

PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA EMPRESA DE ASFALTO ESTOCÁVEL

DEMAND FORECASTING IN A STOCKABLE ASPHALT COMPANY

Júlia Souza¹, Ana Cristina Gonçalves Castro Silva², Pedro Vieira Souza Santos³

^{1 2 3} Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

¹ julia.souza@discente.univasf.edu.br ² castroanasilva@gmail.com ^{3*} pedrovieirass@hotmail.com

*Autor Correspondente: Pedro,V.S.S.

RESUMO: O asfalto estocável surge como uma solução inovadora e prática para a realização de serviços de manutenção rodoviária. Assim, o gerenciamento eficiente da demanda desse produto é fundamental para a empresa responsável por seu fornecimento, sendo a previsão de demanda uma ferramenta indispensável nesse processo. Este estudo teve como objetivo avaliar a adequação dos métodos ARIMA e SARIMA à previsão de demanda de uma empresa fornecedora de asfalto estocável localizada na Bahia. Para isso, foi realizado um levantamento da demanda do produto ao longo de dois anos e uma análise detalhada dos dados coletados. Em seguida, compararam-se os métodos ARIMA e SARIMA para identificar o mais adequado às características da série temporal analisada. Os resultados indicaram que o método SARIMA apresentou o melhor desempenho, com menores medidas de erro, permitindo a geração de previsões precisas e confiáveis para o planejamento de demanda da empresa. No entanto, constatou-se que, embora os métodos quantitativos tenham se mostrado úteis, eles não são suficientes para capturar todas as nuances que influenciam a demanda pelo asfalto estocável. A natureza dessa demanda está fortemente relacionada a fatores externos, como o clima no Nordeste e o cronograma de obras das prefeituras, especialmente em períodos de fechamento orçamentário. Assim, destaca-se a necessidade de complementar as abordagens quantitativas com métodos qualitativos, baseados no conhecimento de especialistas e no monitoramento de condições contextuais, para aprimorar a precisão e utilidade das previsões.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão de demanda, SARIMA, ARIMA, Asfalto estocável, Gerenciamento de demanda.

ABSTRACT: Storable asphalt emerges as an innovative and practical solution for carrying out road maintenance services. Thus, efficient management of the demand for this product is essential for the company responsible for its supply, with demand forecasting being an indispensable tool in this process. This study aimed to evaluate the suitability of the ARIMA and SARIMA methods for demand forecasting for a storable asphalt supplier located in Bahia. To this end, a survey of the demand for the product was carried out over two years and a detailed analysis of the collected data. Then, the ARIMA and SARIMA methods were compared to identify the most appropriate one for the characteristics of the time series analyzed. The results indicated that the SARIMA method presented the best performance,

with lower error measures, allowing the generation of accurate and reliable forecasts for the company's demand planning. However, it was found that, although quantitative methods have proven useful, they are not sufficient to capture all the nuances that influence the demand for storable asphalt. The nature of this demand is strongly related to external factors, such as the climate in the Northeast and the city halls' construction schedule, especially during budget closing periods. Thus, the need to complement quantitative approaches with qualitative methods, based on expert knowledge and monitoring of contextual conditions, is highlighted to improve the accuracy and usefulness of forecasts.

KEYWORDS : Demand forecasting, SARIMA, ARIMA, Storable asphalt, Demand management.

1. INTRODUÇÃO

As estradas desempenham um papel fundamental no pleno funcionamento, desenvolvimento econômico e social de um país, tornando indispensável sua adequada conservação. Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2023), a manutenção periódica é essencial para garantir a qualidade e a durabilidade do pavimento. Nesse contexto, o asfalto estocável surge como um produto versátil e eficiente para reparos rápidos e manutenção contínua das vias, garantindo a durabilidade e a qualidade das estradas. Aproveitando essa oportunidade de mercado no setor de manutenção asfáltica, foi desenvolvido o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) para aplicação a frio.

De acordo com Rodrigues (2020), a principal diferença entre o asfalto convencional e o estocável é a "estocabilidade" deste último, obtida por meio de um aditivo químico que atua como retardador de cura. Esse aditivo prolonga o tempo disponível para a aplicação do asfalto, tornando-o uma solução prática e eficiente, especialmente para serviços de manutenção e reparo de estradas, com maior demanda em áreas comerciais e condomínios. O asfalto estocável destaca-se pela facilidade de aplicação, dispensando a necessidade de mão de obra especializada para sua instalação (Rodrigues, 2020).

Entre seus principais benefícios estão a rápida aplicação, a liberação imediata do local após o serviço e a ausência de necessidade de equipamentos pesados ou equipes especializadas para a pavimentação. A presença de uma organização especializada na distribuição de asfalto estocável é de extrema relevância, sobretudo para suprir as necessidades de obras de pequeno e médio porte na área de desenvolvimento urbano (Carvalho et al., 2020).

O asfalto estocável traz consigo praticidade e eficácia, facilitando o seu transporte e armazenamento, permitindo ainda que o material seja utilizado de acordo com a demanda, evitando desperdícios. Esse aspecto versátil é fundamental para reparos emergenciais em

vias públicas, correções pontuais e projetos de menor escala, nos quais o asfalto convencional, exigindo aplicação imediata, não seria viável. Ademais, a capacidade de estocar o asfalto prolonga a sua durabilidade e garante a disponibilidade do material sempre que necessário, contribuindo para agilizar e economizar nos projetos de pavimentação e reparos. O fato de ser estocável por até 12 meses supera barreiras como distâncias e tempo logístico para ser aplicado, proporcionando um controle de gastos escalonados, desde a produção até a aplicação (Rodrigues, 2020; Carvalho et al., 2020).

Neste contexto, a previsão da demanda torna-se essencial para as empresas do setor, pois possibilita a otimização da produção e a gestão de estoques, além de reduzir custos e garantir um melhor atendimento aos clientes. De acordo com Tubino (2007) as previsões desempenham um papel crucial nos processos de planejamento dos sistemas de produção, capacitando os administradores a vislumbrarem o futuro e a elaborarem estratégias adequadas para suas ações. A previsão da demanda é, pois, um processo racional de busca de informações acerca do valor das vendas futuras de um item ou de um conjunto de itens (Moreira, 2009; Santos, 2017). Considerando a importância do asfalto estocável para o setor de serviços de manutenção de estradas, faz-se necessário um estudo aprofundado sobre a previsão de demanda, a fim de garantir que a demanda seja suprida.

O estudo em questão será conduzido com base em uma empresa localizada no Vale do São Francisco, que é responsável pela produção e comercialização do asfalto estocável. Em visita às instalações da empresa em estudo, foi possível observar alguns desafios enfrentados devido à falta de provisionamento de demanda, como por exemplo, falta do produto em certos períodos do ano e o excesso em outros. Na visão de Moreira (2009), algumas decisões na área de produção requerem um planejamento cuidadoso antes de serem tomadas, tais como: Quanto se deve fabricar de cada linha de produtos nos próximos dias, semanas, meses; Tipos de produtos e/ou serviços a oferecer daqui a dois, três, dez anos; Evolução da tecnologia nos próximos anos; Necessidade de investimentos futuros; Adoção de novos processos e tecnologias; Ampliação e/ou construção de novas instalações; Contratações futuras de pessoal e treinamento; Necessidade de matérias-primas etc.

Diante dessa necessidade, surge a previsão da demanda, visando identificar as melhores estratégias a serem adotadas para assegurar que a empresa possa atender à demanda de maneira eficaz. A previsão de demanda se mostra como um elemento importante para a tomada de decisão, auxiliando a empresa a ter sucesso em seu

planejamento estratégico e a melhorar sua eficiência (Makridakis et al., 1993). Assim como proposto no estudo publicado por Borsato (2019), o objetivo principal é identificar o método mais eficaz para a previsão de demanda. Borsato (2019) destaca que os resultados obtidos a partir de diferentes métodos foram comparados e relacionados aos dados reais, realizando uma análise detalhada do erro de previsão entre os modelos. As previsões não são perfeitas, sempre haverá um erro na previsão e, portanto, é fundamental que este erro seja medido, explícito e avaliado (Peinado; Graeml, 2004; Santos, 2019; Santos; Araújo, 2019).

Com base nas análises desses erros será possível encontrar o método mais apropriado a ser aplicado na empresa de asfalto estocável. Durante o estudo, foram identificadas dificuldades enfrentadas pela empresa em decorrência da falta de uma previsão eficaz. Entre os principais problemas destacam-se a manutenção de estoques excessivamente altos em determinados períodos do ano, o que resulta em custos adicionais de armazenamento e imobilização de capital, e a escassez de estoque em outros períodos, quando a demanda excede a média prevista. Esses desequilíbrios não apenas comprometem a eficiência operacional, mas também podem resultar em perda de vendas e diminuição da satisfação do cliente.

Nesse contexto, o seguinte questionamento é responsável por guiar esta pesquisa: Qual é o método, ou combinação de métodos, mais adequado para prever a demanda em uma empresa de asfalto estocável, considerando tanto abordagens quantitativas quanto qualitativas? Logo, o objetivo geral do trabalho foi desenvolver um modelo para prever a demanda do asfalto estocável de uma empresa do Vale do São Francisco.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PAVIMENTO

Pavimento, de acordo com Bernucci et al. (2008), é um sistema composto por diversas camadas de espessura limitada, construído sobre a superfície preparada do terreno, com o propósito técnico e econômico de suportar as tensões provenientes do tráfego de veículos e das condições atmosféricas. Seu objetivo é garantir aos usuários uma experiência de rodagem mais confortável, econômica e segura.

O pavimento pode ser classificado em flexível, semirrígido e rígido, cada um com características específicas que atendem a diferentes necessidades. O pavimento flexível é composto por camadas sobrepostas de materiais granulares e asfalto, sendo projetado para distribuir as cargas de forma gradual. O semirrígido combina bases de materiais

estabilizados com ligantes hidráulicos e revestimentos asfálticos, oferecendo maior resistência às deformações. Já o pavimento rígido utiliza placas de concreto, que distribuem as cargas de maneira uniforme devido à sua alta rigidez estrutural, sendo indicado para tráfego pesado e alta durabilidade. A escolha do tipo depende do tráfego, do solo e dos custos de execução e manutenção.

Com base em informações obtidas a partir da CNT (2023), a estrutura do pavimento deve ser composta por camadas que distribuam as solicitações de carga, limitando as tensões e as deformações de modo a assegurar um desempenho adequado da via ao longo do tempo de vida útil previsto no projeto. Tendo em vista a extrema importância das vias pavimentadas para a mobilidade urbana, segurança viária e desenvolvimento econômico surgem à necessidade de mantê-las sempre em bom estado. De acordo com a CNT (2023) a avaliação da condição da superfície do pavimento é fundamental para garantir que as vias estejam em bom estado de conservação, proporcionando conforto e segurança aos usuários, e minimizando os riscos de acidentes e danos aos veículos. Vias bem conservadas garantem não apenas a fluidez do tráfego e a redução de acidentes, mas também a durabilidade da infraestrutura. Investir na conservação e melhoria das vias pavimentadas é essencial para garantir a qualidade de vida da população e o desenvolvimento sustentável das cidades.

2.2 ASFALTO ESTOCÁVEL

Segundo Carvalho et al. (2020), o asfalto estocável é considerado um material cuja produção é semelhante à do concreto asfáltico, diferenciando-se pela utilização de um aditivo "retardador" de cura misturado ao ligante. Carvalho et al (2020) ainda reforçam que, segundo os fabricantes, esse aditivo permite que o concreto estocável seja aplicado a frio. O asfalto estocável é um revestimento produzido a partir do concreto asfáltico convencional, o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), combinado com um aditivo modificador que retarda sua cura. Esse retardamento no processo de cura permite que o asfalto seja estocado e vendido em quantidades menores, proporcionando maior praticidade e agilidade nos serviços. Essa característica torna o asfalto estocável especialmente vantajoso para serviços de manutenção, pois facilita o transporte, o armazenamento e a aplicação em pequenos reparos de forma eficiente e rápida, melhorando a capacidade de resposta a necessidades imediatas de reparo viário (Oliveira, 2017).

Com base em estudo realizado por Santana (2016), os fabricantes do produto identificam suas vantagens como sendo:

- Trata-se de um material semelhante ao CBUQ convencional acrescido de um composto químico retardador de pega;
- Promete desempenho igual ou superior ao do CBUQ convencional;
- Não requer pintura de ligação;
- Se ensacado, pode ser estocado por um período que varia de 12 a 24 meses, dependendo do fabricante, e da quantidade de aditivo químico;
- Se a granel, pode ser estocado por até 30 dias;
- Pode ser aplicado em qualquer condição climática, incluindo dias e locais de baixas temperaturas e dias chuvosos;
- Possui alta trabalhabilidade e é de fácil aplicação.

2.3 PREVISÃO DE DEMANDA

Considerando o mercado competitivo e os custos envolvidos na produção, a previsão de demanda torna-se essencial para o pleno funcionamento das empresas. A previsão de demanda é a base para o planejamento estratégico da produção, vendas e finanças de qualquer empresa (Tubino, 2009; Soares et al., 2022). Ela impacta diretamente a capacidade das empresas de responder rapidamente às mudanças do mercado, evitando tanto excessos quanto a escassez de produtos. É preciso haver um norte para que a administração da produção possa trabalhar e a previsão de vendas oferece este direcionamento (Peinado; Graeml, 2004; Santos, 2020).

Gonçalves (2007) destaca algumas características das previsões, incluindo a sua imperfeição, já que elas não são medidas exatas. Apesar da evolução dos recursos computacionais e da satisfação matemática das técnicas de projeção, a previsão da demanda dos produtos não é uma ciência exata (Tubino, 2009). Relacionada a essa imperfeição de exatidão, Gonçalves (2007) menciona outra característica importante: o horizonte de planejamento. Quanto mais longo for esse horizonte, mais imprecisas tendem a serem as previsões. Para que se tenha uma boa elaboração da previsão da demanda é preciso seguir algumas etapas do processo. Segundo Tubino (2009) é preciso, primeiramente, definir a razão da necessidade de previsões, coletar e analisar os dados, selecionar a técnica de previsão e monitorar o modelo.

De acordo com Tubino (2009) existem alguns cuidados básicos que devem ser tomados na coleta e análise dos dados, sendo eles: 1. Quanto mais dados históricos forem coletados e analisados, mais confiável se tornará a técnica de previsão; 2. Os dados devem buscar caracterizar a demanda pelos produtos da empresa, que não corresponde

necessariamente às vendas passadas, pois pode ter havido falta de produtos, resultando em entregas postergadas ou não atendidas; 3. Variações extraordinárias da demanda como as decorrentes de promoções especiais, devem ser analisadas e substituídas por valores médios que sejam compatíveis com o comportamento normal da demanda; 4. O tamanho do período de consolidação dos dados (semanal, mensal, trimestral, anual, etc.) influencia diretamente na escolha da técnica de previsão mais adequada, bem como na análise dessas variações extraordinárias.

Conforme Moreira (2009) menciona, é possível classificar os métodos de previsão por diferentes critérios, mas a classificação mais simples provavelmente é aquela que considera o tipo de abordagem utilizada, ou seja, os instrumentos e conceitos que formam a base da previsão. Com base nesses critérios, os métodos de previsão de demanda podem ser qualitativos e quantitativos. De acordo com Moreira (2009), os métodos quantitativos são técnicas que empregam modelos matemáticos para calcular os valores projetados. Com a utilização dos métodos quantitativos é possível, por meio de modelos matemáticos e estatísticos, prever a demanda futura, tendo como base dados históricos e variáveis mensuráveis. Entre as subdivisões dos métodos quantitativos existem as técnicas baseadas em séries temporais. As previsões baseadas em séries temporais partem do princípio de que a demanda futura será uma projeção dos seus valores, passados, não sofrendo influência de outras variáveis (Tubino, 2009). Ainda de acordo com Tubino (2009) em uma curva baseada em séries temporais pode existir tendência, sazonalidade, variações irregulares e variações randômicas.

2.3.1 ARIMA

Uma metodologia bastante utilizada na análise de modelos paramétricos é conhecida como abordagem de Box e Jenkins (1970) (Morettin; Toloi, 2018). De acordo com Morettin e Toloi (2018) esta metodologia envolve a aplicação de modelos integrados de auto regressão e médias móveis, ARIMA (p, d, q), a um conjunto de dados. A modelagem ARIMA é comumente aplicada em processos lineares não estacionários, quando as séries temporais não são estacionárias (por exemplo, há movimentos de tendência seja de crescimento ou decaimento de qualquer natureza) (Camelo et al., 2007).

Campos e Cordeiro (2006) reafirmam que o ARIMA utiliza uma combinação de "filtros": o componente Autorregressivo (AR), o filtro de Integração (I) e o componente de Médias Móveis (MA). O componente AR permite que o modelo capture dependências

lineares dos valores passados da série temporal, enquanto o filtro de Integração transforma a série em estacionária, removendo tendências ao calcular diferenças entre observações consecutivas.

O componente MA, por sua vez, modela a relação entre o valor observado e os erros de previsão passados, proporcionando um ajuste fino às flutuações aleatórias. Juntos, esses componentes tornam o ARIMA uma poderosa ferramenta para a análise e previsão de séries temporais, capaz de capturar tanto padrões estruturais quanto variações aleatórias nos dados. De acordo com Morettin e Toloí (2018), a estratégia para desenvolver o modelo seguirá um ciclo iterativo, em que a definição da estrutura do modelo será guiada pelos dados disponíveis. As etapas desse ciclo iterativo são:

- Especificação: uma classe geral de modelos é considerada para análise;
- Identificação: há identificação de um modelo, com base na análise de auto-correlações, auto-correlações parciais e outros critérios;
- Estimação: os parâmetros (p,d,q) do modelo identificado são estimados;
- Verificação ou diagnóstico: verificação ou diagnóstico do modelo ajustado, através de uma análise de resíduos, para se saber se este é adequado para os fins em vista.

Para utilizar os dados, emprega-se a Equação (01):

$$y_t = c + \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \theta_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q} + \epsilon_t$$

- y_t = variável que será encontrada no tempo t;
- c = constante;
- α_1 a α_p = coeficientes de regressão automática;
- θ_1 a θ_q = coeficientes da média móvel;
- ϵ_t = resíduos de erro no tempo t.

No artigo intitulado por “Previsão de produção de cana-de-açúcar e seus derivados, através de ARIMA, no período de 2020 a 2025, na macrorregião 32 Centro-Sul do Brasil”, Souza et al. (2022), destacam a aplicabilidade do modelo ARIMA na previsão de produção de açúcar e etanol no Brasil, evidenciando sua importância no contexto econômico onde o país é responsável por cerca de 40% das exportações mundiais de açúcar. Utilizando dados de 1980 a 2020 e o software SPSS, foi possível prever a produção com seis anos de antecedência. Os resultados obtidos são úteis para a tomada de decisões estratégicas por órgãos públicos e pelo setor canavieiro.

2.3.2 SARIMA

O modelo SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*) é uma extensão do modelo ARIMA que incorpora componentes sazonais para lidar com padrões repetitivos em séries temporais. Segundo Yaffee e McGee (2000), esse modelo é representado como ARIMA (p,d,q)(P,D,Q)_s sendo P, D e Q maiúsculos os componentes sazonais, e o componente s representa a ordem de sazonalidade. O modelo combina processos autoregressivos (AR), médias móveis (MA) e integração (I), aplicados tanto à estrutura geral quanto à sazonalidade. Sua popularidade se deve à flexibilidade em modelar comportamentos complexos e à capacidade de gerar previsões precisas ao captar tanto tendências quanto sazonalidades, o que é essencial em áreas como planejamento de demanda, controle de estoque e decisões estratégicas.

O método SARIMA é representado pela seguinte Equação (02):

$$\Phi(B^s)\phi(B)(1-B)^d(1-B^s)^D X_t = \Theta(B^s)\theta(B)Z_t,$$

Em que $\Phi(B)^s$ são os coeficientes sazonais de autorregressão; $\Theta(B^s)$ são os coeficientes sazonais das médias móveis; e $(1-B^s)^D$ é o operador de diferença de ordem D de diferenciação sazonal (Pacheco, 2001).

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O estudo foi desenvolvido em uma empresa situada na cidade de Juazeiro-BA, responsável pelo fornecimento de asfalto estocável. Essa empresa é, até o momento, a única fornecedora do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) para aplicação a frio, popularmente conhecido como asfalto estocável. Atualmente, a empresa busca diversificar seu portfólio de produtos, incluindo agregados ensacados, como areia média, areia grossa e brita 12. No entanto, como esses novos produtos estão em processo de inclusão no mercado, o asfalto estocável continua sendo o carro-chefe da empresa, consolidando sua posição como principal oferta e foco de suas operações. Levando em consideração os recursos humanos, a empresa conta com cinco funcionários voltados para o setor produtivo da empresa e quatro funcionários no setor administrativo.

3.2 ETAPAS

A elaboração deste trabalho envolveu várias etapas distintas e fundamentais. Inicialmente, foi escolhida a temática, seguida pela definição dos objetivos do estudo e da problemática a ser investigada. Em seguida, foi realizada uma revisão bibliográfica, utilizando livros e outros estudos relevantes, a fim de estabelecer um sólido embasamento teórico para a pesquisa. Na terceira fase, o foco foi a coleta, tratamento e análise dos dados de vendas de asfalto estocável.

Utilizando o banco de dados disponibilizado pela empresa, foi possível realizar uma análise detalhada desses dados por meio do Software Microsoft Excel. Essa etapa de análise do comportamento da demanda é essencial para identificar a presença de tendências (crescimento ou declínio) e sazonalidades (flutuações periódicas) nos dados históricos. A partir dessa análise, torna-se possível avaliar se os métodos de previsão escolhidos serão adequados e eficazes para o contexto do estudo. Além disso, a análise permite reconhecer padrões atípicos ou eventos pontuais que podem influenciar a demanda, como grandes obras, alterações econômicas ou fatores climáticos.

Essa compreensão inicial garante maior precisão nas estimativas e auxilia no ajuste dos parâmetros dos modelos de previsão, assegurando que o plano de produção se alinhe à demanda real do mercado. Posteriormente, foi realizado o levantamento da média mensal de vendas do asfalto estocável com base nos dados fornecidos referentes ao período de fevereiro de 2022 a julho de 2024. A partir dessas informações, foi possível calcular a média mensal de vendas considerando os diferentes segmentos atendidos, o que contribuiu para a formulação de estratégias de comercialização mais assertivas, alinhadas às características e necessidades de cada público-alvo.

Esse processo permitiu avaliar o comportamento das vendas nos períodos definidos, fornecendo insights valiosos sobre o padrão de demanda. Inicialmente, a empresa utilizava como forma de prever a demanda a análise do cenário anterior em conjunto com o conhecimento dos especialistas da empresa. Essa abordagem, embora válida, mostrou limitações para lidar com variações mais complexas e picos sazonais. Assim, essa etapa foi crucial para testar e comparar os métodos utilizados e determinar o mais eficaz para prever a demanda do produto.

Após o tratamento dos dados, iniciou-se o processo de previsão de demanda utilizando o software R Studio. Os métodos ARIMA e SARIMA foram escolhidos para modelar a demanda do asfalto estocável. Nesse contexto, análises como as funções de

auto correlação (ACF) e auto correlação parcial (PACF) desempenharam um papel central na compreensão da estrutura da série temporal e na seleção dos parâmetros mais adequados para cada modelo. No método ARIMA, a análise da ACF foi essencial para identificar a presença de padrões na série temporal, como sazonalidade ou periodicidade, enquanto a PACF ajudou a determinar a ordem autor regressiva (p) do modelo.

No método SARIMA, a ACF e a PACF foram ampliadas para capturar as características sazonais, avaliando a ordem da sazonalidade (P, D, Q) em complemento aos parâmetros não sazonais (p, d, q). A ACF identificou padrões repetitivos na série ao longo de intervalos específicos, enquanto a PACF auxiliou no ajuste fino da estrutura sazonal, confirmando que a inclusão de componentes sazonais era fundamental para melhorar a qualidade das previsões. Com base na escolha do método mais eficaz, a quarta etapa teve como objetivo a obtenção das previsões de vendas efetivamente. Baseando-se nas medidas de erro encontradas durante a análise dos dados, o método que apresentou os menores erros (MAPE e MAD) foi o escolhido para enfim encontrar as previsões, com isso obteve-se o método SARIMA como o mais eficiente. Após isso, houve a discussão dos resultados obtidos por meio do estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Localizada na cidade de Juazeiro-BA, a empresa atua no mercado desde fevereiro de 2022, consolidando-se pela excelência e qualidade de suas operações. Sua trajetória é marcada por um compromisso constante com a inovação e a eficiência. Contando com uma equipe dedicada e altamente qualificada, a empresa se destaca no processo de ensacamento do asfalto estocável, seu principal produto. Esse produto, recém-introduzido no Vale do São Francisco, foi desenvolvido para atender às demandas da região, oferecendo praticidade e eficiência para os clientes, especialmente na manutenção de pavimentação. Ao priorizar a agilidade e a qualidade na execução de obras de infraestrutura, a empresa busca contribuir para o desenvolvimento local, gerando soluções que facilitam a execução de projetos públicos e privados.

A empresa oferece asfalto estocável para diferentes segmentos de mercado, abrangendo pessoas jurídicas e órgãos públicos, além de participar ativamente de processos licitatórios. Essa diversificação nas modalidades de fornecimento reflete o

compromisso da empresa em atender às demandas específicas de cada cliente, promovendo um relacionamento comercial sólido e de longo prazo. Essa abordagem estratégica permite que a empresa não apenas amplie sua base de clientes, mas também fortaleça sua posição competitiva no mercado. Como demonstrado na Tabela 1, análise da média mensal de vendas segmentada por modalidade de fornecimento oferece uma visão detalhada do desempenho comercial da empresa, sendo um instrumento valioso para o planejamento estratégico e para a identificação de oportunidades de crescimento em diferentes nichos de mercado.

Tabela 1 - Volume médio de vendas mensais de fevereiro/2022 a agosto/2024.

Modalidade de fornecimento	Quantidade de vendas (und.)
Pessoa jurídica	1361
Licitação	741

Fonte: Autoria própria (2024)

Esses dados, além de serem um reflexo do desempenho histórico, são essenciais para o aprimoramento das operações e para o fortalecimento da atuação da empresa no mercado regional.

4.2 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA DEMANDA

Foi possível analisar o comportamento da demanda após o levantamento dos dados. No período entre fevereiro de 2022 e julho de 2024, a demanda pelo asfalto estocável apresentou oscilações significativas e indícios de sazonalidade, que só poderão ser confirmados com a ampliação do banco de dados. Essas oscilações sugerem a influência de fatores externos, como condições climáticas e o calendário de execução de obras públicas.

A estação seca, geralmente entre maio e outubro na maior parte do Nordeste — principal região atendida pela empresa —, se destaca como um período favorável para obras devido à menor interferência das chuvas e melhores condições operacionais. Isso pode explicar os picos de demanda observados nesse intervalo. Além disso, o final do ano apresenta outro fator importante: a intensificação de obras pelas prefeituras para aplicação de recursos orçamentários antes do encerramento do exercício fiscal. Esse comportamento estimula a realização de obras de infraestrutura, incluindo a

manutenção viária, o que reflete diretamente na maior procura por asfalto estocável. As Figuras 1a, 1b e 1c demonstram como se comportaram as demandas mensais dos anos de 2022, 2023 e 2024:

Figura 1 – Histórico de vendas mensais por ano

Figura 1a – Histórico de vendas mensais em 2022

Figura 1b – Histórico de vendas mensais em 2023

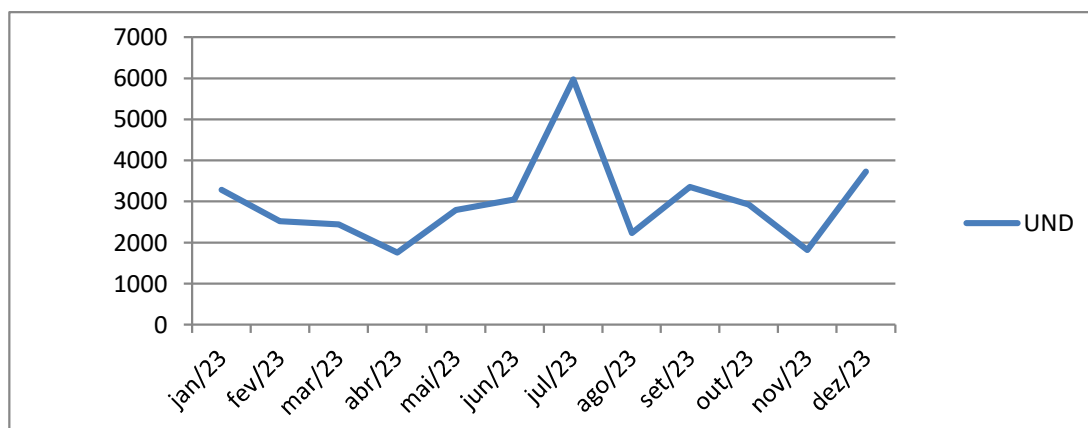
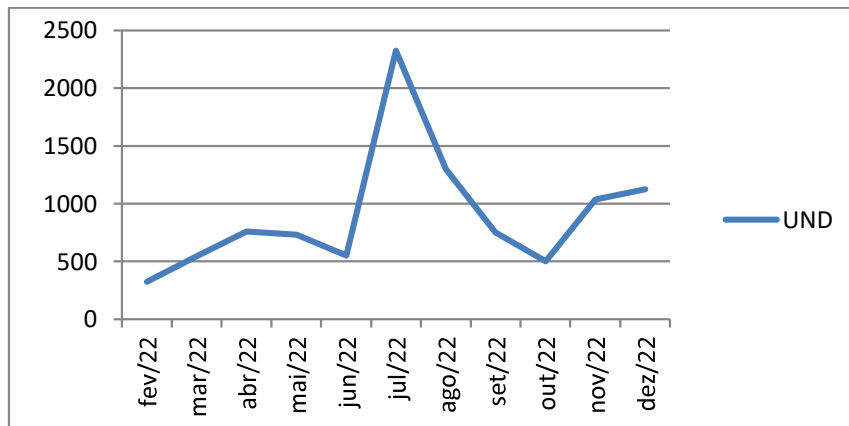
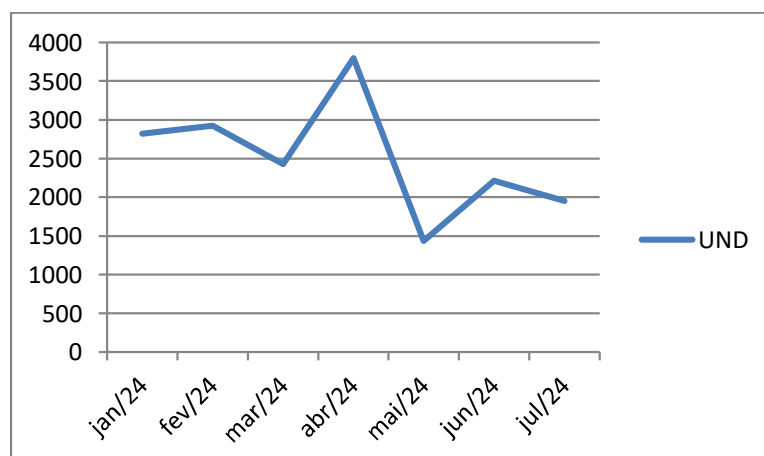


Figura 1c – Histórico de vendas mensais no ano de 2024



Fonte: Autoria própria (2024)

De modo geral, a análise dos gráficos revela um comportamento de demanda com picos pronunciados seguidos de quedas acentuadas, sugerindo uma forte influência do planejamento de obras e da programação das manutenções viárias. A estabilização observada em 2024 pode indicar um amadurecimento no processo de previsão de demanda e gerenciamento de estoques, permitindo à empresa alinhar melhor a produção às necessidades do mercado e evitar excessos ou escassez abrupta. Essa análise ressalta a importância de um planejamento da demanda mais refinado, capaz de antecipar os períodos de maior consumo e assegurar a continuidade das operações de forma eficiente.

Na Figura 1a, o mês de agosto apresentou o pico de vendas, atingindo cerca de 2.500 unidades, enquanto os meses seguintes exibiram uma queda acentuada, com outubro sendo o período de menor desempenho.

Já na Figura 1b, julho destacando-se como o mês de maior venda (aproximadamente 6.000 unidades), seguido por uma redução significativa nos meses subsequentes, alcançando o menor volume em novembro. Esse aumento substancial sugere uma intensificação das atividades de pavimentação ou maior alocação de recursos para obras. Após esse ponto, a demanda sofreu uma queda abrupta em agosto, sugerindo o fim de um ciclo intenso de obras ou o encerramento de projetos específicos. Nos meses seguintes, a demanda se manteve em patamares mais baixos, com um leve crescimento em dezembro, o que pode indicar o início de um novo ciclo de planejamento e preparação para as operações do ano seguinte.

Na Figura 1c, a demanda mantém um comportamento cíclico, com abril sendo o mês mais expressivo, ultrapassando 3.500 unidades, enquanto maio apresenta uma queda expressiva. O período entre junho e agosto de 2024 apresenta uma estabilização em torno de 2.000 unidades. Esses dados reforçam a necessidade de um planejamento da demanda e que considere os meses de maior demanda para maximizar a produção e o estoque, alinhando-se às necessidades do mercado.

A Tabela 2 revela as variações percentuais da demanda de asfalto ensacado ao longo dos meses para os anos de 2022, 2023 e 2024.

Tabela 2 – Média da participação da demanda por mês e por ano

MESES/ANO	2022	2023	2024	MÉDIA
Jan		5,04%	4,33%	4,68%
Fev	0,50%	3,87%	4,49%	2,95%

Mar	0,84%	3,74%	3,72%	2,77%
Abr	1,17%	2,69%	5,83%	3,23%
Mai	1,12%	4,28%	2,20%	2,53%
Jun	0,84%	4,68%	3,40%	2,97%
Jul	3,57%	9,16%	3,00%	5,24%**
Ago	1,99%	3,42%		2,70%
Set	1,15%	5,13%		3,14%
Out	0,77%	4,49%		2,63%
Nov	1,59%	2,79%		2,19%*
Dez	1,73%	5,72%		3,72%
Média	1,39%*	4,58%**	3,85%	

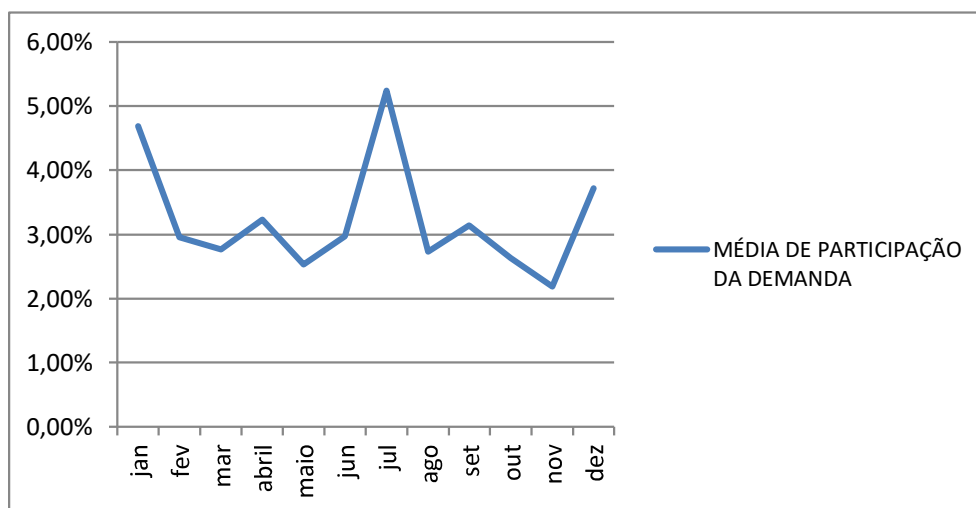
Fonte: Autoria própria (2024)

*Menores valores

**Maiores valores

A Tabela 2 deu origem a Figura 2 que representa o gráfico da média da participação da demanda considerando os meses do ano:

Figura 2 – Média da participação da demanda dos meses



Fonte: Autoria própria (2024)

O gráfico da Figura 2 apresenta a média percentual de participação mensal na demanda pelo asfalto estocável ao longo do ano. Nota-se um aumento significativo em julho, alcançando aproximadamente 6%, seguido por uma redução acentuada em agosto. Nos demais meses, a demanda apresenta flutuações mais moderadas, variando entre 2% e 4%, com um leve aumento em dezembro.

Esses padrões podem ser reflexos de fatores externos como a maior atividade em obras durante a estação seca (maio a outubro) e uma intensificação no final do ano devido à execução de orçamentos pelas prefeituras. Esses dados reforçam a necessidade de considerar essas variações para otimizar o planejamento de produção e estoque do produto. Com isso, destaca-se a importância de utilizar métodos qualitativos na previsão de demanda como a consulta com especialistas, fazer análise de cenários, levando em consideração fatores políticos influenciáveis e ainda considerar fatores climáticos.

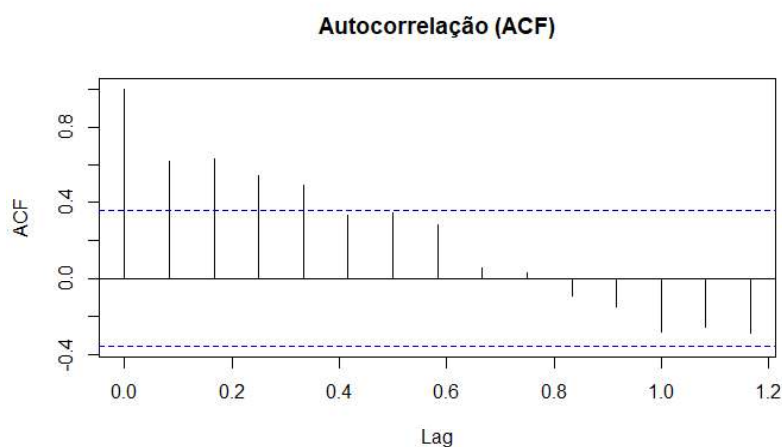
4.3 PREVISÃO DE DEMANDA

Por meio dos dados mensais de fornecimento referentes ao período de fevereiro de 2022 e julho de 2024 foi possível implementar o método ARIMA e SARIMA.

4.3.1 ARIMA

Um dos métodos escolhidos para provisionar a demanda do asfalto estocável foi o ARIMA. Inicialmente, foi realizada a análise de Auto correlação (ACF) e Auto correlação Parcial (PACF). A ACF revelou auto correlações significativas até a defasagem 3, indicando que os valores passados influenciam os atuais em curto prazo. Após essa defasagem, as correlações se tornaram menos significativas e oscilaram, sugerindo uma redução na dependência temporal. Esses resultados apontaram para a possível necessidade de diferenciação da série temporal para remover tendências ou garantir que a série seja estacionária, melhorando a precisão do modelo preditivo. A Figura 3 a seguir demonstra o gráfico de auto correlação (ACF):

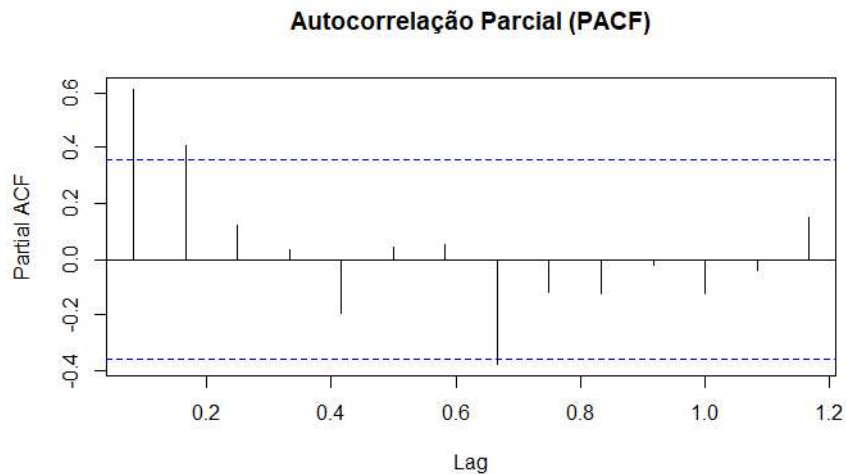
Figura 3 – Auto correlação (ACF)



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 4, correspondente ao gráfico de PACF, destacou uma autocorrelação parcial significativa na lag 1, com uma leve significância na lag 2 que diminui rapidamente nas defasagens subsequentes. Esse padrão sugere que um modelo autorregressivo de primeira ordem (AR(1)) pode ser adequado como ponto de partida para modelar a série temporal.

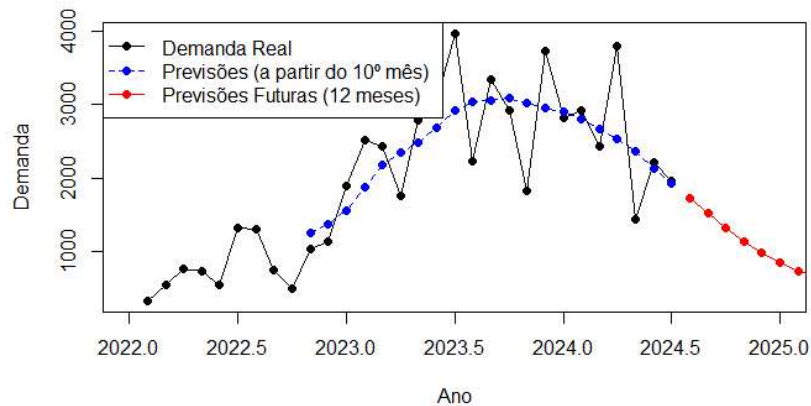
Figura 4 – Autocorrelação Parcial (PACF)



Fonte: Autoria própria (2024)

Com base em uma sazonalidade de 12 meses, os parâmetros otimizados identificados foram $p = 2$, $d = 0$ e $q = 2$. Essa configuração possibilitou a geração de um gráfico que ilustra as demandas observadas, as previsões a partir do 10º mês e as projeções para os 12 meses subsequentes, conforme apresentado na Figura 5. A seleção dos parâmetros foi realizada por meio de um processo iterativo, testando diversas combinações e priorizando aquelas que resultaram nos menores valores dos erros MAPE e MAD.

Figura 5 – Previsão de demanda ARIMA



Fonte: Autoria própria (2024)

Referente às medidas de erros obtidas, o Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE) e Desvio Absoluto Médio (MAD) são mencionados na Tabela 3:

Tabela 3 – Medidas de erro ARIMA

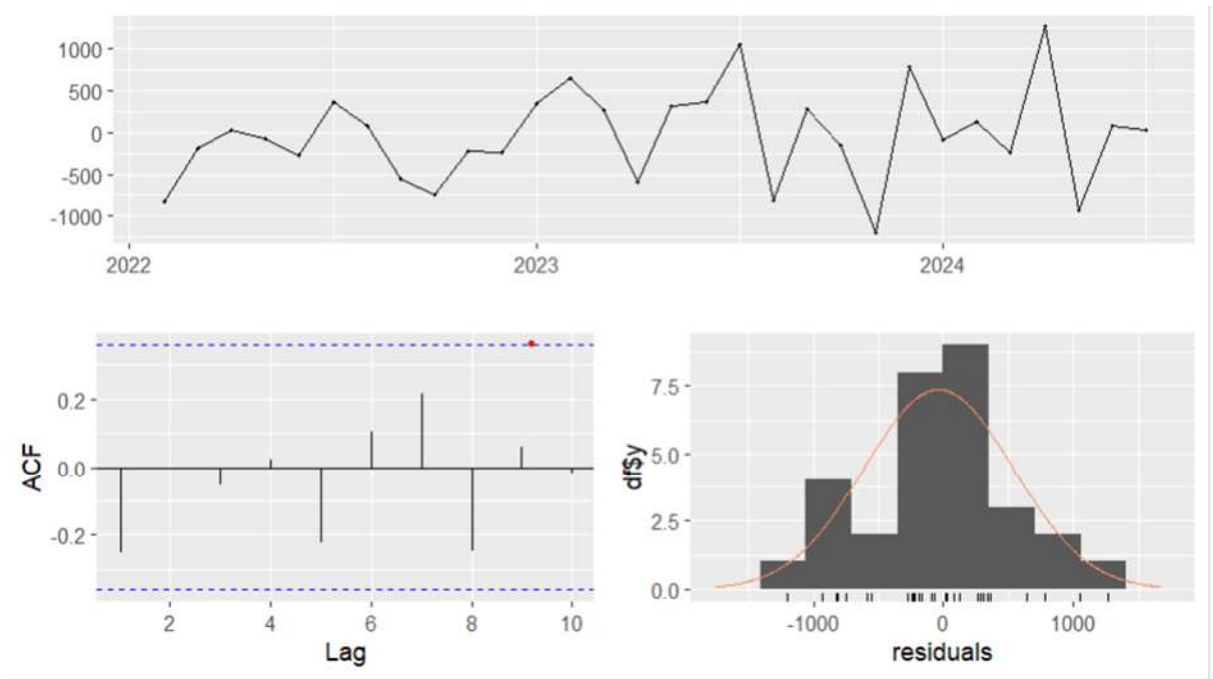
MEDIDAS DE PRECISÃO	
MAPE	21%
MAD	476

Fonte: Autoria própria (2024)

Logo, se obteve como um desvio absoluto médio de 476 unidades, sendo essa quantidade correspondente a uma média percentual dos erros de 21%. Considerando que o MAPE está entre 20% e 50%, a adaptação do método a esta previsão de demanda é considerada razoável, embora não atenda completamente às expectativas de eficiência. Em seguida, o método SARIMA foi implementado e os resultados podem ser observados a seguir.

Para avaliar a qualidade dos modelos ajustados, além das medidas de erro e do desempenho nas previsões, é essencial analisar os resíduos gerados. A análise de resíduos permite verificar se os erros do modelo se comportam como ruído branco, isto é, se estão distribuídos de forma aleatória em torno de zero, sem apresentar padrões ou correlações significativas. No caso do modelo ARIMA, a análise dos resíduos é fundamental para verificar se o ajuste realizado é adequado. Na Figura 6 é possível observar a análise dos resíduos do método ARIMA.

Figura 6 – Análise dos resíduos ARIMA



Fonte: Autoria própria (2024)

A análise dos resíduos do modelo ARIMA(2,0,2) mostra que o ajuste foi satisfatório, embora com algumas limitações. Os resíduos oscilam em torno da média zero, como esperado, mas apresentam picos em certos períodos, indicando falhas na captura de toda a variação da demanda. O correlograma sugere ausência de autocorrelação significativa, aproximando os resíduos de um ruído branco. Já o histograma revela distribuição aproximadamente simétrica em torno de zero, com dispersão aceitável frente à suposição de normalidade. Dessa forma, o modelo representa bem a série, mas ainda pode ser aprimorado, especialmente em relação à sazonalidade, ponto em que o SARIMA tende a oferecer melhor desempenho.

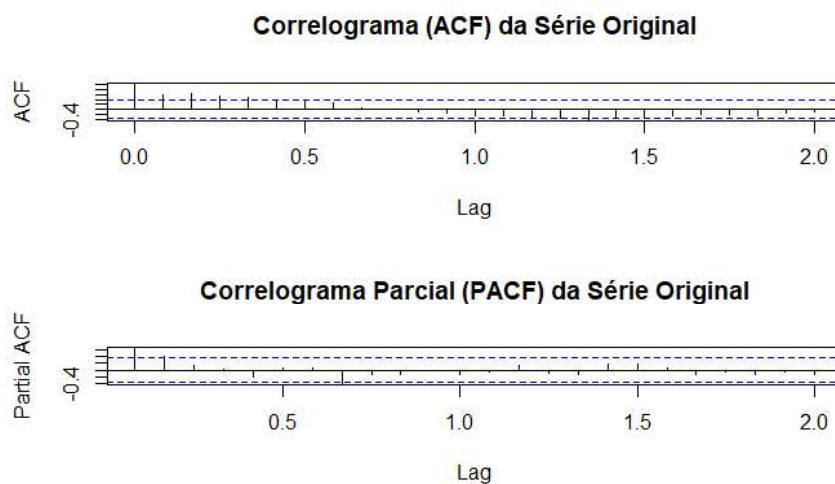
Em seguida, o método SARIMA foi implementado e os resultados podem ser observados a seguir.

4.3.2 SARIMA

Quando utilizamos o método SARIMA (ARIMA sazonal), a análise dos gráficos ACF e PACF requer a consideração dos componentes sazonais e não sazonais. Nos

gráficos da série original, da Figura 7, o ACF não apresenta picos significativos em lags curtos ou múltiplos de 12, indicando ausência de uma sazonalidade clara ou de dependências evidentes. Os valores próximos de zero sugerem que a série pode já estar estruturada como ruído ou necessitar de diferenciação para evidenciar tendências ou padrões sazonais. No gráfico PACF, também não foram identificados picos significativos, o que sugere ausência de dependência direta em atrasos específicos, apontando para a simplicidade do modelo, como pode ser observado na Figura 6:

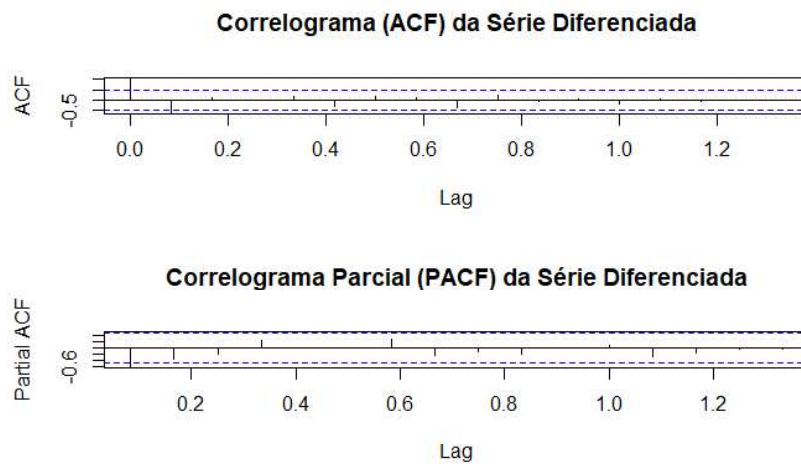
Figura 7 – Correlograma (ACF) e correlograma parcial (PACF) da série original



Fonte: Autoria própria (2024)

Após a diferenciação, os gráficos ACF e PACF da série diferenciada, demonstrados na Figura 7, indicam uma possível estacionariedade. No ACF, os valores permanecem dentro dos limites para todos os lags, sugerindo que componentes de tendência e sazonalidade foram eliminados, com a série apresentando ruído branco. O PACF, por sua vez, também não apresenta picos significativos, reforçando a ausência de relações diretas importantes entre os valores passados e o presente. Esses resultados sugerem que, para o modelo SARIMA, os componentes autoregressivos (AR) e de média móvel (MA) devem ser de baixa ordem, enquanto os componentes sazonais são fracos ou inexistentes, possivelmente com $P=0$ ou 1 e $Q=0$ ou 1. A diferenciação não sazonal ($d=1$) parece suficiente, enquanto a sazonal (D) pode ser desnecessária. A periodicidade sazonal deve ser mantida como 12, considerando os dados mensais. Segue abaixo a Figura 8 contendo o Correlograma (ACF) e correlograma parcial (PACF) da série diferenciada:

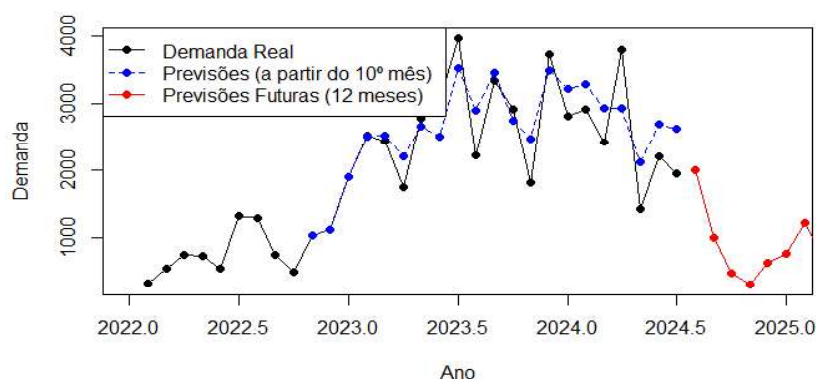
Figura 8 – Correlograma (ACF) e correlograma parcial (PACF) da série diferenciada



Fonte: Autoria própria (2024)

Assim como no modelo ARIMA, a seleção dos parâmetros também foi realizada por meio de um processo iterativo, testando diversas combinações e priorizando aquelas que resultaram nos menores valores dos erros MAPE e MAD. Utilizando também um comprimento sazonal de 12 meses, e obtendo como melhores combinações de parâmetros de ordem sazonal $p=2$, $d=1$ e $q=2$ e parâmetros de ordem sazonal de $P=1$, $D=1$, $Q=1$ e $S=12$. Como resultado dessa melhor combinação de parâmetros foi possível obter o seguinte gráfico em que ilustra as demandas observadas, as previsões a partir do 10º mês e as projeções para os 12 meses subsequentes, conforme apresentado na Figura 9:

Figura 9 – Previsão de demanda SARIMA



Fonte: Autoria própria (2024)

A partir da Figura 9 é possível observar que as previsões se aproximam mais da demanda real, em comparação com o método ARIMA, além disso, é possível também notar essa maior aproximação com bases nas medidas de erros encontrados. Assim, as medidas de erro MAPE e MAD são mencionados na Tabela 4:

Tabela 4 – Medidas de erro SARIMA

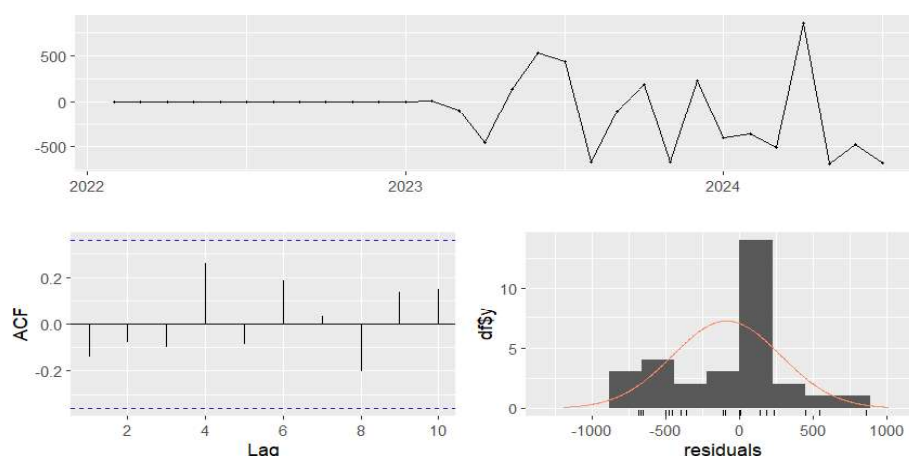
MEDIDAS DE PRECISÃO	
MAPE	15%
MAD	357

Fonte: Autoria própria (2024)

Portanto, o desvio absoluto médio apresentou em total de 357 unidades, no qual corresponde a uma média percentual dos erros de 15%. Considerando que o MAPE está entre 10% e 20%, a adaptação do método a esta previsão de demanda é aceitável, podendo haver ajustes como a utilização de métodos qualitativos, podendo tornar assim a previsão excelente.

A análise dos resíduos (Figura 10), já para o modelo SARIMA, também tem papel crucial, especialmente por esse método incorporar componentes sazonais. Nesse caso, além da verificação da ausência de padrões nos resíduos, busca-se avaliar se as variações sazonais foram de fato modeladas corretamente. A aleatoriedade e normalidade dos resíduos sugerem que o SARIMA foi capaz de ajustar não apenas a tendência, mas também os efeitos sazonais presentes na série, reforçando sua validade como modelo preditivo.

Figura 10 – Análise de resíduos SARIMA



Fonte: Autoria própria (2024)

Os resultados da análise dos resíduos indicaram que o ajuste capturou de forma

satisfatória a estrutura da série, considerando tanto os efeitos de tendência quanto de sazonalidade. Os resíduos se distribuíram em torno da média zero ao longo do tempo, sem apresentar padrões sistemáticos relevantes, o que indica ausência de viés no processo de previsão. O correlograma (ACF) mostrou que as autocorrelações residuais se mantiveram dentro dos limites de confiança, sugerindo que não há dependência temporal significativa não explicada pelo modelo, aproximando os resíduos de um ruído branco. Além disso, o histograma indicou uma distribuição aproximadamente simétrica em torno de zero, reforçando a hipótese de normalidade. Esses resultados demonstram que o SARIMA foi eficiente em lidar com as variações sazonais da demanda, apresentando maior aderência às características da série em comparação ao ARIMA.

Apesar de obterem erros bem próximos, o método de previsão de demanda SARIMA foi o que apresentou as menores medidas de MAPE e MAD, destacando-se como o mais adequado para as previsões da empresa analisada. Além disso, a análise dos resíduos reforçou a qualidade do ajuste, uma vez que estes se mostraram distribuídos de forma aleatória em torno da média zero, sem padrões relevantes de autocorrelação e com distribuição aproximadamente simétrica, atendendo às premissas de ruído branco e normalidade.

Assim, o método SARIMA demonstrou maior capacidade de capturar a tendência e os efeitos sazonais da série, resultando em previsões mais consistentes. As projeções mensais obtidas com o modelo estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Previsões de demanda

PREVISÕES			
PERÍODO	PREVISÃO	PERÍODO	PREVISÃO
Nov/2022	1035	Abr/2024	2939
Dez/2022	1125	Mai/2024	2123
Jan/2023	1900	Jun/2024	2693
Fev/2023	2517	Jul/2024	2626
Mar/2023	2534	Ago/2024	2007
Abr/2023	2210	Set/2024	1001
Mai/2023	2658	Out/2024	489
Jun/2023	2512	Nov/2024	316
Jul/2023	3526	Dez/2024	629
Ago/2023	2896	Jan/2025	780

Set/2023	3456	Fev/2025	1230
Out/2023	2742	Mar/2025	731
Nov/2023	2477	Abr/2025	750
Dez/2023	3498	Mai/2025	335
Jan/2024	3221	Jun/2025	1035
Fev/2024	3289	Jul/2025	1352
Mar/2024	2930		

Fonte: Autoria própria (2024)

Para avaliar a eficácia do método SARIMA na previsão de demanda do asfalto estocável, realizou-se uma comparação, cujos resultados estão apresentados na Tabela 6. Essa análise confronta as previsões geradas pelo modelo a partir de novembro de 2022 com os valores reais observados da demanda. A partir dessa comparação, foram calculados os erros simples, o erro absoluto e o erro MAD (*Mean Absolute Deviation*). Esses indicadores permitiram quantificar a precisão do modelo, fornecendo uma medida objetiva do grau de proximidade entre as previsões realizadas e a demanda efetiva do produto.

Tabela 6 – Comparativo de previsão com a demanda real

PERÍODO	PREVISÃO	DEMANDA REAL	ERRO SIMPLES	ERRO ABS	MAD
Nov/2022	1035	1035	0	0	0
Dez/2022	1125	1125	0	0	0
Jan/2023	1900	3282	1382	1382	460,67
Fev/2023	2517	2522	5	5	346,75
Mar/2023	2534	2439	-95	95	296,40
Abr/2023	2210	1751	-459	459	323,50
Mai/2023	2658	2791	133	133	296,29
Jun/2023	2512	3050	538	538	326,50
Jul/2023	3526	3968	442	442	339,33
Ago/2023	2896	2227	-669	669	372,30
Set/2023	3456	3344	-112	112	348,64
Out/2023	2742	2926	184	184	334,92
Nov/2023	2477	1817	-660	660	359,92
Dez/2023	3498	3727	229	229	350,57

Jan/2024	3221	2820	-401	401	353,93
Fev/2024	3289	2925	-364	364	354,56
Mar/2024	2930	2427	-503	503	363,29
Abr/2024	2939	3798	859	859	390,83
Mai/2024	2123	1434	-689	689	406,53
Jun/2024	2693	2214	-479	479	410,15
Jul/2024	2626	1954	-672	672	422,62
Ago/2024	2007	1810	-197	197	412,36

Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 6 apresenta uma comparação entre as previsões geradas pelo modelo SARIMA e os valores reais da demanda para o período de novembro de 2022 a agosto de 2024. Essa análise destaca a eficácia do método que, apesar de em alguns períodos existirem um erro considerado, se mostrou sendo o método mais adequado para cenários complexos de previsão de demanda.

Nos meses iniciais, o SARIMA demonstrou precisão absoluta, como evidenciada nos meses de novembro e dezembro de 2022, onde o erro simples foi igual à zero. Esse desempenho reflete a capacidade do modelo em alinhar as previsões com os valores reais em situações de curto prazo, demonstrando seu potencial para atender necessidades operacionais imediatas e decisões estratégicas fundamentadas.

Ao longo do horizonte de previsão, o SARIMA continua a apresentar desempenho consistente, mesmo diante de variações mais significativas na demanda. Em janeiro de 2023, por exemplo, a previsão do modelo apresentou um desvio considerável devido a um pico inesperado na demanda real. Ainda assim, o erro absoluto permite monitorar e ajustar estratégias, evidenciando a robustez do modelo em cenários de maior incerteza. Além disso, o erro MAD mantém uma evolução controlada ao longo do período, demonstrando que o método SARIMA é eficiente na captura de tendências e sazonalidades sem comprometimento severo da precisão.

Outro aspecto positivo é a capacidade do SARIMA de oferecer previsões que auxiliam no planejamento de estoques e recursos, mesmo em situações de superestimativas ou subestimativas. Em abril de 2024, o modelo superestimou a demanda em 859 unidades, enquanto, em maio do mesmo ano, subestimou em 689 unidades. Esses desvios, embora existentes, são administráveis dentro de um contexto de planejamento agregado, reforçando a flexibilidade do método para atender diferentes necessidades organizacionais.

Em comparação com outras metodologias tradicionais de previsão de demanda, o SARIMA se destaca por sua habilidade em incorporar a sazonalidade (através dos parâmetros sazonais) e tendências de longo prazo. Sua aplicação em previsões como as apresentadas na tabela demonstra como o modelo consegue equilibrar simplicidade, eficiência e precisão, tornando-se uma ferramenta indispensável no apoio à tomada de decisões gerenciais.

A Tabela 7 fornece as medidas de erros MAPE e MAD de cada método de previsão de demanda utilizado no estudo:

Tabela 7 – Medidas de erro de cada método

MÉTODO	MAPE	MAD
Média Movel	28%	548
Arima	21%	476
Sarima	15%	357

Fonte: Autoria própria (2024)

Portanto, com base nos resultados apresentados, o método SARIMA se consolida como a melhor escolha para a previsão de demanda neste estudo. Sua robustez e capacidade preditiva oferecem suporte confiável para a antecipação de comportamentos futuros da demanda, sendo essencial para o planejamento de demanda, controle de estoques e alocação de recursos.

A aplicação do SARIMA destaca sua eficácia como método preditivo, reafirmando sua importância no contexto de planejamento industrial e gestão da produção. Porém, considerando alguns picos de demanda ao longo do ano, torna-se indispensável à utilização de métodos qualitativos aliados ao método SARIMA para tornar a previsão mais eficiente, já que a demanda de asfalto estocável é fortemente influenciada por fatores externos, como condições climáticas e políticas.

Entre os métodos qualitativos que podem ser utilizados, destacam-se: consulta a especialistas, que fornecem insights valiosos com base em experiência e conhecimento do mercado; análise de cenários, que considera possíveis variações nos fatores externos; e método Delphi, que consiste em obter consenso entre um grupo de especialistas. Além disso, fatores como o cronograma de obras públicas, orçamentos governamentais e eventos sazonais também devem ser considerados para complementar as previsões quantitativas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo para prever a demanda do asfalto estocável de uma empresa do Vale do São Francisco. A empresa, consolidada desde 2022, tem se destacado pela excelência no fornecimento de asfalto para obras de infraestrutura, especialmente no contexto de pavimentação no Vale do São Francisco. A análise histórica de vendas revelou padrões de demanda possivelmente influenciados por comportamentos sazonais e cíclicos, especialmente orientados pela programação de obras e manutenções viárias. Contudo, é importante destacar que a confirmação de um comportamento sazonal requer um período maior de observação dos dados, considerando que a série analisada abrange apenas dois anos, o que representa uma limitação no trabalho.

Por meio da análise detalhada da demanda entre 2022 e 2024, foi possível identificar períodos de alta e baixa nas vendas, com picos significativos no meio do ano e quedas nos meses subsequentes. Esses comportamentos foram incorporados nas previsões de demanda, utilizando-se os métodos ARIMA e SARIMA. A aplicação do modelo ARIMA inicialmente mostrou resultados com precisão razoável, mas foi o modelo SARIMA que obteve melhores resultados, com um erro médio absoluto (MAD) de 357 unidades e um MAPE de 15%. Esses resultados destacam que o comportamento da demanda do asfalto estocável pode estar relacionado a ciclos e sazonalidades, sendo necessário um planejamento que leve em conta essas possíveis tendências para garantir a eficiência na produção e no estoque.

A análise de resíduos realizada mostrou que os resíduos do modelo SARIMA se comportaram de forma aleatória, sem autocorrelação significativa e com variância constante, indicando que o modelo é adequado para capturar os padrões da série temporal e que não há tendência ou sazonalidade não modelada residual. Esses resultados destacam que o comportamento da demanda do asfalto estocável pode estar relacionado a ciclos e sazonalidades, sendo necessário um planejamento que leve em conta essas possíveis tendências para garantir a eficiência na produção e no estoque.

O uso do modelo SARIMA foi, portanto, crucial para uma previsão mais precisa e eficiente da demanda, permitindo à empresa alinhar melhor sua produção com as necessidades do mercado, evitando excessos e faltas de estoque. As previsões feitas com esse modelo, quando comparadas às vendas reais, mostraram uma aproximação satisfatória, com erros de previsão dentro de limites aceitáveis, especialmente para os

períodos mais próximos.

Adicionalmente, é fundamental destacar a relevância dos métodos qualitativos na previsão de demanda, complementando os modelos estatísticos aplicados. A empresa, que tradicionalmente utilizava a análise do cenário anterior e o conhecimento dos especialistas internos, pode continuar se beneficiando dessas práticas. O conhecimento de especialistas oferece insights importantes sobre fatores externos que impactam a demanda, como os períodos de chuvas no Nordeste, que afetam diretamente o cronograma de obras viárias, e os ciclos de eleições, quando há maior alocação de recursos em infraestrutura. Esses fatores, muitas vezes difíceis de capturar puramente por modelos quantitativos, podem ser incorporados para melhorar a precisão das previsões e o planejamento estratégico.

Para abordar as limitações encontradas e potencializar os resultados, sugere-se a adoção de um modelo híbrido, que combine métodos quantitativos e qualitativos, aproveitando a robustez dos modelos estatísticos com o contexto e os insights fornecidos por especialistas. Além disso, o uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina pode ser explorado para integrar diferentes variáveis e automatizar as análises, aumentando ainda mais a precisão e a adaptabilidade às mudanças do mercado.

Portanto, este estudo contribui significativamente para o aprimoramento do planejamento de demanda da empresa, integrando uma análise robusta da demanda histórica, métodos estatísticos eficientes e a relevância de fatores qualitativos. Para trabalhos futuros, recomenda-se expandir a base de dados, considerar a influência de políticas públicas e mudanças climáticas e implementar tecnologias avançadas, como IA, para melhorar a previsibilidade e a capacidade de resposta às dinâmicas do mercado. Além disso, os dados relacionados ao comportamento da demanda podem ser submetidos aos testes de estacionariedade, e com isso reforçar o caráter sazonal. Ou seja, esse teste pode ser usado para determinar se a série temporal do contexto é estacionária. Logo, pode-se indicar se as propriedades estatísticas (média e variância) permanecem constantes ao longo do tempo ou não.

REFERÊNCIAS

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica**. Rio de Janeiro, 2008.

BORSATO, R.; CORSO, L. L. Aplicação de Inteligência Artificial e ARIMA na Previsão de Demanda no setor metal mecânico. **Scientia Cum Industria**, Caxias do Sul, 2019.

CAMELO, H. D. N.; LUCIO, P. S.; LEAL, J. B. V.; DE CARVALHO, P. C. M. Métodos de

previsão de séries temporais e modelagem híbrida ambos aplicados em médias mensais de velocidade do vento para regiões do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 565-574, 2017.

CARVALHO, I. S.; REZENDE, L. R.; SILVA, J. P. S.; REZENDE, D. A. T. Estudo do Concreto Asfáltico Estocável. **Matéria**, v. 25, n. 4, e–12881, 2020.
<https://doi.org/10.1590/S1517-707620200004.1181>

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2023**. 2023. Disponível em:
<<https://www.cnt.org.br/pesquisas>>. Acesso em: 16 nov. 2024.

GONÇALVES, P. S. **Administração de Materiais**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
MAKRIDAKIS, S.; CHATFIELD, C.; HIBON, M.; LAWRENCE, M. J.; MILLS, T.; ORD, K.; SIMMONS, L. F. The M2 Competition: A Real-Time Judgmentally Based Forecasting Competition, **J. Forecasting**, v. 9, p. 5-22, 1993.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 624p.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. [S.I.]: Edgard Blucher Ltda, 2018.

OLIVEIRA, A.G.B. **Estudos Preliminares de Mistura Asfáltica do tipo CBUQ Estocável para uso em Pavimentação no Estado de Goiás**. Monografia, Escola de Engenharia Civil/UFG, Goiânia, GO, Brasil, 2017.

PACHECO, A. G. F. **Estudo da influência de variáveis meteorológicas no aparecimento de casos graves de leptospirose em Salvador-BA via modelos de séries temporais**. Rio de Janeiro. 122 p. Dissertação (mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública, 2001.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: [s.n.], 2004.

RODRIGUES, V. B. R.; CHAGAS, A. C. C. das; OLIVEIRA, D. A. B. de; OLIVEIRA, G. B. Planejamento estratégico como ferramenta de competitividade: proposta de ações para uma empresa de asfalto estocável. **UNIFAMETRO**, 2020.

SANTANA, A.C.S.T. **Análise das Propriedades Físicas e Mecânicas de Mistura Asfáltica Usinada à Quente Ensacada para Aplicação à Frio**. São Cristóvão: UFS, 2016 (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil). 2016.

SANTOS, P. V. S. Método de previsão de demanda aplicado a cenários sazonais: um estudo de caso. In: XIII Encontro Mineiro de Engenharia de Produção - EMEPRO, 2017, Juiz de Fora - MG. **Anais do XIII EMEPRO**, 2017. v. 1.

SANTOS, P. V. S. Previsão da demanda como suporte à filosofia lean. **EXACTA (ONLINE)**, v. 18, p. 226-243, 2019.

SANTOS, P. V. S. Previsão da demanda por produção de Café no Brasil: uma análise.

Latin American Journal of Business Management, v. 11, p. 19-28, 2020.

SANTOS, P. V. S.; ARAÚJO, M. A. Análise acerca da previsão da demanda por produção de Soja no Brasil. In: XI Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe (XI SIMPROD), 2019, São Cristóvão - SE. **Anais** do XI SIMPROD, 2019. p. 86-98.

SOARES, L. M. C.; SILVA, A. C. G. C.; SILVA, J. C.; SANTOS, P. V. S. Previsão de demanda de peças sobressalentes utilizando rede neural artificial. **Revista Eletronica Sistemas & Gestão**, v. 17, p. 1, 2022.

SOUZA, C. C.; JUNIOR, J. B. A. C.; CRISTALDO, M. F.; CASTELÃO, R. A.; FRAINER, D. M.; VIGANO, H. H. G. Previsão de produção de cana-de-açúcar e seus derivados, através de ARIMA, no período de 2020 a 2025, na macrorregião Centro-Sul do Brasil. **Research, Society and Development**, fev./mar. 2022.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo. Atlas, 2007.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

YAFFEE, Robert. **Introduction to Time Series Analysis and Forecasting**. San Diego: Academic Press, 2000.

HISTÓRICO

ORIGINAL RECEBIDO EM: 30/04/2025

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO EM: 03/08/2025