INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL - IFRS CAMPUS CAXIAS DO SUL CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NATÁLIA BEARZI CASTRO

PREVISÃO DE DEMANDA BASEADA EM SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO DE CASO EMPREGANDO ARIMA NO SEGMENTO DE COMPONENTES HIDRÁULICOS

CAXIAS DO SUL

2023

NATÁLIA BEARZI CASTRO

PREVISÃO DE DEMANDA BASEADA EM SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO DE CASO EMPREGANDO ARIMA NO SEGMENTO DE COMPONENTES HIDRÁULICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do curso de Engenharia de Produção, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, campus Caxias do Sul.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Caroline Dzulinski

CAXIAS DO SUL

2023



SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO CAMPUS CAXIAS DO SUL

ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Aos doze dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e três, às 17 horas, em sala virtual, reuniuse a Banca Examinadora, composta pelos professores Joanir Luis Kalnin e Lucas Fernando Fabro, para a avaliação do Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção intitulado "Previsão de demanda baseada em séries temporais: um estudo de caso empregando ARIMA no segmento de componentes hidráulicos", da estudante Natália Bearzi Castro, vinculada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Caxias do Sul, realizado sob a orientação da professora Ana Caroline Dzulinski.

Parecer

Após apreciação e considerações da banca, a aluna foi considerada aprovada sendo necessárias apenas algumas correções no texto para entrega final.

Avaliação	Membros da Banca Examinadora	
(x) Aprovado com sugestões. Nota: 8,8		
 □ Aprovado mediante correções obrigatórias no texto final do trabalho. Nota a ser emitida após correções. 	Professor Dr. Joanir Luis Kalnin IFRS – Campus Caxias do Sul	
☐ Não aprovado Nota:		
	Professor Ms. Lucas Fernando Fabro IFRS – Campus Caxias do Sul	
	Profa. Dra. Ana Caroline Dzulinski – Orientadora IFRS – Campus Caxias do Sul	

RESUMO

CASTRO, Natália Bearzi. **Previsão de demanda baseada em séries temporais**: Um estudo de caso empregando ARIMA no segmento de componentes hidráulicos. 2023. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Caxias do Sul, 2023

Dentro da cadeia de suprimentos, um dos principais fatores a ser considerado para realizar o planejamento correto de capacidade de produção e de materiais, é a previsão de demanda, pois é através dela que é possível tomar decisões estratégicas para o negócio evitando perdas e excessos. O presente artigo tem como objetivo, por meio da realização de um estudo de caso, identificar e aplicar um método de previsão de demanda para o segmento de componentes hidráulicos que possam fornecer dados mais assertivos. Foram realizadas 6 etapas metodológicas, iniciando pela revisão bibliográfica sistêmica para identificar modelos de previsão de demanda, fichamento para identificar os principais métodos de previsão para o segmento e segmentos semelhantes, definição bibliográfica sobre análise de séries temporais, levantamento dos dados referentes a empresa considerada para o estudo de caso, utilização da ferramenta SPSS para análise dos dados e construção e análise da previsão de demanda para os dados considerados. Como principal resultado obtido destaca-se a identificação de métodos que poderão ser considerados pela empresa para melhorar a previsão de demanda, e a baixa confiabilidade na previsão obtida por meio do emprego do método ARIMA, em decorrência principalmente da interferência da variação dos períodos de sazonalidade.

Palavras-chave: Previsão de demanda. ARIMA. Segmento de Componentes Hidráulicos. Séries temporais.

ABSTRACT

CASTRO, Natália Bearzi **Demand forecast based on time series:** study of case using ARIMA in hydraulic components segment. 2023. 32 p. Work of Conclusion Course (Graduation in Production Engineering) – Institute Federal of Education, Science and Technology. Caxias do Sul, 2023.

In Supply chain, one of main factors to be considered to realize the correct planning of capacity and materials, is forecast of demand, because is this forecast help to making strategic decisions to business and avoid losses and excesses. This article has as objective, based on a case study, to identify and apply a method of demand forecasting for a segment of hydraulic components to supply an assertive data. Was realized 6 phases of methodology, starting by bibliographic revision to identify methods of demand forecasting, registration to identify main methods of forecasting for this segment and similar segments, definition of bibliographic about time series analysis, using data of company of this case study, use of tool SPSS to analysis data and construct demand forecasting to data. The main result obtained stands out the identify of methods that could be used for company to have a better demand forecasting, and the low reliability into forecast obtain by using ARIMA method, as a result specially of interference of variation of seasonality periods.

Keywords: Demand forecasting. ARIMA. Segment of hydraulic components. Time series

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas metodológicas desenvolvidas no estudo de caso	12
Figura 2 – Síntese dos resultados quantitativos de cada etapa da RBS	13
Gráfico 1 - Demanda produto A <i>versus</i> prevista 2014 a 2022	20
Gráfico 2 - Demanda real <i>versus</i> prevista do Produto A para o ano de 2022	
Gráfico 3 - Tendência de demanda para Produto A	22
Gráfico 4 - Demanda produto B versus prevista 2014 a 2022	22
Gráfico 5 - Demanda real versus prevista do Produto B para o ano de 2022	23
Gráfico 6 - Demanda real versus prevista de 2022 do Produto B considerando período trimetral	23
Tabela 1 – Quantitativo de artigos que citam cada método listado como o que apresentou o melhor resultado	18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	
2 PREVISÃO DE DEMANDA EMPREGANDO ANÁLISE DE SÉRIES TEM	
NO SEGMENTO DE COMPONENTES HIDRÁULICOS	
3 METODOLOGIA	
3.1 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO SISTEMÁTICO	12
3.2 FICHAMENTO E DEFINIÇÃO DO MÉTODO PARA PREVISÃO DE DE 13	MANDA
3.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS	13
3.3.1 ARIMA	14
3.4 ESTUDO DE CASO SEGMENTO COMPONENTES HIDRÁULICOS	16
3.5 STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES (SPSS) - PA	COTE
ESTATÍSTICO PARA CIÊNCIAS SOCIAIS	
3.6 PREVISÃO DE DEMANDA	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
4.1 RESULTADOS OBTIDOS COM A RBS E O FICHAMENTO	18
4.2 ANÁLISE EMPREGANDO O ARIMA	19
4.3 PREVISÃO DE DEMANDA	
5 CONCLUSÕES	24
6 REFERÊNCIAS	25
APÊNDICE A - Síntese do fichamento realizado sobre o levantamento	
por meio de RBS	27

PREVISÃO DE DEMANDA BASEADA EM SÉRIES TEMPORAIS: UM ESTUDO DE CASO EMPREGANDO ARIMA NO SEGMENTO DE COMPONENTES HIDRÁULICOS

CASTRO, Natália (natalia.castro@caxias.ifrs.edu.br); DZULINSKI, Ana (silvamaria@caxias.ifrs.edu.br).

Artigo apresentado como trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Produção no ano de 2023

Resumo: Dentro da cadeia de suprimentos, um dos principais fatores a ser considerado para realizar o planejamento correto de capacidade de produção e de materiais, é a previsão de demanda, pois é através dela que é possível tomar decisões estratégicas para o negócio evitando perdas e excessos. O presente artigo tem como objetivo, por meio da realização de um estudo de caso, identificar e aplicar um método de previsão de demanda para o segmento de componentes hidráulicos que possam fornecer dados mais assertivos. Foram realizadas 6 etapas metodológicas, iniciando pela revisão bibliográfica sistêmica para identificar modelos de previsão de demanda, fichamento para identificar os principais métodos de previsão para o segmento e segmentos semelhantes, definição bibliográfica sobre análise de séries temporais, levantamento dos dados referentes a empresa considerada para o estudo de caso, utilização da ferramenta SPSS para análise dos dados e construção e análise da previsão de demanda para os dados considerados. Como principal resultado obtido destaca-se a identificação de métodos que poderão ser considerados pela empresa para melhorar a previsão de demanda, e a baixa confiabilidade na previsão obtida por meio do emprego do método ARIMA, em decorrência principalmente da interferência da variação dos períodos de sazonalidade.

Palavras-chave: Previsão de demanda. ARIMA. Segmento de Componentes Hidráulicos. Séries temporais.

Abstract: In Supply chain, one of main factors to be considered to realize the correct planning of capacity and materials, is forecast of demand, because is this forecast help to making strategic decisions to business and avoid losses and excesses. This article has as objective, based on a case study, to identify and apply a method of demand forecasting for a segment of hydraulic components to supply an assertive data. Was realized 6 phases of methodology, starting by bibliographic revision to identify methods of demand forecasting, registration to identify main methods of forecasting for this segment and similar segments, definition of bibliographic about time series analysis, using data of company of this case study, use of tool SPSS to analysis data and construct demand forecasting to data. The main result obtained stands out the identify of methods that could be used for company to have a better demand forecasting, and the low reliability into forecast obtain by using ARIMA method, as a result specially of interference of variation of seasonality periods.

1 INTRODUÇÃO

Na busca pela melhor eficiência dentro da indústria, é necessário um planejamento o mais acurado possível, com foco na redução de perdas, seja estas relacionadas a excessos ou faltas na capacidade produtiva, na mão de obra, sobre as capacidades de equipamentos e sobre os turnos de trabalho, além da necessidade de assegurar um planejamento adequado dos níveis de materiais visando o atendimento da fábrica.

Para atingir esse planejamento ideal, é necessário que exista um entendimento correto sobre qual é a perspectiva de venda da fábrica, e para isso busca-se por ferramentas para realizar a previsão de demanda adequada. Para isso, é necessário entender o perfil da demanda dos clientes, se existem sazonalidades, bem como as perspectivas de crescimento ou de redução nas compras futuras.

De acordo com Lima e Corso (2020), previsão de demanda é a informação obtida da quantidade de vendas de um determinado serviço ou produto em um determinado período. Há basicamente duas formas principais para realizar essa previsão nas organizações, uma refere-se aos métodos identificados como informais, caracterizados por estimativas subjetivas com base na experiência. A outra forma emprega métodos quantitativos, onde utilizam-se os dados históricos e atuais para identificação da correta característica de cada demanda, levando-se em consideração fatores como a tendência, sazonalidade e níveis anteriores para chegar à melhor perspectiva futura de vendas.

De acordo com Yaffe (1999), as técnicas quantitativas mais utilizadas são as séries temporais, pois tendem a apresentar um melhor resultado devido a utilização de informações históricas para variáveis dependentes e independentes, apresentando valores mais exatos e encontrando padrões de demanda imperceptíveis de forma empírica, buscando relações entre situações que influenciam a procura de um produto ou serviço. Os modelos de séries temporais mais utilizados são a Suavização Exponencial Simples, Modelo de Holt, Modelo de Holt Winters, Média Móvel e ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average - Modelo Auto-Regressivo Integrado de Médias Móveis). Já como aplicações de técnicas causais, há a Regressão Linear, Regressão Múltipla e a Inteligência Artificial.

Neste contexto, o presente artigo apresenta um estudo de caso sobre uma empresa do segmento de componentes hidráulicos que apresenta problemas de falta de capacidade produtiva, e de materiais, relacionados a problemas com a acuracidade da previsão de demanda de dois itens específicos. O segmento de componentes hidráulicos atende hoje linhas de movimentação abastecendo mercados como agrícola, construção, manuseio de materiais, entre outros diversos segmentos que podem ter maior eficácia escolhendo soluções em hidráulica para movimentação. Os principais produtos desse mercado são bombas, válvulas, cilindros, motores, filtros e acumuladores, transmissão (Mordor, 2023).

O objetivo do estudo de caso é, portanto, identificar e aplicar um método de previsão de demanda para o segmento de componentes hidráulicos que possam fornecer dados mais assertivos.

O presente artigo apresenta no tópico 2 a fundamentação teórica sobre as séries temporais, no tópico 3 é apresentada a metodologia empregada, sendo no tópico 4 descritos os resultados e discussões, e por fim no tópico 5 são apresentadas as conclusões.

2 PREVISÃO DE DEMANDA EMPREGANDO ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS NO SEGMENTO DE COMPONENTES HIDRÁULICOS

De acordo com Souza (1989), série temporal é uma sequência de dados analisados em um determinado tempo por meio de um processo de observação e de quantificação numérica. Para definição de séries temporais acuradas, o futuro deve apresentar circunstância e comportamentos similares ao passado ou fragmento de passado analisado (Wheelwright e Makridakis, 1985)

Uma série temporal é uma coleta de dados quantitativos coletados em um determinado período, com intervalos iguais entre eles. Estudos de séries temporais sempre partem do princípio de que os dados futuros seguem a tendência do passado, e com isso realiza análises nos números anteriores buscando encontrar os próximos.

As séries temporais são classificadas como estacionárias ou não estacionárias, e estocásticas ou determinísticas. As séries estocásticas são aquelas que apresentam taxas médias em um ambiente com variância, podendo ser variáveis, já as séries determinísticas são aquelas que possuem uma taxa

constante, mesmo em condições de crescimento ou redução sendo que a taxa que acompanha esse processo é constante. Para Yaffee (1999), uma série é considerada estritamente estacionária quando tem uma média fixa, variância constante e uma auto covariância estrutural constante.

Uma série temporal pode apresentar até quatro particularidades distintas em seu comportamento: média, sazonalidade, ciclo e tendência (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

De acordo com a revisão bibliográfica sistêmica realizada (descrita no tópico referente a metodologia) os modelos mais utilizados de séries temporais são modelos de suavização exponencial, Box Jenkins, Holt, Holt-Winters e ARIMA. Esses modelos são amplamente utilizados pela indústria para prever as vendas futuras, de forma a garantir o melhor planejamento da cadeia de suprimentos, adequando os níveis de estoque e de produção de acordo com as demandas previstas.

A seleção dos artigos considerados no presente trabalho foi direcionada para os estudos de caso sobre previsões de demanda, onde foram realizadas comparações com diversos modelos e identificada a melhor alternativa para cada caso, a depender do tipo de demanda de cada estudo.

3 METODOLOGIA

As etapas metodológicas empregas nesta pesquisa estão sintetizadas na Figura 1, sendo detalhadas nos subtópicos que seguem.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO SISTEMÁTICO (RBS)

FICHAMENTO E DEFINIÇÃO DO MÉTODO PARA PREVISÃO DE DEMANDA

MÉTODOS DE ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

ESUDO DE CASO SEGMENTO DE COMPONENTES HIDRÁULICOS

STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES (SPSS)

PREVISÃO DE DEMANDA

Figura 1 - Etapas metodológicas desenvolvidas no estudo de caso

Fonte: Autoria própria (2023)

3.1 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO SISTEMÁTICO

O presente trabalho foi desenvolvido partindo de um Referencial Bibliográfico Sistemático (RBS), utilizando cinco bases de dados, sendo elas: *Science Direct, Scopus, Web of Science, Scielo* e CAPES. Nessas bases de dados foram utilizadas as palavras-chave de busca: (*forecast*) AND ("*statistical models*") ou ("previsão de demanda") para as bases de dados de idioma português.

Essa pesquisa gerou um total de 31.916 artigos. No segundo filtro foram selecionados somente artigos a partir do ano de 2019, reduzindo o total de artigos para 13.638. A próxima etapa se caracterizou pelo filtro em relação ao meio de publicação dos artigos, sendo removidos os periódicos em que a temática não tivesse relação com a pesquisa. Os artigos foram exportados utilizando o software Mendeley e em seguida foram removidos os artigos duplicados, resultando em 678 artigos.

Os artigos resultantes foram exportados em arquivo digital de tabulação, Microsoft Excel, onde foi realizada uma análise a partir do título, avaliando a relevância para a contribuição com o objetivo da pesquisa. Essa análise resultou em 62 artigos. Finalmente, nesses artigos foi realizada uma análise a partir da leitura dos resumos, selecionando um total de 30 artigos para contribuir com o objetivo do trabalho. As etapas empregadas na RBS encontram-se listadas na Figura 2.

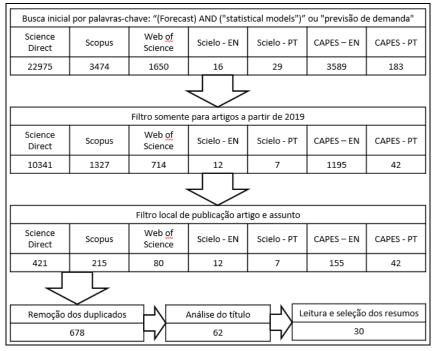


Figura 2 – Síntese dos resultados quantitativos de cada etapa da RBS

Fonte: Autoria própria (2023)

3.2 FICHAMENTO E DEFINIÇÃO DO MÉTODO PARA PREVISÃO DE DEMANDA

Os 62 artigos selecionados foram lidos e, nessa etapa, foi realizado um fichamento agrupando as informações mais relevantes de cada artigo, identificando os principais modelos de previsão de demanda utilizados e quais tiveram os melhores resultados em estudos de casos reais, apresentando as previsões mais compatíveis com a demanda ocorrida. O resultado síntese desta etapa metodológica pode ser observado no Apêndice A.

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

Os métodos identificados como mais relevantes por meio do fichamento foram o ARIMA e o RNA, juntos eles representam cerca de 46,7% dos resultados, sendo 23,35% para o modelo ARIMA E 23,35% para o modelo RNA. Os demais artigos, que representam cerca de 53,3% apresentam soluções diversas e mais específicas para cada ramo de atuação, sendo que em alguns casos foram utilizados modelos em conjunto com outros, formando uma solução única para o local em si estudado, levando em contas fatores exclusivos.

Além disso, outros modelos como Holt Winters e estatísticas simples não foram selecionados para o estudo em função da baixa representatividade nos resultados entre os artigos estudados. O modelo RNA, apesar do destaque na RBS, não foi selecionado para realização do estudo pois para sua aplicação, segundo Haykin (2001), é necessário uma integração de sistema levando em conta três variáveis, e nesse artigo temos como estudo somente duas, que é o volume de demanda pelo período em análise.

Outra avaliação que foi realizada para seleção dos métodos aplicados, é a área de aplicação de cada estudo de caso. Os modelos foram os melhores classificados para os artigos de área similar à estudada no presente trabalho, o que cooperou na decisão de escolha do método ARIMA, sendo este descrito no próximo tópico.

3.3.1 ARIMA

O método ARIMA é um modelo que busca realizar a previsão de forma que assimila na série o comportamento da correlação, ou da autocorrelação, dos valores e dessa forma, combina o componente autorregressivo (AR), o filtro de integração (I) e as médias móveis (MA) (KIRCHNER, 2006).

Esse modelo somente pode ser utilizado para series temporais estacionárias ou uma série temporal que, quando passa por diferenciação, se torna estacionária (GUAJARATI; PORTER, 2011). Uma série estacionária é aquela que apresenta média uniforme manifestada no tempo analisado. Algumas séries precisam ser diferenciadas, como mostra a Equação 1, para se tornarem estacionárias (MORETTIN; TOLOI, 2006).

$$W_t = Z_t - Z_{t-1} = (1 - B)Z_t = \Delta Z_t$$
 Equação 1

Sendo:

 W_t = Diferenciação da série

 Z_t = Variável aleatória em função do tempo (x)

B = Constante

A partir desse processo, encontra-se a Equação 2, onde define-se o modelo ARIMA (p, d, q), cujo as ordens p e q são respectivamente $\phi(B)$ e $\theta(B)$ e inclui-se também a diferenciação d (MORETTIN; TOLOI, 2006).

$$\phi(B) \triangle^d Z_t = \theta(B) a_t$$

Equação 2

Sendo:

 ϕ (B) = número de termos auto-regressivos

 Δ^d = Variação da diferenciação

 Z_t = Variável aleatória em função do tempo (x)

 θ (B) = número de termos da media móvel

 a^t = componente aleatório de media zero e variância constante

Os indicadores utilizados para realizar as análises dos produtos A e produto B do modelo ARIMA, foi o R quadrado e o REMQ (Raiz do erro médio quadrático), indicadores que avaliam a qualidade do resultado da análise.

O R quadrado, ou coeficiente de determinação indica o desvio do ajuste em referência à linha de tendencia de regressão ajustada a equação do R quadrado está representada pela equação 3 abaixo.

$$R^2 = 1 - \frac{n-1}{n-(k+1)} (1 - R^2)$$

Equação 3

Sendo:

n = Quantidade de obervações

k+1 = Número de variáveis explicativas mais a constante

Outro fator considerado na análise foi o REMQ (Raiz do erro médio quadrático), esse indicador mede uma estimativa da precisão que a previsão irá fornecer. Para esse fator, o ideal é que esteja sempre o mais próximo de 0. A equação que apresenta o REMQ está descrita abaixo pela equação 4

REMQ =
$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Equação 4

Sendo:

n = quantidade de obervações

 \hat{y}_i = Valores previstos

 y_i = Valores observados

3.4 ESTUDO DE CASO SEGMENTO COMPONENTES HIDRÁULICOS

Para realização do presente estudo de caso, foi considerado o modelo ARIMA, em um conjunto de dados extraídos do histórico de vendas de dois produtos de uma empresa que atua no ramo de componentes hidráulicos.

Os principais produtos da empresa estudada são motores, válvulas e bombas hidráulicas para implementos agrícolas e máquinas de grande porte com movimentação, como guindastes. Nesse segmento, a demanda sofre alta influência do mercado agrícola, com sazonalidade de acordo com as safras.

Para realizar as aplicações, levou-se em conta o consumo mensal de dois produtos, que serão identificados no presente trabalho como "produto A" e "produto B". O tempo analisado para a execução dos métodos foi entre os anos de 2014 a 2021, totalizando cinco anos de análise histórica de demanda. Para aplicação do método ARIMA nos citados dados, foi empregada a ferramenta estatística SPSS, detalhada no próximo tópico.

3.5 STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES (SPSS) – PACOTE ESTATÍSTICO PARA CIÊNCIAS SOCIAIS

Durante a análise do fichamento da RBS, foi identificado que dentre os artigos analisados, um dos mais difundidos e bem-sucedidos softwares para realizar as previsões de demanda é o SPSS, dessa forma, ele foi selecionado para realizar a aplicação do modelo ARIMA neste estudo de caso.

O SPSS foi desenvolvido com o objetivo de criar modelos estatísticos para as ciências sociais, mas com as atualizações, foi-se criando módulos e ampliando as possibilidades, sendo possível atender uma infinidade de demandas relacionadas a modelos estatísticos disponíveis na plataforma. Atualmente, o software SPSS é amplamente utilizado para análises estatísticas complexas, manipulação e apresentações de dados (LANDAU e EVERIT, 2004).

Para aplicação dos modelos foi importado um arquivo com dados tabulares constando as demandas, para o SPSS, na área de "visualização de dados". Na sequência, foi realizada a preparação dos dados, sendo necessário alterar o tipo de dado para "data" para as entradas meses e anos, sendo necessário também realizar o ajuste dos dados omissos, onde o software identificou qual o melhor valor para preencher espaços vazios utilizando a média dos valores próximos em um range (intervalo) de 2 valores.

Para o modelo ARIMA utilizou-se, na opção de análise, o recurso de criar modelos tradicionais, sendo selecionado o modelo ARIMA e definida a sazonalidade do modelo como "1", para indicar que existe uma sazonalidade nos valores analisados. Os valores ajustados de demanda foram utilizados no estudo como variável dependente, e os meses de consumo foram identificados como variáveis independentes. Além disso, também foi selecionada a exibição das previsões no resultado e todas as medidas de ajuste e gráficos foram escolhidos para serem apresentados nos resultados. Nesse ajuste foi selecionada a opção para que seja calculada a previsão para 1 ano (2022), de forma que fosse possível realizar a comparação com o real ocorrido nesse ano, em função de ainda não haver dados reais para os próximos anos.

3.6 PREVISÃO DE DEMANDA

Após obter os resultados dos modelos através do SPSS, os dados foram analisados e transferidos para uma planilha utilizando o Microsoft Excel

Nessa planilha foi realizada uma análise comparativa dos gráficos e dados gerados pelo SPSS da previsão gerada pelo ARIMA com os dados reais que ocorreram no ano de 2022. A partir dessa planilha os resultados obtidos foram discutidos para obter as conclusões sobre as análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados seguem a sequência metodológica descrita anteriormente, descrevendo primeiramente os principais resultados obtidos por meio da RBS, a análise empregando o método ARIMA e por fim, os resultados referentes à previsão de demanda.

4.1 RESULTADOS OBTIDOS COM A RBS E O FICHAMENTO

Realizadas todas as etapas da RBS, foi obtido um total de 30 artigos, sendo estes lidos e analisados em totalidade. Fundamentando-se nesses artigos, foi realizado o fichamento onde foram identificados os principais pontos de cada referência, focando principalmente nos métodos utilizados e qual foi o método mais bem sucedido com a demanda real ocorrida no estudo.

Na Tabela 1 é possível observar um resumo dos modelos e os resultados, onde o termo "Não se aplica" são casos de demanda com situações em que cada produto apresentou um tipo de modelo, ou o artigo não identificava o resultado mais bem sucedido.

Tabela 1 – Quantitativo de artigos que citam cada método listado como o que apresentou o melhor resultado

MODELO	Artigos que citam o método com melhores resultados
ARIMA	7
RNA	7
União de métodos	6
Não se aplica	5
Holt Winters	3
Estatística simples	2

Fonte: Autoria propria (2023)

Ao analisar a Tabela 1 é possível verificar que os dois modelos mais bem sucedidos representam cerca de 46,7% de todos os artigos. Os demais itens representam cerca de 53,3%. Após essa verificação, constatou-se que o modelo RNA, apesar do destaque na RBS, segundo Haykin (2001), é necessária uma integração de sistema levando em conta três variáveis, e nesse artigo temos como

estudo somente duas, que é o volume de demanda pelo período em análise, dessa forma apena o modelo ARIMA foi considerado para dar sequência no estudo.

4.2 ANÁLISE EMPREGANDO O ARIMA

A análise foi realizada com dois produtos, sendo estes produtos com demanda irregular, que foram selecionados visando o entendimento sobre o comportamento do consumo.

Ao realizar uma compilação dos resultados, observou-se que para o produto A, foi identificado um valor de 9,6% de R quadrado e de 24,634 de REMQ. Já o produto B encontrou os valores 20,5% de R quadrado e de 53,29 de REMQ. A Tabela 2 apresenta uma comparação dos resultados.

Tabela 2 - Representação de R quadrado e REMQ dos produtos A e B

	Produto A	Produto B
R quadrado	9,6%	20,5%
REMQ	24,634	53,290

Fonte: Autoria propria (2023)

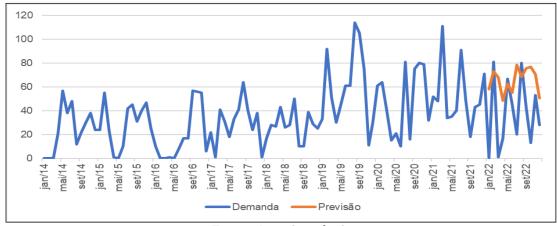
O resultado de R quadrado para o produto A, indica que as previsões geradas se mantem próximo a média. Para o REMQ, o indicador apresenta o valor de 24,634, o que é considerado um valor aceitável, porém não traz a garantia de confiabilidade adequada, pois se distancia de 0, o que pode ser justificado pela alta variação de demanda nos meses estudados, dificultado a assertividade na previsão das sazonalidades.

Para o produto B, o resultado de R quadrado indica uma variabilidade de 20,5% distante da média de valores. Esse é um valor considerado aceitável para seguir com a análise da demanda. O resultado de REMQ para o produto B foi de 53,29, o que é considerado um valor distante de zero, reduzindo a confiabilidade do modelo, pois indica baixa precisão. Esses resultados podem ser decorrentes da alta variação de demanda sem padrão nos dados utilizados para gerar a previsão.

4.3 PREVISÃO DE DEMANDA

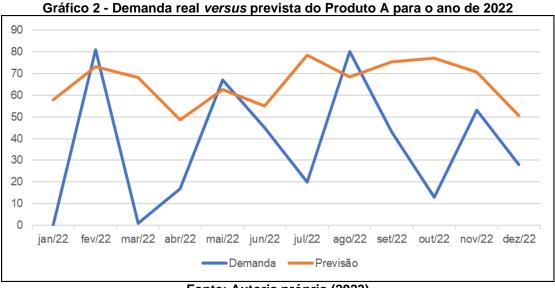
O estudo realizado para o Produto A gerou uma previsão de demanda para o ano de 2022, apresentada em cor laranja no Gráfico 1, a qual não correspondeu em totalidade com a demanda real obtida para o mesmo período. O modelo ARIMA conseguiu acompanhar os meses de previsão onde ocorreram picos superiores de demanda, porém, os meses em que a demanda foi menor a previsão não gerou correspondência aproximada.

Gráfico 1 - Demanda produto A versus prevista 2014 a 2022



Fonte: Autoria própria

É possível verificar que caso a compra o material e de capacidade da fábrica fosse planejado conforme a demanda prevista, haveria muita sobra. O modelo de previsão não conseguiu identificar os meses de menor demanda.



Fonte: Autoria própria (2023)

O modelo ARIMA identificou na base de dados estudada que o comportamento de demanda estava seguindo uma linha de tendência positiva, conforme ilustrado no Gráfico 3. Dessa forma, a estimativa de demanda seria que houvesse um crescimento na mesma proporção, o que não se concretizou.

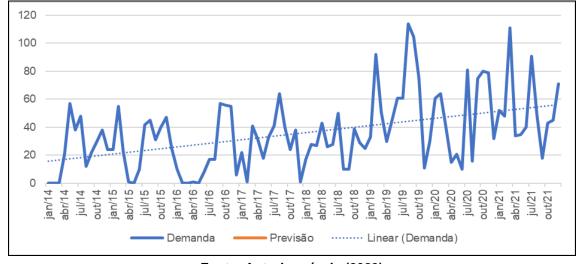


Gráfico 3 - Tendência de demanda para Produto A

Fonte: Autoria própria (2023)

O produto B tem uma demanda marcada por picos e vales, a empresa estudada identificava bastante dificuldade para realizar o planejamento da fábrica e de materiais. Os resultados para essa demanda demonstrou valores médios entre os picos e vales em comparação com a demanda real para o ano de 2022, conforme ilustrado no Gráfico 4.

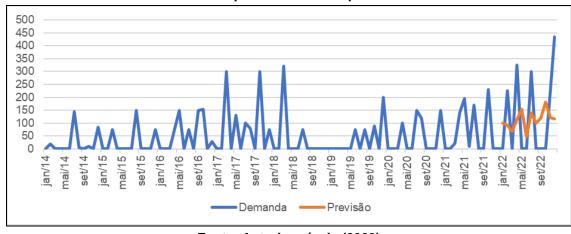


Gráfico 4 - Demanda produto B versus prevista 2014 a 2022

Fonte: Autoria própria (2023)

Analisando o período de 2022, foi possível observar que a demanda prevista não acompanhou os picos nem vales, se mantendo em uma média padrão variando entre aproximadamente 50 peças no mês de junho, onde teve a menor demanda e perto de 200 peças no mês de outubro, onde apresentou a maior demanda.

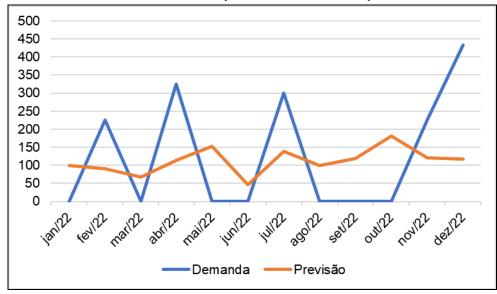


Gráfico 5 - Demanda real versus prevista do Produto B para o ano de 2022

Fonte: Autoria própria (2023)

Durante a análise, ao identificar que o pico ocorria de forma sazonal de forma trimestral, foi proposto um novo gráfico, analisando o ano de 2022 de forma comparativa com os valores da demanda real e da demanda prevista por trimestres. O Gráfico 6 ilustra essa nova proposta de comparação de forma trimestral, mostrando que a demanda real ficou mais próxima da que havia sido prevista, o que traz de informação que a empresa deve passar a planejar capacidade de produção e de materiais considerando os volumes de forma trimestral.

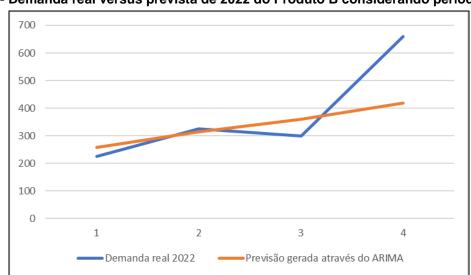


Gráfico 6 - Demanda real versus prevista de 2022 do Produto B considerando período trimetral

Fonte: Autoria própria (2023)

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como principal objetivo identificar qual a previsão de demanda mais adequada para dois produtos de uma empresa no segmento de componentes hidráulicos.

Foi possível identificar quais os métodos são mais utilizados em segmentos semelhantes, e considerando o método ARIMA, foram analisados os dados de demandas históricas da empresa considerada no estudo de caso. Com esse resultado, identificou-se um padrão na tendência de demanda e de sazonalidade, dessa forma o estudo pode ser considerado bem-sucedido de acordo com a proposta, entretanto, são necessárias análises complementares, empregando outros métodos, para melhorar a confiabilidade e assertividade da previsão que ainda não é ideal pois o modelo ARIMA não trouxe resultados satisfatórios que tragam melhorias significativas na previsão de demanda para empresa.

Destaca-se ainda que a busca teórica pelos métodos de previsão contribuiu não apenas para conhecer e aplicar o método ARIMA, mas para ter conhecimento de outros métodos que poderão ainda ser aplicados e analisados, visando obter resultados com maior confiabilidade do que foi obtido no presente estudo. É válido ressaltar que em um primeiro momento a autora visava empregar outros métodos, mas devido à limitação do acesso a ferramentas para análise dos dados, e do tempo para finalização da pesquisa, decidiu-se empregar apenas o método ARIMA. Entretanto, há o entendimento da necessidade de se empregar outros métodos em estudos futuros, bem como utilizar como período de execução da previsão para comparação com a realidade um período maior de 1 ano, para um melhor entendimento do comportamento da demanda real frente a uma previsão gerada pela série temporal. Além disso, para demanda similares a demanda do produto B, sugere-se uma análise de previsão de demanda considerando períodos de estudo de acordo com o padrão de consumo, nesse caso trimestral e não mensal

Por fim, destacando o segmento da empresa considerada para o estudo de caso (componentes hidráulicos, principalmente para atendimento de demandas do segmento agrícola), sugere-se que sejam realizados mais estudos para definir as principais características de sazonalidade deste setor e como ela pode ser considerada para modelos de previsão da cadeia de suprimentos do setor.

6 REFERÊNCIAS

GUAJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. São Paulo: MC Graw Hill/Bookman, 2011.

HAYKIN, S. **Redes Neurais:** princípios e práticas. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

KIRCHNER, R. **Modelagem e previsão por meio de metodologia Box & Jenkins**: Uma ferramenta de gestão. [s.l.] Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Santa Maria, 2006.

LANDAU, Sabine; EVERITT, Brian. A handbook of statistical analyses using SPSS. In: LANDAU, Sabine; EVERITT, Brian. A handbook of statistical analyses using SPSS. 1. ed. Library of Congress Cataloging-in: Chapman & Hall/CRC, 2004. cap. 1, p. 11-12. ISBN 1-58488-369-3

LIMA, Daniela de; CORSO, Leandro. Aplicação de Inteligência Artificial e Modelos Matemáticos para Previsão de Demanda em uma indústria do ramo plástico. Aplicação de Inteligência Artificial e Modelos Matemáticos para Previsão de Demanda em uma indústria do ramo plástico, **Scientia Cum Industria**, v. 8, ed. 2, p. 24-29, 2020.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting:** methods and applications. 3rd ed. New York: [s.n.].

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. DE C. Análise de séries temporais. 2. ed. São Paulo: Egard Blucher, 2006.

SOUZA, R. C. **Modelos Estruturais para Previsão de Séries Temporais**: Abordagens Clássica e Bayesiana. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE MATEMÁTICA, 17., Rio de Janeiro, 1989. DOI: https://doi.org/10.11606/d.55.2011.tde-06062011-164536

TAMANHO do mercado de equipamentos hidráulicos e análise de participação – Tendências e previsões de crescimento (2023 – 2028). Disponível em: https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/hydraulic-equipment-market. Acesso em: 7 dez. 2023.

WHEELWRIGHT, S. C.; MAKRIDAKIS, S. Forecasting Methods for Management. 4. ed. New York: John Wiley & Sons Inc, 1985.

YAFFEE, Robert; MCGEE, Monnie. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting: with Applications of SAS and SPSS. In: YAFFEE, Robert; MCGEE, Monnie. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting: with Applications of SAS and SPSS. 1. ed. Brooklyn, New York: ACADEMIC PRESS, INC., 1999. cap. 1, p. 32-34

APÊNDICE A - Síntese do fichamento realizado sobre o levantamento realizado por meio de RBS

Fonte	Nome	Modelo utilizado	Area	Resultado
CAPES	Bayesian Forecasting of Many Count-Valued Time Series	Distribuição de Poisson e Análise Bayesiana sequencial	Supermercados	União dos métodos Bayesiano e Poisson
CAPES	Forecast Selection and Representativeness	Julgamento humano, ETS, Arima, IC		NA
CAPES	Modelagem da previsão de vendas de uma unidade agrícola produtora de bananas em Missão Velha (CE)	ARIMA e Holt-Winters	Agrícola	Melhor método ARIMA
CAPES	Implementação de um modelo de previsão de vendas em uma empresa de distribuição de aços especiais	suavização exponencial e ARIMA	Siderurgica	modelo de suavização exponencial apresentou maior acurácia para os itens A, B, C e D. Para o item E, o resultado com menor desvio foi à combinação aritmética entre os métodos de suavização exponencial e ARIMA
CAPES	Aplicação de modelos de previsão e inteligência artificial para avaliar demanda no segmento de sistemas de iluminação automotivo	Média Móvel Ponderada, Holt Winters Aditivo e Multiplicativo, ARIMA e RNA	automotiva pesada	RNA melhor resultado
CAPES	Aplicação de técnicas de aprendizado de máquina e estatística na previsão da demanda de biocombustíveis	arima, long short-term memory - Istm e gradient boosting	Biocombustíveis	ARIMA melhor resutado
CAPES	Proposta de algoritmo para desenvolvimento de modelos de previsão: aplicação numa série de dados de uma revenda de tintas	ARIMA	Tintas	ARIMA
CAPES	PREVISÃO DE DEMANDA DE CARROS NO BRASIL: COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS CONVENCIONAIS E A REDE NEURAL RECORRENTE BIDIRECIONAL LSTM	Inteligencia artificial	Automoveis	ARIMA melhor resutado
CAPES	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE BOX-JENKINS NA PREVISÃO DE DEMANDA DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR	ARIMA	Agrícola	ARIMA melhor resutado

CAPES	A APLICAÇÃO COMBINADA DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA EM PRODUTOS FUNDIDOS	Modelo exponencial simples modelo de Holt, modelo linear de brown, tendencia amortecida, modelo sazonal simples, ARIMA, aditivo e multiplicativo Winters	Metalmecanica	método de Winters multiplicativo se adequou às séries temporais dos produtos A e C e para o produto B, destaca-se o método de Winters aditivo,
CAPES	MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA DE FERROLIGAS UTILIZANDO REDES NEURAIS	RNA	Siderurgica	Modelo RNA gerou resultados positivos similares à demanda real estudada
CAPES	Aplicação do Modelo SARIMA na Previsão de Demanda no Setor Calçadista	Séries temporais, ARIMA, AR, MA, ARMA, SARIMA	Calçadista	SARIMA foi o modelo que mas se adequou
CAPES	Aplicação de métodos estatísticos com suavização exponencial dupla e tripla para previsão de demanda na gestão de estoques	Método Holt e de Holt Winters, suavização exponencial	Metalmecanica	Melhores métodos Holt e Holt Winters
CAPES	Previsão de demanda: simulação em uma empresa do segmento de artigos para dança, fitness, natação e sportswear	Média Simples, Média Móvel, Suavização Exponencial, Suavização Exponencial com Tendência – Método de Holt e Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade – Método de Holt-Winters	Esportivo	Melhor método Holt- Winters
CAPES	Combinações de Métodos Quantitativos na Previsão de Demanda de Vendas de Eletrodomésticos	ARIMA e Suavização Exponencial	Eletrodoméstic os	Cada familia de produto obteve um resultado diferente
CAPES	Aplicação de Inteligência Artificial e Modelos Matemáticos para Previsão de Demanda em uma indústria do ramo plástico	RNA, ARIMA e Suavização exponencial simples, Holt	Polímeros	RNA otimizado foi o melhor resultado
CAPES	Aplicação de balanceamento de linha otimizado considerando previsão de demanda e redes neurais artificiais	média móvel, suavização exponencial, Holt, Holt Winters, ARIMA e RNA	Metalmecanica	RNA
CAPES	Previsão de demanda de peças sobressalentes	RNA	Agrícola	RNA com rede Elman

	utilizando rede neural artificial			
Web of Science	Demand Forecasting in Python: Deep Learning Model Based on LSTM	Sazonal Naive, TBATS, Facebook Prophet, SARIMA, RNA	Esportivo	Prophet method
Scopus	Market product demand forecasting method based on probability statistics and convolution neural network	estatísticas probabilísticas e RNA	Supermercados	RNA foi o melhor método
Scopus	Forecasting mass and metallurgical balance at a gold processing plant using modern multivariate statistics	Redes neurais	Mineração	RNA foi o melhor método
Science direct	A white-boxed ISSM approach to estimate uncertainty distributions of Walmart sales	multi-stage state-space model and Monte Carlo simulations, ISSM	Supermercados	state-space model with exponential smoothing and negative binomial distributions to model one-day-ahead retail sales.
Science direct	Predicting customer demand for remanufactured products: A data-mining approach	Cart, M5, RF	Remanufaturad os	modelo de árvore de regressão de conjunto, RF, pode fornecer o resultado de previsão mais preciso
Science direct	The human factor in supply chain forecasting: A systematic review	Julgamento humano	NA	NA
Science direct	Gaussian processes for unconstraining demand	Regressão gaussiana	Companhias aéreas	Nosso método GP tem o melhor desempenho ao considerar o erro médio absoluto.
Science direct	Classification-based model selection in retail demand forecasting	PromoCast	Varejo	PromoCast
Science direct	Retail forecasting: Research and practice	médias móveis simples, o exponencial suavizando família e ARIMA	Varejo	ARIMA
Science direct	Distributional regression for demand forecasting in e-grocery	métodos de regressão distributiva / GAMLSS	E-commerce (frutas, verduras e carne)	models from the GAMLSS class —with the exception of GAMLSS_Poisson —consistently performed very well,
Science direct	Demand forecasting for fashion products: A systematic review	Expert judgment, Delphi method and AHP	Moda	NA
Science	Stability in the inefficient	Estatisica (Average	Fármacos	Estatística simples

direct	use of forecasting	Relative Absolute Mean	
	systems: A case study in	Error (AvgRelAME))+	
	a supply chain company	Julgamento humano	



Ministério da Educação Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul Conselho Superior

ANEXOS

ANEXO A TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO ELETRÔNICA

1 Identificação do autor e do documento
Nome completo: <u>Natalia Biagi lastra</u>
Nome completo: <u>Natalia Buay lastro</u> Curso: <u>Engentaina de Produção</u> <u>Campus: <u>Curios de Sel</u></u>
Tipo de trabalho: () Relatório de Estágio () TCC () Dissertação () Tese
() Outros. Especifique:
Nome do(a) orientador(a): <u>Ama langling Dauling</u> Data da apresentação:
<u>12 / 12 / 23</u> Título do documento:
Previsão de alimanda Caseada em séries temporais: lem
estudo de con empregando ARIMA no segmento de componentes hichárditos
2 Restrições (período de embargo): sim pão
Em caso afirmativo, informe a data de liberação:// (no máximo até dois anos após a data da apresentação)
Justificativa:
3 Autorização para disponibilização no Repositório Digital / Biblioteca Digital do IFRS.
Autorizo o IFRS a depositar e disponibilizar gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, o documento supracitado, de minha autoria, no Repositório Digital / Biblioteca Digital para fins de leitura e/ou impressão pela Internet.
Não autorizo o IFRS a depositar gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, o documento supracitado, de minha autoria, no Repositório Digital / Biblioteca Digital.
Carrias do Sul , 18 112 1 2023 Natolia Beog Copus
Local Data Assinatura do(a) autor(a) ou de seu(sua)
representante legal

Assinatura do(a) Orientador(a)