas de previsão de demanda e, por fim, os indicadores para avaliação do erro.

Avalia-se a estratégia de operações mediante o planejamento e controle de produção ao longo do horizonte do tempo. Nesse sentido, em um panorama de produção para estoque, busca-se compreender como o planejamento de longo, médio e curto prazo possui interação com a previsão de demanda auxiliada por métodos quantitativos.

2.1 Da Estratégia de Operações ao PCP

Os sistemas de administração da produção buscam no planejamento, o alinhamento com as exigências futuras relacionadas aos processos decisórios, tendo em vista os custos para implantação, alterações e as melhorias contínuas (SLACK et al., 2009). Sendo assim, devido às diversas influências que a empresa não possui controle, busca-se alinhar as expectativas e as percepções.

De tal modo, Corrêa, Gianesi e Caon (2019) declaram que o planejamento é um processo constante, no qual possui alguns passos que constituem a dinâmica do processo de planejamento que, de forma resumida, seriam: levantamento da situação presente; desenvolvimento e reconhecimento da visão de futuro; tratamento conjunto da situação presente e da visão de futuro; tomada de decisão gerencial; e a execução do plano.

Mas essa dinâmica só teria um bom resultado caso a empresa tenha bem definido quais são os objetivos que pretendem alcançar, através de um bom processo decisório. “No processo de planejamento hierárquico da produção, o primeiro nível é o de gestão estratégica, determinado pelo escalão hierárquico mais alto dentro da organização” (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2019, p. 213).

No entanto, para que o planejamento estratégico dê certo, a empresa precisa que esses planos estratégicos se convertam em planos desagregados, no qual auxiliam no entendimento do “o que” deve ser feito em diferentes partes da empresa.

“O planejamento de vendas e operações pode e deve exercer uma função mais importante dentro do processo de gestão da empresa. [...] Representaria assim o elo entre as reuniões de planejamento estratégico da alta direção e as decisões gerenciais do dia a dia da produção” (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2019, p. 166).

Já o planejamento mestre de produção “é uma declaração de quantidades planejadas que dirigem os sistemas de gestão detalhada de materiais e capacidade, e essa declaração é baseada nas expectativas que temos da demanda e dos próprios

recursos com os quais a empresa conta hoje e vai contar no futuro” (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2019, p. 216).

2.2 Tendência Linear

A linha de tendência linear mostra a previsão de uma sequência numérica. A depender do seu coeficiente angular, essa tendência pode ser maior ou menor que o número anterior. Caso o conjunto de dados possuam algum tipo de tendência crescente ou decrescente, esse método de previsão pode ser utilizado (GONÇALVES et al., 2019). A formulação é a seguinte, onde Y representa o conjunto dependente (previsão), a o coeficiente angular, b o coeficiente linear e X o conjunto independente (período).

$$Y = a + bX$$

Equação 1

2.2.1 Sazonalidade

A sazonalidade é definida como a alteração no padrão de uma série temporal, para cima ou para baixo, quando existe uma razão aceitável para a ocorrência da alteração que justifique sua repetição posterior (RODRIGUES, 2008).

A sazonalidade pode ser entendida como variações cíclicas de curto prazo, relacionadas ao fator tempo. Como exemplo para sazonalidade temos as vendas de panetone, o comportamento de suas vendas é sazonal pois todo ano em um período específico do tempo elas aumentam.

2.2.2 Média Móvel

Por ser muito simples, fácil de implantar e precisar de poucos dados históricos, o método da média móvel é bastante utilizado nas empresas. “O significado do nome móvel vem da prática da apuração dos dados, a cada novo período de previsão, o mais antigo é substituído” (TUBINO, 2007).

A média móvel é utilizada quando se tem uma base de dados com períodos anteriores reais e é possível utilizar mais ou menos períodos para apurar a média móvel. “Neste método, a previsão para o próximo período é obtida calculando-se a média dos valores de consumo nos n períodos anteriores” (DIAS, 1993).

Ainda segundo Dias (1993), quanto mais períodos, mais estável será o resultado da previsão e quanto menos períodos, mais dinâmica fica a previsão, possibilitando uma reação maior às mudanças.

Segundo Costa (2016), devido ser um modelo com uma fácil manipulação e implementação dos dados é visto como vantagem quando a empresa vai escolher qual modelo utilizar. A fórmula matemática é a seguinte: (TUBINO; 2007)

$$Mm_n = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \text{ (Equação 2)}$$

Onde: $[[Mm]]_n$ = Média móvel de n períodos; D_i = Demanda ocorrida no período i ; n = número de períodos; i = índice do período ($i=1,2,3,\dots$).

2.3 Média Móvel Ponderada

Para conseguir dar mais importância para os dados mais recentes, pode ser aplicado a média móvel ponderada. Caso se observe uma ascendência ou descendência na série de dados analisados, utilizar a média móvel poderá distorcer a previsão. Nesse caso, a média móvel ponderada resultará uma previsão mais realista com base na

sequência numérica em evolução (RODRIGUES, 2008). A fórmula matemática é a seguinte, w representa os pesos atribuídos a cada demanda histórica.:

$$Mmp_n = \frac{\sum_{i=1}^n w_i D_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \text{Equação 03}$$

2.4 Métodos de Suavização Exponencial

“A suavização é um método estatístico que possui o objetivo de diminuir o impacto das variações aleatórias na série de dados” (VERÍSSIMO et al., 2013). “Funciona muito bem quando se está lidando com itens estáveis. Em geral, tem sido considerado satisfatório em previsões de curto prazo. Essa técnica não é satisfatória quando a demanda é baixa ou intermitente” (RODRIGUES, ARGENTON, PRUDENCIATO, 2008).

O modelo de previsão de demanda baseado na média móvel com suavização exponencial “é uma variação da média móvel ponderada que também deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem tendência nem sazonalidade. Adota-se um peso de ponderação que se eleva exponencialmente quanto mais recentes são os períodos” (PEINADO, GRAEML, 2007).

Ele é composto por uma equação de médias móveis ponderadas exponencialmente. A lógica com esse método é tornar maior a importância dos dados mais recentes em comparação com os mais antigos.

2.4.1 Métodos de Suavização Exponencial Simples

Uma ramificação do método de suavização exponencial é o método de Suavização Exponencial Simples, também conhecido como Média Exponencial Móvel, o peso de cada observação decresce no tempo de maneira exponencial (TUBINO, 2007) apud Almeida, Cesar (2018).

Quando a série de dados não apresenta uma tendência clara, pode ser utilizado como método de previsão a suavização exponencial simples, isto é, quando os dados estão fluindo aleatoriamente em um nível médio, sem demonstrar uma sequência futura clara. “A previsão é obtida por meio da previsão anterior, acrescida do erro cometido por essa mesma previsão, corrigido por uma constante de ponderação ($0 < \alpha < 1$)” (ALMEIDA, CESAR, 2018). A função matemática pode ser representada da seguinte forma:

$$Z_{t+1} = \alpha z_t + (1 - \alpha)Z_t \quad \text{Equação 04}$$

Onde: Z_{t+1} =Valor previsto para o período $t+1$; α =parametro constante que fica entre 0 e 1; Z_t =Valor previsto para o período t ; z_t (t = Valor real observado no período t)

2.5 Avaliação do Erro de Previsão de Demanda

Quando são feitas comparações entre os modelos de previsão existentes, é importante avaliar a validade de cada modelo, utilizando-se de alguns indicadores de desempenho para isso; o erro é uma forma de se avaliar o modelo. “Os principais indicadores envolvem o erro da previsão. O erro da previsão é definido pela diferença entre o valor observado e o valor previsto no período determinado” (GUIMARÃES, 2008). Portanto, errar menos é o que faz um modelo eficaz.

Segundo Guimarães (2008), além de usar o erro para analisar o método de previsão, também é muito útil para os gerentes de produção porque, além da demanda esperada

da empresa, também precisam estar à par do que pode acontecer caso essa previsão falhe, para avaliar e mitigar o risco.

2.5.1 Erro

Segundo Fernandes e Filho (2010) apud Santos e Oliveira Neto (2018, p. 10), “é necessário que o sistema de previsões seja controlado, de modo que sejam identificados os erros que ocorrem nas previsões. O erro de previsão de determinado período pode ser definido como a diferença entre a demanda real nesse período e a demanda prevista no período”. O erro pode ser entendido como a seguinte expressão matemática:

$$et = Rt - Pt \text{ Equação 5}$$

Fonte: Santos e Oliveira Neto (2018)

Segundo Lopes (2002), é de devida importância calcular e acompanhar os erros de previsões, para que se possa acompanhar melhor as previsões que foram criadas, fazendo manutenções e monitoramentos quando necessário.

2.5.2 Erro Absoluto Percentual Médio – MAPE

Para se mensurar o quão precisa é uma previsão, é necessário descobrir o quanto essa previsão está falhando. Uma das formas de se calcular esse erro, é utilizando o erro médio percentual ou MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). “O erro percentual absoluto médio MAPE representa a média percentual da divisão entre erro de previsão e o valor real” (ALMEIDA, CESAR, 2018).

Esse indicador MAPE é recomendado utilizá-lo quando a comparação entre os métodos utilizar intervalos de tempo diferentes entre si. “O método PMA (Porcentagem Média Absoluta) também conhecido como MAPE é utilizado para relacionar o erro absoluto com os valores da demanda, quanto menor esse valor for, mais próximo do real este resultado da demanda é, ou seja, os dados coletados e a análise foram com qualidade” (ALMEIDA, CESAR, 2018).

O MAPE pode ser entendido como a seguinte expressão matemática:

$$MAPE = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N \left| \frac{(y_i - y_{pi})}{y_i} \right| \text{ Equação 06}$$

Onde: y_i = valor real do período i ; y_{pi} = valor da previsão para o período i e N = número de períodos no conjunto de validação. Fonte: Calôba (2002)

2.5.3 Erro Absoluto Percentual Médio Ponderado – WMAPE

“O WMAPE (*Weighted Mean Absolute Percent Error*) é calculado a partir da ponderação dos desvios absolutos aplicando maior peso no cálculo para produtos de maior expressão” (LIMA, 2019), e também expressa a acurácia da previsão como uma porcentagem.

O WMAPE busca solucionar as limitações do MAPE com itens de demanda pequena ou nula. Já que não se pode calcular o indicador MAPE para produtos que possuem demanda zero e para itens de demanda pequena os valores de erro perdem o sentido (GUIMARÃES, 2008).

“Para medir a aderência dos planos funcionais do S&OP sugere-se a utilização do MAPE ou WMAPE conforme o modelo em análise pelo nível de agregação da previsão” (LIMA, 2019). O erro absoluto percentual médio ponderado “tem se tornado cada vez mais utilizado como forma de medição de KPIs (Key Performance Indicator,

ou indicador chave de desempenho). Fornece uma medição concisa da precisão da previsão. Como medida de precisão, deve ser calculado como 100 - WMAPE” (LIMA, 2019). O WMAPE pode ser entendido como a seguinte expressão matemática:

$$WMAPE = \frac{\sum \frac{|A-F|}{A} \times 100 \times A}{\sum A} \quad \text{Equação 07}$$

Onde: A = Actual (Valor real); F = Forecast (Previsão). Fonte: Lima (2019)

2.5.4 Erro Absoluto Médio

“O MAD (Mean Absolute Deviation) expressa a acurácia da previsão na mesma unidade da informação, o que facilita a compreensão gerencial do impacto do erro de previsão” (GUIMARÃES, 2008). Também chamado de Desvio Absoluto da Mediana, o MAD “utiliza o desvio absoluto de cada amostra em relação à mediana dos dados, não utilizando média nem desvio padrão” (MATOS et. al, 2019).

“Em outras palavras, o MAD pode ser definido como a mediana do desvio absoluto entre o sinal medido e a mediana do mesmo sinal”.

O MAD pode ser entendido como a seguinte expressão matemática:

$$MAD = M(|x_i - M(x)|) \quad \text{Equação 08}$$

sendo: x , os dados medidos; M , a função de mediana; e b , a constante ligada à normalidade dos dados, com valor geralmente utilizado de 1,4826.

Fonte: Matos (2019)

2.5.5 Erro Quadrático Médio

O MSD (*Mean Squared Deviation*) expressa a acurácia da previsão pela soma do quadrado do erro. Por isso é um indicador muito mais sensível ao erro. Pode ser usado para a comparação de valores entre modelos (GUIMARÃES, 2008).

O MSD pode ser entendido como a seguinte expressão matemática: Equação 09

$$MSD = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_{x_f x_f} - \bar{R}_{x_f x_f})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 09}$$

Onde: $R_{x_f x_f}$ é a autocorrelação de saída da rede (com defeito); $\bar{R}_{x_f x_f}$ é a autocorrelação de saída da rede esperada (sem defeito); N é o número de dados de treinamento. Fonte: Silva (2006)

2.5.6 Erro Percentual Médio

O MPE (*Mean Percentage Error*) é um indicador de cálculo similar ao MAPE. Porém a finalidade do MPE é analisar o viés da previsão. É útil na identificação de erros sistemáticos de previsão e deve ser usado no seu processo de melhoria (GUIMARÃES, 2008, p. 36). O MPE pode ser entendido como a seguinte expressão matemática:

$$MPE = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i) / y_i \right) \times 100 \quad \text{Equação 10}$$

Fonte: Guimarães (2008)

2.5.7 Somatório do Erro ou CFE e Erro Médio

Como técnicas de previsão sempre estão suscetíveis a erros, faz-se necessário verificar sua acuracidade através de alguns indicadores (ZAN; SELLITTO, 2007). O somatório cumulativo dos erros de previsão ou CFE (cumulative sum of forecast error), mostra a soma total dos erros e é calculado a partir da seguinte equação:

$$CFE = \sum E_t \quad \text{Equação 11}$$

Fonte: Zan; Sellitto (2007)

No qual

$$E_t = D_t - F_t \quad \text{Equação 12}$$

Dt= Demanda do período; Ft= Previsão do período; Et= Erro da previsão

Já o Erro médio é encontrado fazendo o cálculo da média dos erros de previsão, seguindo a equação 13, onde n é o número de períodos.

$$\bar{E} = \frac{CFE}{n} \quad \text{Equação 13}$$

3 Metodologia

A empresa estudada foi escolhida para aproveitar a forte crescente do mercado de tilápia no Brasil, já que não existem muitos estudos científicos abordando empresas desse setor (PEIXE BR, 2023). A escolha do local de pesquisa foi por conveniência devido a facilidade de acesso aos dados e pelo fato que a empresa não tinha processos de previsão de demanda bem definidos.

Nos anos de 2020, 2021 e 2022 o grupo empresarial decidiu expandir o volume da atividade de piscicultura em tanques rede, o que gerou uma expansão expressiva na demanda de ração que é produzida pela fábrica de ração (que é do mesmo grupo empresarial e tem produção dedicada a própria criação de Tilápias). Foi constatada a dificuldade de realizar previsões de demanda da fábrica de ração nesse período em que a expansão foi significativa.

Uma pesquisa pode ser definida como um processo lógico que visa resolver problemas. A pesquisa é desenvolvida quando não se possui informação suficiente ou organizada sobre determinado assunto (GIL, 2002).

Optou-se por realizar uma pesquisa em forma de levantamento de dados com a finalidade de identificar quais os melhores métodos de previsão de demanda, ou seja, os métodos que possuem um erro menor em módulo em uma fábrica de ração que está em processo de expansão de sua capacidade produtiva.

A empresa escolhida cedeu os dados completos do seu sistema de controle de estoque de insumos e de saída de produto acabado. Foi escolhido o intervalo do ano de 2020 e 2021 dessa base de dados. Com esses dados iremos demonstrar no trabalho diversos métodos de previsão de demanda aplicando em conjunto com a sazonalidade e tendência.

4 Análise de Resultados

Para aplicar os métodos de previsão de demanda, utilizamos a base de dados histórica da demanda real de ração que foi utilizada no intervalo de janeiro de 2020 até maio de 2022. A figura 01, a seguir, mostra o comportamento real mensal da demanda ao longo do tempo.

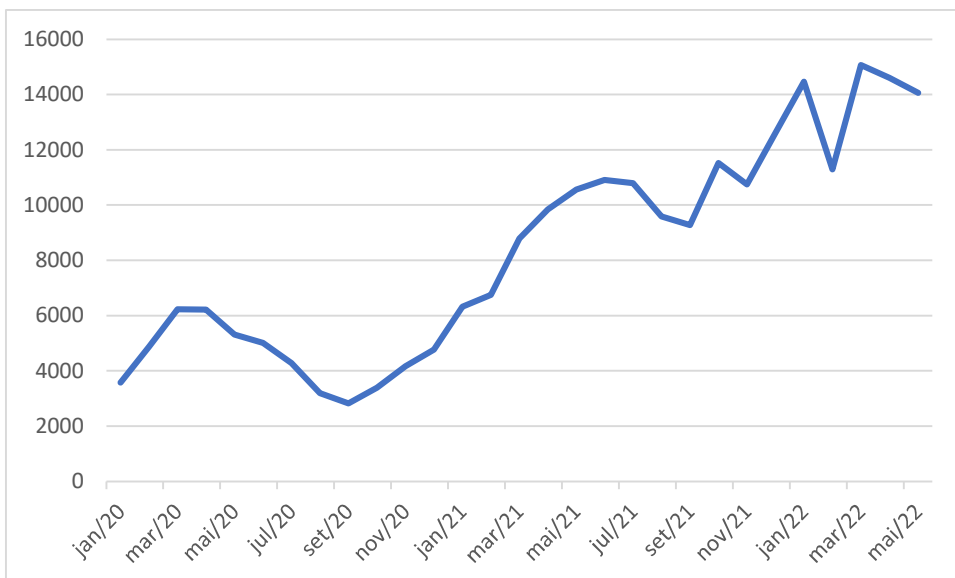


Figura 01 – Demanda mensal histórica. Fonte: Pesquisa de Campo (2022)

O universo avaliado foi de 236.441 sacos de ração, com média de 4.077 sacos por quinzena e desvio padrão de 1.918 sacos por quinzena. Registra-se que entre o início e o fim do apontamento dos ciclos, verificou-se um aumento de mais de 350% na demanda em que se iniciou com 1581 sacos na primeira quinzena, e finalizou com 7.159 sacos na última quinzena. Cada saco de ração pesa vinte e cinco quilogramas. Para calcular os métodos de previsão e analisar o erro, foi definido cada período como sendo composto por 15 dias corridos, pois a ração tem alto índice de perecibilidade, e dessa forma, o gestor conseguirá adequar suas previsões futuras com maior frequência, garantindo maior acurácia. A figura 02, a seguir, mostra o comportamento da demanda real ao longo dos 58 períodos (quinzenas).

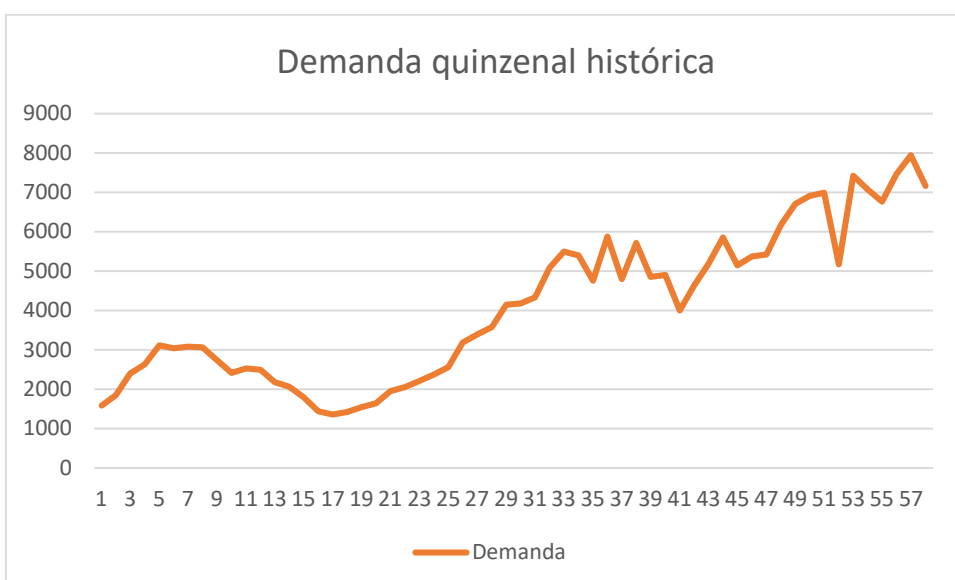


Figura 02 – Demanda quinzenal histórica. Fonte: Pesquisa de Campo (2022)

A Figura 03 serve como representação de um gráfico que foi plotado com a comparação da demanda real do ano de 2020 com o ano de 2021. Esse gráfico servirá para auxiliar a definir se há sazonalidade na série de dados.

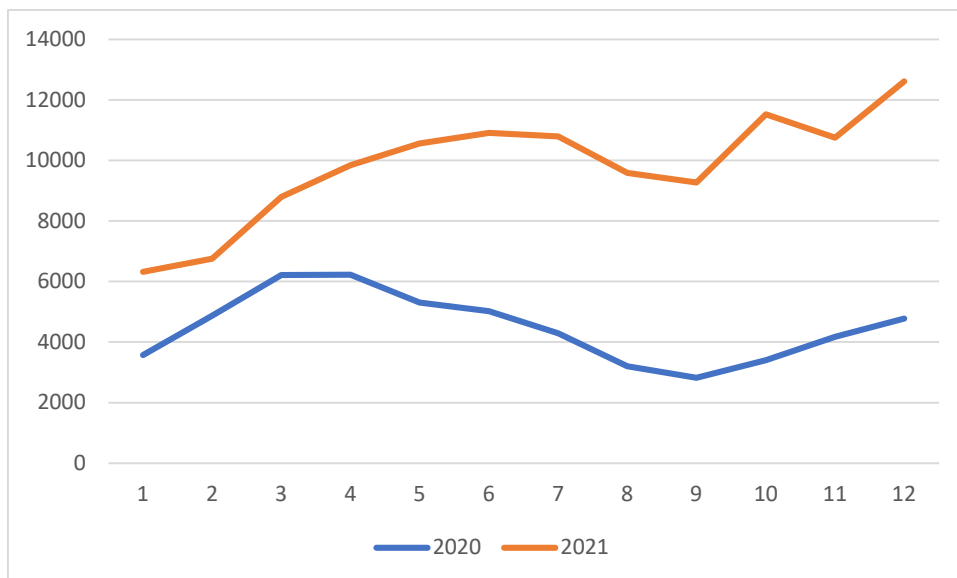


Figura 03 – Comparação mensal ano 2020 com 2021. Fonte: Pesquisa de Campo (2022)

Além de demonstrar um crescimento bastante expressivo da demanda de ração da empresa, também é possível identificar certa sazonalidade na comparação das curvas. A seguir, foram testados os métodos de previsão: Tendência linear e Sazonalidade, Média móvel, Média móvel ponderada e a Suavização exponencial simples. Juntamente com a análise das técnicas de previsão, foram calculados e demonstrados os indicadores de erro: MPE, MSD, MAD, MAPE, WMAPE, CFE e Erro médio.

4.1 Tendência Linear e Sazonalidade

Utilizando o método de previsão Tendência Linear e a Sazonalidade para prever a demanda da empresa, primeiro calculamos o valor do alfa e do beta da tendência linear pelo uso do software Microsoft Office Excel, utilizando respectivamente as fórmulas: INTERCEPÇÃO e INCLINAÇÃO.

Em seguida, para prever o período seguindo somente a tendência linear, foi feita a multiplicação do número do período pelo beta encontrado e o produto dessa multiplicação foi somado com o alfa da tendência, resultando assim no valor previsto do período.

Para consolidar a Sazonalidade com a previsão da tendência linear foi feito o cálculo da média da demanda de cada mês e realizado a divisão de cada resultado pela média geral de toda a série temporal. Na sequência foi feita a multiplicação da previsão utilizando somente tendência linear pelo percentual encontrado na sazonalidade, representado na figura 04.

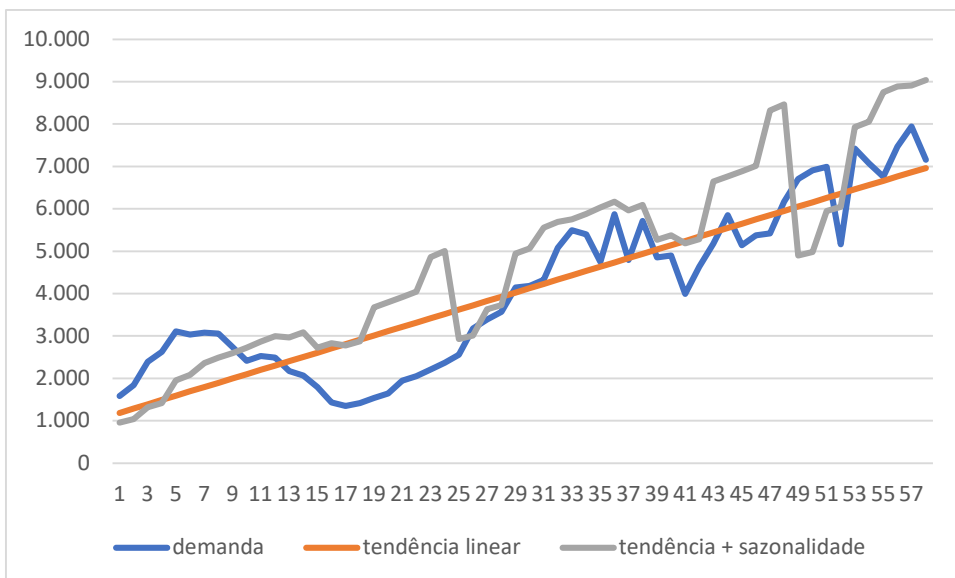


Figura 04 – Previsão Tendência Linear e Sazonalidade. Fonte: Pesquisa de Campo (2022)

4.2 Média Móvel

Foi demonstrado os resultados do método média móvel calculada utilizando a média dos três últimos períodos quinzenais observados. Nota-se que a precisão e acurácia deste método foram muito superiores em comparação com o método de tendência e sazonalidade.

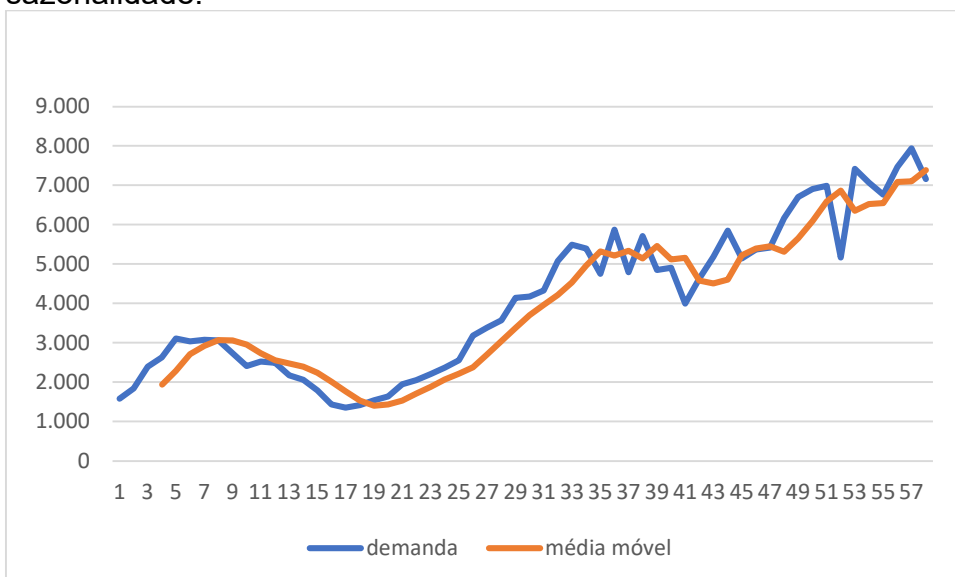


Figura 05 – Previsão Média Móvel de forma quinzenal. Fonte: Pesquisa de Campo (2022)

4.3 Média móvel ponderada

Foram demonstrados os resultados do método Média móvel ponderada. Nota-se uma melhora razoável em seus indicadores de erro em comparação com os métodos demonstrados anteriormente.

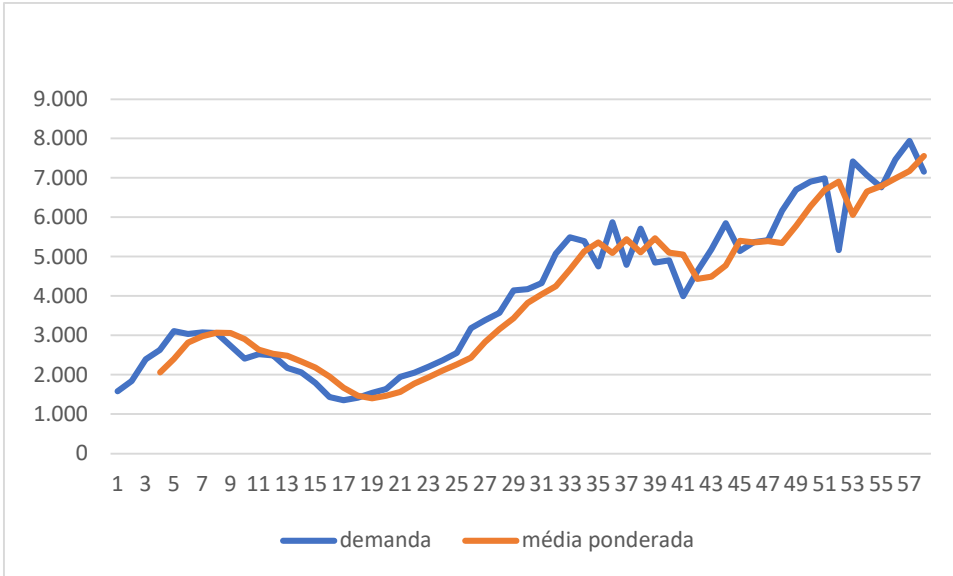


Figura 06 – Previsão Média móvel ponderada de forma quinzenal. Fonte: Pesquisa de Campo (2022)

4.4 Suavização Exponencial Simples

O valor de α foi calculado utilizando a técnica de teste como tentativa e erro, na escala de 0,00 a 1,00 em intervalos de 0,05. Para tanto, foi utilizada a Raiz Quadrada do Erro Quadrático (em inglês, *Root Mean Square Error - RMSE*) que é mensurada a partir da média do quadrado dos erros de previsão de cada ponto, o que impede que erros com sinais distintos se cancelem.

Calculou-se, então, a raiz quadrada do valor encontrado, obtendo-se uma métrica na mesma escala dos valores das previsões, o que torna sua interpretação mais intuitiva. Quanto menor o valor da RMSE, melhor o desempenho do modelo. O valor ótimo encontrado foi de 0,70 com menor Raiz Quadrada do Erro Quadrático (em inglês, *Root Mean Square Error - RMSE*) de 571,84. Vide a representação na figura 7.

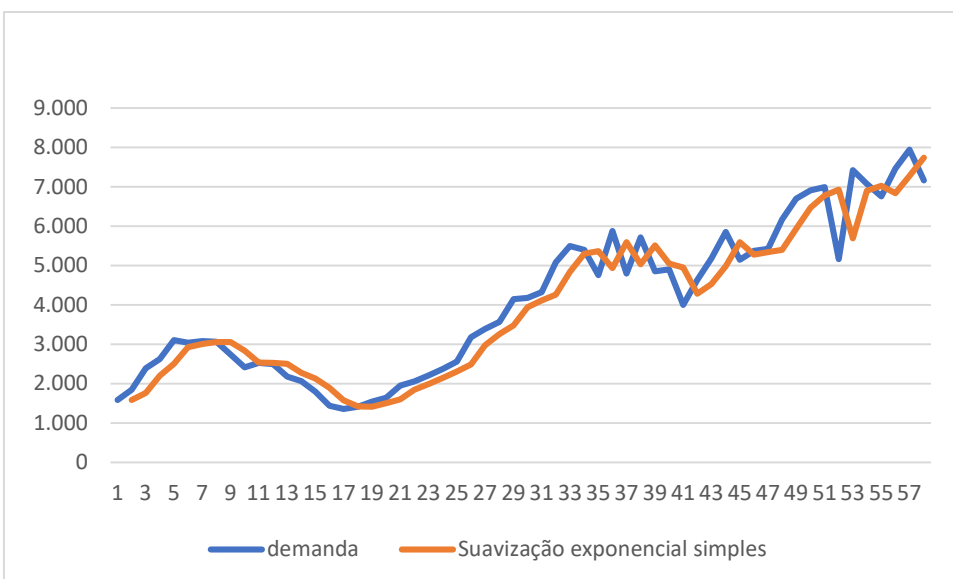


Figura 7 – Previsão Suavização exponencial simples de forma quinzenal. Fonte: Pesquisa de Campo (2022)

4.5 Consolidação dos Resultados

Na tabela 1, foram representados dados consolidados para melhorar a visualização e capacidade de comparação do erro entre os métodos de previsão de demanda aplicados. O erro foi medido de forma a subtrair a previsão, pela demanda realizada, logo, o erro com sinal positivo indica que houve ruptura nos estoques, visto que a demanda real foi maior do que a previsão.

Indicadores de erro	Tendência e Sazonalidade	Média Móvel	Média móvel Ponderada	Suavização Exponencial Simples
CFE	- 672,31	10.798,29	163,58	8.220,19
ERRO MÉDIO	- 11,59	196,33	2,97	144,21
MSD	1.290	612	583	572
MAD	1092,59	505,67	469,32	444,91
MAPE	36,14%	13,48%	12,14%	11,33%
WMAPE	46,21%	21,93%	18,94%	18,94%

Tabela 1 – Consolidação dos indicadores de erro. Fonte: Pesquisa de Campo (2022)

Foi possível perceber que o método Tendência e sazonalidade foi o que alcançou os piores resultados do estudo. Além disso, nota-se que a média móvel ponderada teve os melhores indicadores. A seguir, é discorrido sobre a análise gerencial de cada indicador de erro do método média móvel ponderada.

O CFE demonstra o somatório dos erros de previsão de todos os períodos analisados. Esse indicador é muito interessante pois demonstra o valor total do erro, onde o erro positivo anula o erro negativo. Gerencialmente é possível utilizar esse indicador com muita eficiência, visto que é um cálculo de baixa complexidade e demonstra seus resultados na unidade de medida que a empresa opera, neste caso, em sacos.

O método demonstrou que no fim da previsão, o somatório dos erros resultou em um erro total de 163 sacos, sobre um universo de demanda total de 236.441 sacos. Como o resultado do somatório foi positivo, percebe-se que a tendência do método é de errar de forma a realizar a ruptura, ou seja, prever mais demanda maior do que a previsão. O Erro médio também se mostrou eficiente em relação aos outros métodos analisados, apenas 3 sacos.

O MSD complementa os outros indicadores, pois eleva ao quadrado o erro absoluto de cada período, destacando bastante os valores que mais fugiram da previsão. Quanto menor for o valor encontrado neste cálculo, maior será a acurácia desse modelo. O resultado demonstrou que a raiz quadrada da média dos erros em módulo elevados ao quadrado é de 583 sacos.

O MAD demonstrou que o sistema previu, em média, a cada 15 dias o valor absoluto de 470 sacos erroneamente. Pelo fato de o valor encontrado estar em módulo, significa que o erro pode ter sido positivo ou negativo, ou seja, o método pode ter previsto menos ou mais sacos do que o necessário.

O MAPE demonstra uma informação semelhante ao MAD, porém, em percentual. Depois de calcular o erro absoluto em % de cada período previsto, é feito o cálculo da média. Observa-se que, em média, o modelo previu a demanda com um erro de 12%, independente do modelo ter previsto mais ou menos sacos de ração do que foi realizado. Já o WMAPE pondera o resultado da previsão para medir a acurácia do modelo, seu resultado foi de 18,94%.

Dessa forma, ficou demonstrado que utilizando o método de média móvel ponderada a empresa estudada teria resultados mais positivos no seu planejamento, evoluindo sua precisão e acurácia na previsão de demanda de ração. Também se percebe a tendência deste método prever menos demanda de ração do que o necessário. A seguir, foi discorrido sobre as considerações finais do trabalho.

5 Considerações Finais

O principal objetivo desse estudo foi definir qual o melhor método de previsão de demanda para uma fábrica de ração para atender uma empresa de piscicultura. O objetivo central foi atendido e, além disso, o trabalho teve como objetivos específicos o teste e a comparação dos métodos de previsão de demanda, a análise do erro e avaliar tendências, ciclos e causas comuns e especiais que alteram a demanda.

O melhor método testado foi o da média móvel ponderada, visto que a maioria dos indicadores de erro se apresentaram melhores do que os outros modelos, o que fez com que sua previsão prosseguisse com maior precisão e acurácia.

Esse trabalho contribuiu com algumas esferas da sociedade, por exemplo com a parte gerencial das empresas do setor, que necessitam de melhorar o seu planejamento para melhor utilizar os recursos disponíveis. Com relação à aplicabilidade junto à área de compras, é importante demonstrar que as previsões seguem como um trabalho de aprendizagem. Supondo que a área de compras efetue seus pedidos a cada 90 dias, logo, analisando o erro da previsão em intervalos de 15 em 15 dias, ela vai conseguir entender o comportamento desses dados assim como sua tendência, contribuindo para a melhor eficiência do pedido seguinte.

Outra contribuição foi a acadêmica, pois foi discorrido sobre tópicos importantes na previsão de demanda e análise do erro na revisão bibliográfica desse trabalho. O estudo também contribuiu para o desenvolvimento regional, visto que a empresa analisada está situada no triângulo mineiro na cidade de Uberlândia.

O trabalho também está alinhado com o objetivo 2 do Programa de desenvolvimento sustentável da ONU, pois busca alicerçar a piscicultura no bioma cerrado, potencializando a produção de alimento nutritivo e seguro.

As limitações encontradas foram as tendências e sazonalidades, visto que a empresa estava passando por um crescimento arrojado. Pelo fato de os peixes serem pecilotérmicos e a tilápia não se sentir confortável em temperaturas fora do intervalo de 25°C até 30°C, o inverno acaba impactando muito na alimentação. Foi reportado pela empresa que a água da represa onde o plantel fica alocado apresenta a temperaturas na faixa de 20°C no período frio do ano.

Outra dificuldade foi em relação às quedas súbitas na demanda de rações em períodos específicos por fatores não previstos, como por exemplo a predação dos peixes por parte de aves do ambiente, fato que resultava em baixas repentinas no plantel da piscicultura que por consequência diminuía também repentinamente a demanda de ração.

O trabalho foi realizado via estudo de caso, quantitativo e de caráter positivista, logo toda a avaliação foi feita por meios numéricos. Nesse sentido, fica como proposta para novos estudos um complemento via métodos qualitativos. Por meio de perguntas e entrevistas junto ao mercado consumidor, agentes de transformação da matéria prima em produto acabado, também podem oferecer contribuições à previsão de demanda. Também fica como proposta para novos estudos uma análise do erro em função da variação da temperatura no bioma cerrado, visto que a tilápia é um animal pecilotérmico.

Referências

- ALMEIDA, Felipe Baisso de; CESAR, Henrique Peres. **Aplicação de métodos de previsão de demanda em uma indústria do setor alimentício**. 2018. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2018.
- CALÔBA, G. M.; CALÔBA, L. P.; SALIBY, E. Cooperação entre redes neurais artificiais e técnicas' clássicas' para previsão de demanda de uma série de vendas de cerveja na Austrália. **Pesquisa Operacional**, v. 22, p. 345-358, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-74382002000300004>
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M.. **Planejamento, programação e controle da produção**. São Paulo: Editora Atlas Ltda., 2019. 456 p.
- COSTA, Júlio C. da. **Planejamento, programação e controle de produção**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016. 320 p.
- CYRINO, J. E. P., BICUDO, A. J. de A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>
- DIAS, Marco A. P. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. São Paulo: Editora Atlas, 1993. 399 p.
- FERRO, W. A.; de LIMA, J.D.; TRENTIN, M.G. Combinações de Métodos Quantitativos na Previsão de Demanda de Vendas de Eletrodomésticos. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v.14, n.5, p.67, 2019. DOI: 10.15675/gepros.v14i5.2371.
- GONÇALVES, M. C. et al. Aplicação de técnicas de Planejamento e Controle da Produção: uma análise comparativa sobre as técnicas de previsão de demanda. In: ... IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2019.
- GRANT, A.; HAIDER, Z.; MIESZALA, Jean-Christophe. 2022. Como desenvolver resiliência geopolítica em meio a uma ordem global em processo de fragmentação. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/destaques/como-desenvolver-resiliencia-geopolitica-em-meio-a-uma-ordem-global-em-processo-de-fragmentacao/pt>. Acesso em: 14 ago 2023.
- GUIMARÃES, P. L. **Processo de previsão de demanda para empresa têxtil**. 2008. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- LIMA, J. A. M. de. **Sales and operations planing: uma abordagem estruturada para gestão dinâmica de empresas**. 2019. 48 f. Trabalho de Conclusão de Mestrado (Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial) – Lisbon School of Economics and Management, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2019.
- LOPES, R. D. **Previsão de autopeças: estudo de caso em uma concessionária de veículos**. 2002. 107 f. Trabalho de Conclusão de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2023. **Consumo e tipos de peixes no Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mpa/rede-do-pescado/consumo-e-tipos-de-peixes-no-brasil>. Acesso em: 08 agosto 2023.
- MATOS, S. N.; GAIGHER NETTO, G.; LAGE, V. N.; SEGUNDO, A. K. R; BRAGA, M. F. **Tratamento de dados: uma abordagem prática para aprendizagem de atenuação de ruídos e eliminação de outliers**. XIV Simpósio Brasileiro de

Automação Inteligente, v.1, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbai-2019/trabalhos/tratamento-de-dados-uma-abordagem-pratica-para-aprendizagem-de-atenuacao-de-ruid?lang=pt-br>. Acesso em: 14 ago 2023. DOI:10.17648/sbai-2019-111570

MORAIS, D. O. C.; BARBIERI, J. C. Gestão da Cadeia de Suprimentos com Foco em Sustentabilidade e Inovação: Perfil das Publicações em Revistas e Congressos Brasileiros. **Organizações e Sustentabilidade**, v. 7, p. 43-61, 2019. <https://doi.org/10.5433/2318-9223.2019v7n2p43>

PEDROZA FILHO, Manoel Xavier et al. O mercado de peixes da piscicultura no Brasil: estudo do segmento de supermercados. Palmas, TO: **Embrapa Pesca e Aquicultura**, 2020. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215540/1/CNPASA-2020-bpd25.pdf>. Acesso em 14 ago 2023.

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

PEIXE BR. Anuário 2023. Peixe BR da piscicultura. 2023. Disponível em: https://www.aen.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2023-03/anuariopeixebr2023.pdf. Acesso em: 14 agosto 2023.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova economia**, v. 19, p. 41-66, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512009000100003>

RODRIGUES, J. de S.; ARGENTON, M. A.; PRUDENCIATO, W. **Desenvolvimento de um modelo de previsão da demanda em uma empresa moveleira de pequeno porte**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008.

SANTOS, A. C. L; OLIVEIRA NETO, M. S. de. Análise e previsão de demanda como ferramenta para controle de estoque: estudo de caso em indústria de equipamentos para piscinas e spas. **Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 1, p. 29-49, 2018.

SANTOS, P. V. S. Previsão de demanda como suporte à filosofia lean. **Exacta**, Petrolina, v. 18, n. 1, p. 226-243, jan. 2020. <https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v18n1.8935>

SILVA, G. M. da. **Detecção de Falhas em Rotores Sustentados por Mancais Magnéticos Ativos**. 2006. 116 f. Tese de Graduação (Pós Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

VERÍSSIMO, Andrey Jonas; ALVES, A. J. C.; HENNING, E., AMARAL, C.E.; CRUZ, A.C. Métodos estatísticos de suavização exponencial holt-winters para previsão de demanda em uma empresa do setor metal mecânico. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, n. 4, 2013. <http://dx.doi.org/10.3895/S1808-04482012000400009>

ZAN, G. L.; SELLITTO, M. A. Técnicas de previsão de demanda: um estudo de caso triplo com dados de venda de materiais eletro-mecânicos. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, n. 3, p. 95-95, 2007. <https://doi.org/10.15675/gepros.v0i3.171>