

Estruturação de uma sistemática de previsão de demanda para uma empresa de assistência técnica de impressoras digitais

Autor: Eduardo Nehring
eduardo.nehring@edu.pucrs.br, PUCRS, Brasil

Orientador: Fernando de Oliveira Lemos
fernando.lemos@pucrs.br

Resumo: A indústria gráfica está em constante crescimento, e tem se tornado, cada vez mais, um pilar importante para a economia brasileira. O presente trabalho foi realizado a partir dos dados de uma empresa do setor gráfico. Objetivou-se comparar diferentes métodos de previsão de demanda, de modo a selecionar os melhores métodos de previsão para cada um dos itens selecionados. Através da análise de acurácia foram testados os métodos de Média Móvel, Suavização Exponencial Simples e Suavização Exponencial Dupla. O método de Suavização Exponencial Simples é o que melhor se ajustou para todos os itens. Já o método que gerou melhor previsão variou dependendo do item.

Palavras-chave: indústria gráfica; impressoras digitais; previsão de demanda.

1. INTRODUÇÃO

O mercado de impressoras digitais é um segmento em constante transformação no cenário da tecnologia de impressão. Com a demanda crescente por personalização, eficiência e qualidade de impressão, as impressoras digitais desempenham um papel crucial em diversas indústrias, como de publicidade, de embalagens, têxteis e até mesmo na produção de objetos tridimensionais. A capacidade de imprimir com rapidez e precisão, juntamente com a flexibilidade para acomodar pequenas tiragens e *designs* personalizados, tornou as impressoras digitais essenciais para muitos negócios que buscam atender às demandas em constante mudança dos consumidores (Fespa, 2022).

Segundo Abigraf (2023), na passagem do segundo para o terceiro trimestre de 2023 a produção física da indústria gráfica registrou aumento de 18%, na série sem influências sazonais. O setor gráfico tem apresentado um excelente desenvolvimento e o cenário atual é

bastante promissor para 2024. Dados de um boletim recente da Confederação Nacional da Indústria - CNI, aponta uma previsão de crescimento no setor gráfico de 3,4% até o final de 2024 (Printstore, 2024).

Como Rio Grande do Sul e Santa Catarina abrigam muitas gráficas que oferecem serviços variados, desde impressão *offset* tradicional até tecnologias de impressão digital avançadas. A diversidade de serviços da indústria gráfica reflete as demandas de uma região que abrange setores diversos, como indústria, agricultura, turismo e cultura, contribuindo significativamente para a economia local (Kuhn, 2023). Além disso, a busca por práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras é uma tendência crescente nesse mercado, à medida que as gráficas buscam atender às expectativas dos clientes e acompanhar as mudanças nas demandas da indústria gráfica (Apolo, 2023).

Com a crescente adoção de impressoras digitais, há uma demanda constante por serviços especializados que abrangem desde a solução de problemas técnicos até a manutenção preventiva. As empresas de assistência técnica desempenham um papel vital na garantia de que as impressoras digitais operem de forma eficiente e confiável, ajudando os clientes a minimizarem o tempo de inatividade e a maximizarem o retorno do investimento em suas máquinas de impressão. Com a constante evolução da tecnologia de impressão, as empresas de assistência técnica precisam estar atualizadas com as últimas inovações para oferecer suporte de alta qualidade e atender às necessidades em constante mudança dos clientes (Fespa, 2022).

Devido a esse crescimento da indústria gráfica, torna-se cada dia mais importante a implementação de um sistema de previsão de demanda que possa garantir a qualidade dos serviços prestados por empresas de assistência técnica. As previsões de demanda são importantes para que a tomada de decisão da empresa seja baseada em dados, tornando as decisões consequentemente mais assertivas. Diante da crescente complexidade dos mercados globalizados e das flutuações inesperadas, destaca-se que a previsão de demanda é o fio condutor que permeia a tomada de decisões organizacionais, moldando a trajetória das empresas em direção ao sucesso competitivo (Camargo, 2017). Destaca-se que a capacidade de prever a demanda com precisão é essencial para tomar decisões informadas e evitar estoques em excesso ou falta de produtos (Tubino, 2009).

O presente trabalho aborda o caso de uma empresa de manutenção de impressoras digitais de grande porte com atuação no estado do Rio Grande do Sul. A empresa está consolidada no mercado, mas tem um projeto de expansão e necessita de um método estruturado para a previsão de demanda de serviços futuros. A referida empresa atende a todas as regiões do estado, arcando com elevados custos e tempo de deslocamento da capital do estado, onde está localizada a sede da empresa, até as cidades mais distantes, onde são executadas as manutenções. Pensando nisso, a direção da empresa decidiu abrir, então, as duas filiais no interior do estado, de modo a estar mais próxima dos clientes, reduzindo assim os custos e o tempo despendidos com viagens. Os custos se concentram basicamente no combustível utilizado pelo veículo, e a estadia do técnico. As filiais serão implantadas nas cidades de Erechim e Santa Maria. A empresa atualmente conta com um estoque de peças para manutenção em sua matriz em Porto Alegre e passará a contar com outros dois estoques, um em cada filial. O presente trabalho busca não só auxiliar a previsão de demanda da matriz, mas também de suas filiais.

O estudo aborda um problema de organização de capacidade de suprimento de assistência técnica. Estudos sobre o uso de previsão de demanda para apoiar processos de assistência técnica já foram abordados na literatura. Por exemplo, em Werner (2023). A aplicação de previsão de demanda em uma assistência técnica de computadores permitiu maior entendimento do comportamento dos diversos clientes. Os resultados foram imediatamente assimilados pela empresa, constituindo fonte adicional de informação no suporte às decisões referentes a investimentos e dimensionamento da equipe técnica.

Omar et al. (2017) realizaram um estudo em uma empresa de serviços automotivos e focou na aplicação de técnicas de previsão de demanda para otimizar o gerenciamento de serviços e peças de reposição. A pesquisa utilizou modelos de previsão baseados em séries temporais para prever a demanda por serviços e peças, ajudando a empresa a ajustar seu estoque e melhorar o planejamento de recursos. A aplicação de técnicas de Suavização Exponencial e outros modelos permitiu à assistência técnica prever melhor as necessidades futuras, reduzir o excesso de estoque e melhorar o atendimento ao cliente.

Lee, et al. (2014) realizaram um estudo em uma empresa do setor elétrico e focou na previsão da demanda por serviços de manutenção. A pesquisa analisou diferentes técnicas de previsão, como Suavização Exponencial e modelos ARIMA, avaliando como podem ser aplicadas para prever a demanda por serviços de manutenção em equipamentos elétricos. Os

autores utilizaram dados históricos de manutenção para desenvolver e comparar os modelos de previsão, com o objetivo de melhorar a alocação de recursos e a programação de manutenção. O estudo demonstrou que técnicas avançadas de previsão podem ajudar a reduzir o tempo de inatividade dos equipamentos e otimizar os custos operacionais.

A questão de pesquisa é: como estruturar um processo de previsão de demanda para uma empresa de assistência técnica de impressoras digitais. Para responder a esta pergunta, o presente trabalho tem como objetivo geral estruturar e testar uma sistemática de previsão de demanda para uma empresa de assistência técnica de impressoras digitais. Os objetivos específicos são: (i) identificar os modelos de previsão mais precisos para cada produto e (ii) avaliar o processo de implementação da sistemática proposta.

A delimitação do trabalho parte da análise de informações obtidas junto a direção da empresa, bem como informações contidas no relatório de emissão de notas fiscais e no histórico de venda de produtos ao longo da faixa temporal, que compreende os meses de agosto de 2021 a julho de 2023. O estudo foi realizado para os itens mais vendidos pela empresa, sendo estes: Cabeça de Impressão Dx4; CAP – Vedador de Acoplamento Dx4; Damper – Estabilizador de Tinta Dx7; Motor Scan RS/SP/VP; Wiper – Palheta de Limpeza Dx4; Damper – Estabilizador de Tinta Grande. Os modelos de previsão de demanda foram avaliados com base em métricas como Desvio Absoluto Médio (MAD), buscando garantir a precisão e a confiabilidade das projeções feitas. Os modelos testados no estudo foram: Média Móvel; Suavização Exponencial Simples; e Suavização Exponencial Dupla. O trabalho não abordará o dimensionamento de estoques e os custos relacionados.

O trabalho está dividido em quatro seções. Na primeira faz referência à descrição do contexto, questão da pesquisa, justificativa prática e teórica, objetivos, e delimitações. A segunda seção está subdividida em duas subseções, nas quais são descritas as ações a serem feitas para atingir os objetivos, sendo estas (i) Método de pesquisa; e (ii) Método de trabalho. Na terceira seção, estão descritas a aplicação do método e a análise dos resultados obtidos. Por fim, na quarta seção, constam as considerações finais e recomendações de estudos futuros.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa seção é composta por duas partes distintas: método de pesquisa e método de trabalho. Na primeira parte, a pesquisa é classificada de acordo com sua natureza, objetivos,

tempo, abordagem e procedimentos utilizados. Já na segunda parte, são apresentadas as etapas de execução do estudo, embasadas em referências encontradas na literatura.

2.1 MÉTODO DE PESQUISA

Um trabalho ;e de natureza aplicada quando os produtos analisados já são existentes (Gil, 2023), o que é o caso deste trabalho. A abordagem é quantitativa, pois o método utilizado para a previsão de demanda deste estudo permite uma análise mais objetiva e baseada em dados. Segundo Hair Jr. *et al.* (2009), a abordagem quantitativa permite que sejam realizadas medições precisas, análises estatísticas, e testes de hipóteses, possibilitando uma maior confiabilidade dos resultados.

Em relação ao objetivo, a pesquisa é de caráter exploratório, uma vez que se trata de um objeto de estudo específico, buscando identificar o melhor método de previsão aplicável em uma empresa em particular. Conforme destacado por Malhotra; *et al.* (2012), a previsão de demanda pode ser influenciada por diversos fatores, como condições econômicas, sazonalidades, e mudanças nos hábitos de consumo dos clientes. Assim, um estudo exploratório é fundamental para identificar e compreender esses fatores. A respeito do tempo, é uma pesquisa longitudinal, que é caracterizada por uma coleta repetida de dados sobre os mesmos itens ao longo do tempo (Silva; Menezes, 2001).

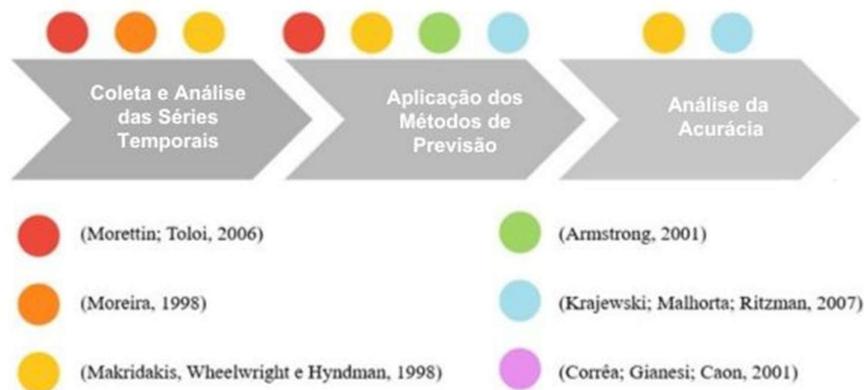
O estudo realizado pode ser categorizado como um estudo de caso, uma vez que analisa a realidade da gestão de uma empresa específica para coletar os dados necessários à resposta de uma determinada questão. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso investiga fatos dentro de seu contexto real, considerando aspectos exploratórios importantes para os resultados obtidos. Em outras palavras, o estudo se baseia em uma análise aprofundada de um caso específico, com o objetivo de obter informações detalhadas e contextualizadas sobre a realidade da gestão da empresa em questão.

2.2 MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho está dividido em três etapas: (i) coleta e análise das série temporais; (ii) aplicação dos métodos de previsão; (iii) análise de acurácia; e (iv) avaliação no impacto das previsões no processo de compras. A sistemática adotada foi baseada em Morettin

e Tolo (2006); Moreira (1998); Makridakis. et al. (1998); Armstrong (2001); Krajewski et al. (2007); e Corrêa et al. (2001), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Método de trabalho



Fonte: O Autor

2.2.1 COLETA E ANÁLISE DAS SÉRIES TEMPORAIS

Uma das formas de priorizar os dados analisados é através da classificação utilizando uma matriz ABC. Esse método auxilia nos processos de controle de estoque ao diferenciar produtos em categorias restritas, permitindo que cada item seja avaliado conforme sua relevância. A matriz ABC se fundamenta na Lei de Pareto, ou princípio 80/20, que estabelece que 80% dos resultados estão associados a 20% das causas (BALLOU, 2006). A distinção é a seguinte: A – um pequeno número de itens muito relevantes; B – alguns itens de importância intermediária; e C – muitos itens de pouca relevância. A proposta é que, em situações com muitos itens para gerenciar, alguns deles se destacam como mais significativos, exigindo maior atenção (MOURA, 2012)

A definição do problema em um trabalho de previsão de demanda é uma etapa crucial para garantir que a previsão atenda às necessidades da empresa e seja capaz de auxiliar na tomada de decisões estratégicas. Segundo Makridakis et al. (1998), a definição do problema deve envolver a identificação das variáveis relevantes para a previsão, o horizonte temporal da previsão, e a finalidade da previsão, que pode ser desde a projeção de vendas para fins de planejamento de produção até a estimativa de receita para fins financeiros. Lemos (2006)

ênfatiza a importância de compreender as necessidades da empresa em relação à previsão de demanda e como esta será utilizada para guiar as decisões estratégicas.

A previsão de demanda é influenciada por fatores temporais, como o período e o horizonte de previsão. O período de previsão depende do problema a ser solucionado, e está relacionado à unidade de previsão necessária para a tomada de decisão (Pellegrini; Fogliatto, 2000).

Os padrões de demanda são definidos como: (i) padrão de demanda aleatório, sem tendência nem elementos sazonais; (ii) padrão de demanda aleatório com tendência, mas sem elementos sazonais; (iii) padrão de demanda aleatório com tendências e elementos sazonais; e (iv) padrão de demanda irregular. Os padrões (i), (ii) e (iii) são padrões acessíveis de obter-se previsões com modelos matemáticos. Já o padrão (iv), por não ter uma demanda histórica regular, precisa de uma análise mais subjetiva (Ballou, 1993).

Dentre as variáveis relevantes para a previsão de demanda, destaca-se a sazonalidade, que pode impactar significativamente as vendas de um produto em determinados períodos do ano. Alguns estudos sugerem que a incorporação de modelos de sazonalidade é fundamental para uma previsão acurada da demanda (Armstrong; Collopy, 1992; Hyndman; Koehler, 2006).

A análise de série temporal é um método estatístico que examina e interpreta pontos de dados sequenciais coletados ao longo do tempo. O objetivo principal da análise de série temporal é descobrir padrões, tendências e dependências nos dados para fazer previsões ou obter esclarecimentos sobre os processos subjacentes (Morettin; Tolo, 2006).

Dentre os objetivos específicos da análise das séries temporais, encontra-se (Morettin; Tolo, 2006): (i) a investigação do mecanismo causador da série temporal; (ii) a descrição do comportamento da série através de gráficos e verificação da existência de tendência, ciclos e variações sazonais; e (iii) a identificação de periodicidades que sejam relevantes entre os dados (Morettin; Tolo, 2006).

2.2.2 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PREVISÃO

Os métodos quantitativos, ou matemáticos, utilizam modelos matemáticos para obter informações numéricas tangíveis referentes ao objeto de estudo. Estes métodos se baseiam em dados históricos, e assumem que informações passadas são relevantes para a previsão das

demandas futuras (Gaither; Frazier, 2001). Baseado em cada padrão de demanda, indica-se a aplicação de diferentes métodos.

A determinação do horizonte de previsão também impacta na escolha do método de previsão. Alguns métodos são mais adequados para previsões de longo prazo, enquanto outros são aplicados a períodos mais curtos, como meses, semanas, ou até mesmo dias. Nenhum método gera resultados perfeitos, e a chance de erro aumenta na medida em que o horizonte de previsão se estende, pois fatores aleatórios, que não podem ser capturados por nenhuma previsão, passam a ter maior influência nos resultados (Moreira, 1998).

No curto prazo, quando não se espera grandes mudanças no padrão de demanda da variável de previsão, são utilizados métodos de extrapolação de séries temporais. (Moreira, 1998). No presente estudo foram abordados os seguintes métodos: Média Móvel; Suavização Exponencial Simples; Suavização Exponencial de Holt.

2.2.2.1 MÉDIA MÓVEL

A Média Móvel é uma técnica estatística amplamente utilizada na análise de séries temporais, sendo considerada uma ferramenta fundamental por diversos especialistas. Ela consiste em calcular a média de um conjunto de valores ao longo de um período específico, deslizando esse intervalo ao longo da série – equação 1. A Média Móvel permite suavizar flutuações aleatórias nos dados, facilitando a identificação de padrões e tendências de longo prazo. (Morettin; Toloi, 2006).

$$Média\ móvel = \sum_i \left[\left(\frac{D_i}{n} \right) \right] \quad (1)$$

Onde: D é a demanda real; e n é o número de períodos considerados na previsão.

2.2.2.2 SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES

A suavização exponencial é amplamente aplicada em previsões de demanda, análise de vendas, e projeções financeiras, fornecendo *insights* valiosos para tomadas de decisão informadas (Krajewski et al. 2007).

A suavização exponencial é que se baseia em uma média ponderada dos valores passados, atribuindo maior peso aos dados mais recentes. A suavização exponencial utiliza um fator de suavização, chamado de α (alfa), que determina a importância relativa dos dados passados e presentes. O α pode variar de 0 a 1; quanto mais próximo ao 0 estiver o α , menor é o ajuste, ou seja, a previsão é mais estável, enquanto um α mais próximo de 1 significa maior ajuste de erro em relação à última previsão. (Krajewski et al. 2007).

A Equação 2 representa o cálculo para a obtenção da nova previsão. (Krajewski et al. 2007).

$$F_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_{t-1} \quad (2)$$

Onde: F é o valor da previsão exponencialmente suavizada; t é o período; α é o parâmetro de suavização para a média; e D é a demanda real. α é o parâmetro que controla a suavidade da série temporal na suavização exponencial simples, e sua escolha influencia a capacidade do modelo em capturar e responder às variações nos dados. O valor de alfa determina o peso dado às observações passadas na previsão de valores futuros. Para determinar o melhor valor de alfa, técnicas como erro quadrático médio são frequentemente utilizadas.

2.2.2.3 SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL DE HOLT

A Suavização Exponencial de Holt é uma extensão da suavização exponencial simples, projetada para lidar com séries temporais que exibem uma tendência. Também conhecida como suavização exponencial dupla, essa técnica adiciona um componente para modelar a tendência da série. Este modelo é útil para situações em que existem tendências nas séries temporais. Para os cálculos, são empregadas duas constantes: alfa (α) e beta (β). Os valores dessas constantes devem obrigatoriamente estar entre 0 e 1. As Equações (3), (4) e (5) detalham os cálculos necessários para a aplicação deste modelo (Ballou, 2006).

$$S_{t+1} = \alpha A_t + (1 - \alpha) * (S_t - T_t) \quad (3)$$

$$T_{t+1} = \beta(S_{t+1} - S_t) + (1 - \beta)T_t \quad (4)$$

$$F_{t+m} = S_{t+m} + T_{t+m} \quad (5)$$

Onde: $F(t+m)$ representa a previsão para o próximo período $t+m$; S_t é a previsão inicial para o período t ; T_t é a tendência do período t ; α é a constante de suavização exponencial; β é a constante de suavização para a tendência; A_t é o valor observado no período atual.

2.2.3 ANÁLISE DE ACURÁCIA

A análise de acurácia é um componente essencial na avaliação de modelos e técnicas de previsão. Consiste em comparar as previsões geradas pelo modelo com os valores reais observados na série temporal. Com a análise de acurácia, é possível determinar a eficácia do modelo de previsão gerar previsões futuras. Uma análise precisa e abrangente da acurácia permite identificar pontos fortes e fracos do modelo, ajustar parâmetros, e tomar decisões mais informadas com base nas previsões geradas (Krajewski et al. 2007).

A acurácia é quantificada por meio de métricas, como o erro absoluto médio (MAD – *Mean Absolute Deviation*). O MAD quantifica a capacidade das previsões do modelo de se alinharem com os valores reais observados, ou seja, um MAD mais baixo indica um modelo de previsão mais preciso. A Equação 6 ilustra o cálculo do MAD (Makridakis et al. 1998):

$$MAD = \frac{\sum |E_t|}{n} \quad (6)$$

Onde: E_t é o erro de previsão para um dado período t ; e n é o número de períodos considerados na previsão.

2.2.4 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE PREVISÕES NO PROCESSO DE COMPRAS

A avaliação do impacto de previsões em processos de compras é essencial para a otimização da gestão de estoques e redução de custos operacionais nas organizações. A previsão de demanda, quando realizada de forma precisa, permite que as empresas planejem suas aquisições de maneira mais eficiente, minimizando o risco de excesso ou falta de produtos. Segundo Tsay e Agrawal (2000), uma previsão adequada pode resultar em uma diminuição significativa dos custos relacionados ao armazenamento e obsolescência de produtos, além de aumentar a satisfação do cliente por meio da disponibilidade de itens demandados.

Conforme destacado por Mihm et al. (2017), a utilização de modelagens preditivas e análises de big data permite que as empresas identifiquem padrões de consumo, ajustem suas estratégias de compras e melhorem o alinhamento entre a oferta e a demanda. A adoção de práticas de avaliação contínua das previsões utilizadas nos processos de compra não apenas favorece um melhor planejamento, mas também possibilita uma adaptação mais assertiva às mudanças do mercado, essencial para a sustentabilidade e crescimento organizacional.

3. RESULTADOS OBTIDOS

Nesta seção estão apresentados os resultados obtidos por meio da aplicação dos métodos de previsão de demanda, e as análises destes dados. A seção está dividida em três subseções. (i) Coleta de dados; e (ii) Implementação dos métodos de previsão; e (iii) Análise conjunta dos resultados.

3.1 COLETA DE DADOS

A empresa em análise não possui um setor de Planejamento de Controle de Produção (PCP), e não possuiu um sistema que efetive a previsão de demanda. Por se tratar de um empresa pequena, com aproximadamente oito funcionários, o próprio gestor administra a necessidade de reposição do seu estoque. Tal situação leva a empresa a deparar-se frequentemente com a falta ou o excesso de estoque. Com a abertura das novas filiais, tornou-se necessário um estudo maior a respeito do dimensionamento dos seus estoques. Sendo assim, o estudo visa propor uma sistemática de previsão de demanda que auxilie a empresa a estruturar a gestão de seus estoques e a mantê-los eficientes.

A demanda é medida em unidades, e o período de planejamento é mensal, sempre abrangendo os 12 meses subsequentes. Lembrando que o problema em questão é o planejamento e programação das vendas. Portanto, o horizonte de previsão definido para aplicação desses métodos é médio prazo, doze meses.

Nessa etapa do estudo, foi analisada a planilha de vendas da empresa dentro da linha temporal proposta. Os dados foram analisados com o intuito de estimar o comportamento das séries ao longo do tempo. A planilha de vendas analisada comporta os produtos comercializados entre agosto de 2021 e julho de 2023. Por se tratar de uma empresa que não apresenta um processo de previsão de demanda estruturado, a linha temporal apresentada será

uma estimativa comparativa entre as vendas nesses dois anos e uma previsão de venda para os meses de agosto, setembro e outubro de 2023.

Antes de implementar os métodos de previsão, foi realizada uma classificação dos produtos vendidos pela empresa utilizando o método de classificação ABC. Na Figura 2 é apresentada a classificação dos itens A da empresa.

Figura 2 - Classificação

Descrição	Custo	Qtd	Custo x Qtd	Representatividade	Repres. Cumulativa	Classificação
Cabeça de Impressão - Dx4	R\$ 4.122,30	13	R\$ 53.589,90	49,56%	49,56%	A
CAP - Vedador de Acoplamento - Dx4	R\$ 189,70	52	R\$ 9.864,40	9,12%	58,68%	A
Damper - Estabilizador de Tinta - Dx7	R\$ 550,90	12	R\$ 6.610,80	6,11%	64,79%	A
Motor Scan - RS/SP/VP	R\$ 1.547,00	3	R\$ 4.641,00	4,29%	69,08%	A
Wiper - Palheta de Limpeza - DX4	R\$ 81,20	56	R\$ 4.547,20	4,20%	73,29%	A
Damper - Estabilizador de Tinta Grande	R\$ 222,60	20	R\$ 4.452,00	4,12%	77,41%	A

Fonte: O Autor (2024)

A análise dos dados em comparação a série histórica direcionou o estudo a aplicar o método de previsão de demanda nos produtos seguintes produtos: (i) Cabeça de Impressão Dx4; (ii) CAP – Vedador de Acoplamento Dx4; (iii) Damper – Estabilizador de Tinta Dx7; (iv) Motor Scan RS/SP/VP; (v) Wiper – Palheta de Limpeza Dx4; (vi) Damper – Estabilizador de Tinta Grande. Todos estes produtos foram classificados na categoria A, que consistem nos produtos com uma representatividade acumulada de 77,41%.

3.2 IMPLEMENTAÇÃO DOS MÉTODOS DE PREVISÃO

Os modelos testados no estudo foram: Média Móvel; Suavização Exponencial Simples; e Suavização Exponencial Dupla. Para cada produto utilizou os modelos de previsão afim de verificar qual o melhor para cada produto. Os modelos de previsão de demanda foram avaliados com base em métricas como Desvio Absoluto Médio (MAD), buscando garantir a precisão e a confiabilidade das projeções feitas.

3.2.1 MÉDIA MÓVEL

Os Resultados do ajuste do método de média móvel na série histórica são apresentados na Figura 3.

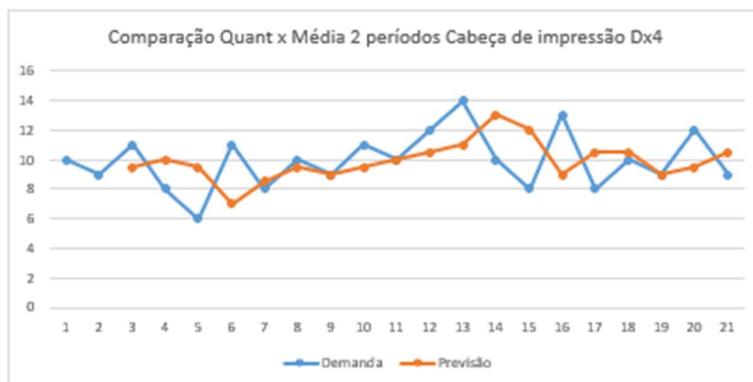
Figura 3 – Comportamento para modelo Média Móvel

Produto	Erro Padrão
Cabeça de impressão Dx4	2,4
Vedador de acoplamento Dx4	13,4
Damper - Estabilizador de Tinta - Dx7	4,9
Motor Scan - RS/SP/VP	1,1
Wiper - Palheta de Limpeza - DX4	9,2
Damp.- Estabilizador de Tinta Grande	5,2

Fonte: O Autor

A análise dos resultados da média móvel sugere que, para a maioria dos produtos, os modelos de previsão têm variabilidade de erro controlada. A "Cabeça de Impressão - Dx4" apresentou um erro padrão de 2,4 indicando que a variabilidade do erro de previsão é controlada e não apresenta um viés significativo. A Figura 4 representa a Curva da Média Móvel da Cabeça de Impressão dx4.

Figura 4 – Curva da Média Móvel da Cabeça de Impressão dx4



Fonte: O Autor

3.2.2 SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES

Os resultados do ajuste do modelo de Suavização Exponencial Simples nas séries históricas são apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Comportamento para modelo Suavização Exponencial Simples

Produto	Erro Padrão
Cabeça de impressão Dx4	0,8
Vedador de acoplamento Dx4	11,1
Damper - Estabilizador de Tinta - Dx7	3,5
Motor Scan - RS/SP/VP	0,8
Wiper - Palheta de Limpeza - DX4	7,9
Damp - Estabilizador de Tinta Grande	4,4

Fonte: Próprio Autor

A análise dos resultados da suavização exponencial simples sugere que, para a maioria dos produtos, os modelos de previsão têm variabilidade de erro controlada. A "Cabeça de Impressão - Dx4" apresentou um desvio padrão de 0,8 indicando que a variabilidade do erro de previsão é controlada e não apresenta um viés significativo.

SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL DUPLA

Os resultados do ajuste do modelo de Suavização Exponencial Dupla nas séries históricas são apresentados na Figura 6.

Figura 6 - Comportamento para modelo Suavização Exponencial Dupla

Produto	Erro Padrão
Cabeça de impressão Dx4	3,1
Vedador de acoplamento Dx4	15,7
Damper - Estabilizador de Tinta - Dx7	5,3
Motor Scan - RS/SP/VP	1,0
Wiper - Palheta de Limpeza - DX4	12,8
Damper - Estabilizador de Tinta Grande	5,6

Fonte: O Autor

A análise dos resultados da suavização exponencial simples sugere que, para a maioria dos produtos, os modelos de previsão têm variabilidade de erro controlada. A "Cabeça de Impressão - Dx4" apresentou um desvio padrão de 3,1 indicando que a variabilidade do erro de previsão é controlada e não apresenta um viés significativo.

3.3 ANÁLISES CONJUNTAS DOS RESULTADOS

Para determinar qual modelagem se adequou melhor ao problema, são analisados, para cada produto, os valores do erro padrão e do MAD (*Mean Absolute Deviation*) gerados na

aplicação das três abordagens de modelagem: Média Móvel, Suavização Exponencial Simples e Suavização Exponencial Dupla.

Figura 7 – Cabeça de Impressão Dx4

	MÉDIA MÓVEL	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL DUPLA
ERRO PADRÃO	2,4	0,8	3,1
MAD	1,17	1,5	1,59

Fonte: Próprio Autor

Neste caso o modelo que melhor se ajusta é a Suavização Exponencial Simples, já o modelo que gera a melhor previsão é a Média Móvel.

Figura 8 – Vedador de Acoplamento Dx4

	MÉDIA MÓVEL	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL DUPLA
ERRO PADRÃO	13,4	11,1	15,7
MAD	7,33	6,0	10,6

Fonte: Próprio Autor

Neste caso o modelo que melhor se ajusta e o que gera a melhor previsão é a Suavização Exponencial Simples.

Figura 9 – Damper – Estabilizador de Tinta Dx7

	MÉDIA MÓVEL	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL DUPLA
ERRO PADRÃO	4,9	3,5	5,3
MAD	1	2,33	0,38

Fonte: Próprio Autor

Neste caso o modelo que melhor se ajusta é a Suavização Exponencial Simples, já o modelo que gera a melhor previsão é a Suavização Exponencial Dupla.

Figura 10 – Motor Scan RS/VP/SP

	MÉDIA MÓVEL	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL DUPLA
ERRO PADRÃO	1,1	0,8	1,0
MAD	1	0,72	0,86

Fonte: Próprio Autor

Neste caso o modelo que melhor se ajusta e o que gera a melhor previsão é a Suavização Exponencial Simples.

Figura 11 – Wiper – Palheta de Limpeza Dx4

	MÉDIA MÓVEL	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL DUPLA
ERRO PADRÃO	9,2	7,9	12,8
MAD	8,67	9,44	9,17

Fonte: Próprio Autor

Neste caso o modelo que melhor se ajusta é a Suavização Exponencial Simples, já o modelo que gera a melhor previsão é a Média Móvel.

Figura 12 – Damper – Estabilizador de Tinta Grande

	MÉDIA MÓVEL	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES	SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL DUPLA
ERRO PADRÃO	5,2	4,4	5,6
MAD	6,33	4,89	6,98

Fonte: Próprio Autor

Neste caso o modelo que melhor se ajusta e o que gera a melhor previsão é a Suavização Exponencial Simples.

3.4 AVALIAÇÃO NO IMPACTO DAS PREVISÕES NO PROCESSO DE COMPRAS

A análise do impacto das previsões no processo de compras foi fundamental para a gestão eficiente dos estoques da empresa. Ao longo do trabalho, observou-se que previsões de demanda trabalham em conjunto com o planejamento de compras. Com uma previsão precisa do que será vendido nos próximos dias, fica muito mais fácil para o setor de compras fazer a sua programação.

Esse alinhamento entre a previsão e a aquisição de materiais não só melhorou a eficiência operacional, como também teve um impacto positivo na satisfação do cliente, pois diminuiu a falta de itens necessários nas manutenções. Além disso a empresa passou a ter uma economia significativa por não mais gastar com itens que ficavam muito tempo parados em estoque até serem vendidos. Estima-se uma redução de aproximadamente 5% de economia no setor de compras após a implementação dos métodos de previsão de demanda.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo geral estruturar e testar uma sistemática de previsão de demanda para uma empresa de assistência técnica de impressoras digitais. A questão de pesquisa é foi a seguinte: como estruturar um processo de previsão de demanda para uma assistência técnica de impressoras digitais? O estudo demonstrou como pode ser feita a escolha do melhor método dos itens escolhidos através do método ABC.

O primeiro objetivo específico foi o seguinte: identificar os modelos de previsão mais precisos para cada produto. Cada produto possui características específicas que influenciam a

escolha do modelo de previsão mais adequado. A utilização de diferentes modelos de previsão mostrou-se essencial para compreender a variabilidade dos produtos. Portanto, é essencial considerar a variabilidade dos produtos ao selecionar o modelo.

O segundo objetivo específico do trabalho foi: avaliar o processo de implementação da sistemática proposta. Esta avaliação foi realizada em cada um dos itens selecionados pelo método ABC.

Os modelos de previsão analisados neste estudo proporcionaram informações sobre o comportamento dos produtos ao longo do tempo, permitindo identificar tendências e padrões de demanda. . A continuidade na coleta de dados e a análise periódica dos modelos são recomendadas para manter a precisão das previsões e adaptar-se a possíveis mudanças no comportamento dos produtos.

Para aprimorar ainda mais as previsões, é recomendável, em estudos futuros, aumentar a quantidade de dados analisados, o que permitirá uma melhor avaliação dos aspectos temporais e reduzirá a variabilidade dos resultados. A qualidade e a quantidade dos dados são cruciais para a eficácia dos modelos de previsão. Um aumento no número de dados disponíveis pode proporcionar uma avaliação mais precisa e robusta dos padrões de demanda, melhorando significativamente a acurácia dos modelos.

Além disso, é importante incorporar avaliações qualitativas baseadas na experiência dos colaboradores da empresa, o que pode enriquecer as análises futuras e contribuir para decisões mais assertivas.

Com essas considerações, espera-se que a empresa possa aplicar os modelos de previsão de forma mais eficaz, otimizando suas operações e alcançando melhores resultados em suas análises de demanda e estoque.

REFERÊNCIAS

ABIGRAF. **Produção da indústria gráfica cresceu 7,8%**. São Paulo, 30 jun. 2022. Disponível em: [https://www.abigraf.org.br/em_acao/producao-da-industria-grafica-cresceu-78/#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20da%20ind%C3%BAstria%20gr%C3%A1fica,anterior%20\(17%2C8%25\)](https://www.abigraf.org.br/em_acao/producao-da-industria-grafica-cresceu-78/#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20da%20ind%C3%BAstria%20gr%C3%A1fica,anterior%20(17%2C8%25).).

APOLO. **Imprimindo Sucesso**: Como a Indústria Gráfica Impulsiona o Mercado de Embalagens no Brasil. Cotia, 17 out. 2023.

ARMSTRONG, J. Scott. **Principles of Forecasting**: A Handbook for Researchers and Practitioners. Philadelphia: Kluwer Academic Publishers, 2001.

ARMSTRONG, J. Scott; COLLOPY, Fred. Error measures for generalizing about forecasting methods: empirical comparisons. **International Journal of Forecasting**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 69-80, jun. 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016920709290008W>.

BALLOU, Ronald. **Logística Empresarial**: transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.

CAMARGO, R. F. de. Previsão de Demanda e sua importância no fluxo de caixa e orçamento empresarial. **Treasy**, Joinville, 6 set. 2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/previsao-de-demanda/>.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**: MRP II/ ERP - Conceitos, uso e implantação. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

FESPA. **Estudo aponta crescimento da impressão digital**. São Paulo, 19 mai. 2022. Disponível em: <https://www.fespabrazil.com.br/pt/noticias/estudo-aponta-crescimento-da-impressao-digital>.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

GEORGOFF, D. M.; MURDICK, R. G. Managers guide to forecasting: How to choose the best technique or combination of techniques to help solve your particular forecasting dilemma. **Harvard Business Review**, p.110-119, 1986.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

HAIR JR., J. F. *et al.* **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HYNDMAN, Rob J.; KOEHLER, Anne B. Another look at measures of forecast accuracy. **International Journal of Forecasting**, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 679-688, out. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207006000239>.

KRAJEWSKI, Lee J.; MALHORTA, Manoj K.; RITZMAN, Larry P. **Administração de Produção e Operações**. São Paulo: Pearson Universidades, 2007.

KUHN, Daniel. [Entrevista concedida a Eduardo Nehring]. Porto Alegre, 2023.

LEMOS, Fernando O. **Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2006.

MAKRIDAKIS, Spyros; WHEELWRIGHT, Steven C; HYNDMAN, Rob J. **Forecasting: Methods and Applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

MALHOTRA, Naresh, BIRKS, David F., WILLS, Peter. **Marketing Research**. 4 ed. London: Pearson, 2012.

MONTGOMERY, Douglas C.; JENNINGS, Cheryl L.; KULAHCI, Murat. **Introduction to Time Series Analysis and Forecasting**. New Jersey: Wiley-Interscience, 2015.

MONTGOMERY, Douglas C.; PECK, Elizabeth A.; VINING, G. Geoffrey. **Introduction to linear regression analysis**. John Wiley & Sons, 2021.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Pioneira Editora, 1998.

MORETTIN, Pedro A; TOLOI, Clélia M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2006.

PELLEGRINI, F. R.; FOGLIATTO, F. S. Estudo comparativo entre os modelos de Winters e de Box-Jenkins para previsão de demanda sazonal. **Revista Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 4, p. 72-85, abr. 2000.

RIZKI, Muhammad et al. Comparison of Four Time Series Forecasting Methods for Coal Material Supplies: Case Study of a Power Plant in Indonesia. In: **2021 International Congress of Advanced Technology and Engineering (ICOTEN)**. IEEE, 2021. p. 1-5.

SILVA, Edna Lúcia da. MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Revisão técnica Henrique Luiz Corrêa. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TUBINO, Dalvio F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BALLOU, Ronald G. **Handbook of Production and Inventory Management**. 3. ed. New York: CRC Press, 2006.

Omar, S. A., Moustafa, A. K., & Elkordy, K. A. (2017). **Demand Forecasting in a Service Environment: A Case Study in an Automotive Service Company**. *Journal of Operations Management*.

Lee, H. Y., Liu, Y. H., & Wong, K. C. (2014). **Forecasting Demand for Maintenance Services in the Electrical Power Industry. International Journal of Production Economics.**

ALMEIDA, R. P.; WERNER, L. **Uma Revisão Sobre Abordagens que Relacionam os Custos de Produção e o Processo de Previsão de Demanda.** Revista Produção Online, v. 15, n. 2, 504-526, 2015.

Tsay, A. A., & Agrawal, N. (2000). **Channel Interaction in Supply Chain Management. Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis. Springer US.**

Mihm, J., et al. (2017). **Big Data in Supply Chain Management: A Review of the Literature and Future Research Directions. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.**

Apêndice A – Método ABC

Descrição	Custo	Qtd	Custo x Qtd	Represent.	Represent. Cum.	Classificação
Cabeça de Impressão - Dx4	R\$ 4.122,30	13	R\$ 53.589,90	49,5566%	49,5566%	A
CAP - Vedador de Acoplamento - Dx4	R\$ 189,70	52	R\$ 9.864,40	9,1220%	58,6786%	A
Damper - Estabilizador de Tinta - Dx7	R\$ 550,90	12	R\$ 6.610,80	6,1133%	64,7918%	A
Motor Scan - RS/SP/VP	R\$ 1.547,00	3	R\$ 4.641,00	4,2917%	69,0835%	A
Wiper - Palheta de Limpeza - DX4	R\$ 81,20	56	R\$ 4.547,20	4,2050%	73,2885%	A
Damper - Estabilizador de Tinta Grande	R\$ 222,60	20	R\$ 4.452,00	4,1169%	77,4054%	A
Wiper - Palheta de Limpeza - DX7	R\$ 112,00	20	R\$ 2.240,00	2,0714%	79,4768%	B
Linear Encoder - RA/RE/RF/RS/RT/SG/VG/VS/XC/XJ	R\$ 1.101,80	2	R\$ 2.203,60	2,0378%	81,5146%	B
Cap - Vedador de Acoplamento - VG/SG	R\$ 308,00	6	R\$ 1.848,00	1,7089%	83,2235%	B
Motor Scan - RA/RE/RF/RT/VS	R\$ 1.754,20	1	R\$ 1.754,20	1,6222%	84,8457%	B
Wiper Felt - Feltro de Limpeza - DX7	R\$ 65,10	24	R\$ 1.562,40	1,4448%	86,2905%	B
Bomba de Pressão	R\$ 368,90	4	R\$ 1.475,60	1,3645%	87,6550%	B
Flat	R\$ 364,00	4	R\$ 1.456,00	1,3464%	89,0014%	B
Damper - Estabilizador de Tinta - DX7 (Preto)	R\$ 332,50	4	R\$ 1.330,00	1,2299%	90,2314%	B
Flat de Cabeça - LEC/LEF/SJ/XC/XJ	R\$ 105,70	9	R\$ 951,30	0,8797%	91,1111%	C
Limpador do Wiper - (preto)	R\$ 35,00	21	R\$ 735,00	0,6797%	91,7907%	C
Flat de Cabeça - CJ/FJ/FP/RS/SC/SJ/VP/SP	R\$ 27,30	24	R\$ 655,20	0,6059%	92,3966%	C
Flat Recorte - XR/LEC	R\$ 282,80	2	R\$ 565,60	0,5230%	92,9197%	C
Placa Fonte	R\$ 564,20	1	R\$ 564,20	0,5217%	93,4414%	C
Flat do Painel - CJ/FJ/FP/SC/SJ/XC/XJ	R\$ 127,40	4	R\$ 509,60	0,4712%	93,9126%	C
Sensor do Encoder - FP/SJ/XC/XJ	R\$ 385,00	1	R\$ 385,00	0,3560%	94,2687%	C
CAP - BN-20	R\$ 378,00	1	R\$ 378,00	0,3496%	94,6182%	C
Líquido de Limpeza 500ml - Eco-Sol Max	R\$ 364,70	1	R\$ 364,70	0,3373%	94,9555%	C

Feltro Absorvente de Tinta do Descarte - BN-20	R\$ 179,90	2	R\$ 359,80	0,3327%	95,2882%	C
Motor da Bomba/ Wiper	R\$ 355,60	1	R\$ 355,60	0,3288%	95,6170%	C
Resistência do Aquec.	R\$ 173,60	2	R\$ 347,20	0,3211%	95,9381%	C
Flat Recorte - SPi/SPv/VP/VPi/VS	R\$ 108,50	3	R\$ 325,50	0,3010%	96,2391%	C
Flange	R\$ 59,50	5	R\$ 297,50	0,2751%	96,5142%	C
Teflon RA/VS	R\$ 146,30	2	R\$ 292,60	0,2706%	96,7848%	C
Proteção do Flat de Recorte XR (640)	R\$ 21,70	10	R\$ 217,00	0,2007%	96,9854%	C
Tampa do Limpador das Cabeças	R\$ 196,00	1	R\$ 196,00	0,1812%	97,1667%	C
Wiper - Palheta de Limpeza	R\$ 91,00	2	R\$ 182,00	0,1683%	97,3350%	C
Rolete de Tracionamento do Material	R\$ 180,60	1	R\$ 180,60	0,1670%	97,5020%	C
Filtro Inferior do Limpador	R\$ 16,10	11	R\$ 177,10	0,1638%	97,6658%	C
Cabo do Termistor	R\$ 170,10	1	R\$ 170,10	0,1573%	97,8231%	C
Protetor Metálico do Cabo Flexível	R\$ 163,10	1	R\$ 163,10	0,1508%	97,9739%	C
Teflon XR	R\$ 149,10	1	R\$ 149,10	0,1379%	98,1118%	C
Filtro de Descarte da Palheta de Limpeza Wiper	R\$ 26,60	5	R\$ 133,00	0,1230%	98,2348%	C
Flat Recorte - RA/RE/VS	R\$ 133,00	1	R\$ 133,00	0,1230%	98,3578%	C
Limpador da palheta	R\$ 30,10	4	R\$ 120,40	0,1113%	98,4691%	C
Filtro de Descarte Grande	R\$ 14,70	8	R\$ 117,60	0,1087%	98,5778%	C
Adaptador Junção Y	R\$ 58,10	2	R\$ 116,20	0,1075%	98,6853%	C
Teflon - SP/VP/VS	R\$ 114,10	1	R\$ 114,10	0,1055%	98,7908%	C
Flat	R\$ 108,50	1	R\$ 108,50	0,1003%	98,8911%	C
Anel 3 FAI	R\$ 10,50	10	R\$ 105,00	0,0971%	98,9882%	C
Flat de Cabeça - RA/RE/VS/XF	R\$ 34,30	3	R\$ 102,90	0,0952%	99,0834%	C
Placa Sensor	R\$ 100,80	1	R\$ 100,80	0,0932%	99,1766%	C
Flat de Cabeça 29P - BN-20	R\$ 100,10	1	R\$ 100,10	0,0926%	99,2692%	C
Base do Rolete	R\$ 24,50	4	R\$ 98,00	0,0906%	99,3598%	C
Feltro Inf. do Limpador	R\$ 22,40	4	R\$ 89,60	0,0829%	99,4427%	C
Correia do Wiper	R\$ 74,90	1	R\$ 74,90	0,0693%	99,5119%	C

Filtro Encaminhador de Descarte T Grande	R\$ 11,20	6	R\$ 67,20	0,0621%	99,5741%	C
Filtro Descarte do Limpador - LEC/LEJ/XC/XJ	R\$ 32,20	2	R\$ 64,40	0,0596%	99,6336%	C
Lâmina Separação - (Kit 25un.)	R\$ 63,00	1	R\$ 63,00	0,0583%	99,6919%	C
Jogo de Parafusos	R\$ 51,80	1	R\$ 51,80	0,0479%	99,7398%	C
Parafusos - Jogo M3*6 ni (Kit 10un.)	R\$ 51,80	1	R\$ 51,80	0,0479%	99,7877%	C
Teflon - BN-20	R\$ 42,70	1	R\$ 42,70	0,0395%	99,8272%	C
Limpador do Wiper - (transparente)	R\$ 21,00	2	R\$ 42,00	0,0388%	99,8660%	C
Jogo de Parafusos M3*4 NI (Kit 10 UN.)	R\$ 41,30	1	R\$ 41,30	0,0382%	99,9042%	C
Chapa de Aterramento	R\$ 14,00	2	R\$ 28,00	0,0259%	99,9301%	C
Suporte do Wiper - DX4	R\$ 25,90	1	R\$ 25,90	0,0240%	99,9540%	C
Filtro Frontal do Limpador	R\$ 9,80	2	R\$ 19,60	0,0181%	99,9722%	C
Tecla do Painel (transparente)	R\$ 14,00	1	R\$ 14,00	0,0129%	99,9851%	C
Mola do Cap SG/VG	R\$ 4,90	2	R\$ 9,80	0,0091%	99,9942%	C
Mola do Cap DX4	R\$ 6,30	1	R\$ 6,30	0,0058%	100,0000%	C
			R\$ 108.138,80	100,00%		

Fonte: O Autor

Apêndice B – Suavização Exponencial Simples – Cabeça de Impressão dx4

	Período mensal	Demanda	Previsão
1	ago/21	10	9,17
2	set/21	9	9,17
3	out/21	11	9,17
4	nov/21	8	9,17
5	dez/21	6	9,17
6	jan/22	11	9,17
7	fev/22	8	9,17
8	mar/22	10	9,17
9	abr/22	9	9,17
10	mai/22	11	9,17
11	jun/22	10	9,17
12	jul/22	12	9,17
13	ago/22	14	9,17
14	set/22	10	9,17
15	out/22	8	9,17
16	nov/22	13	9,17
17	dez/22	8	9,17
18	jan/23	10	9,17
19	fev/23	9	9,17
20	mar/23	12	9,17
21	abr/23	9	9,17
22	mai/23		9,17
23	jun/23		9,17
24	jul/23		9,17

	Período mensal	Demanda	Previsão	$(Y_t - F_t)^2$
1	ago/21	2	2,40	0,16
2	set/21	2	2,40	0,16
3	out/21	3	2,40	0,36
4	nov/21	2	2,40	0,16
5	dez/21	1	2,40	1,96
6	jan/22	3	2,40	0,36
7	fev/22	2	2,40	0,16
8	mar/22	3	2,40	0,36
9	abr/22	4	2,40	2,56
10	mai/22	2	2,40	0,16
11	jun/22	3	2,40	0,36

12	jul/22	1	2,40	1,96
13	ago/22	2	2,40	0,16
14	set/22	3	2,40	0,36
15	out/22	3	2,40	0,36
16	nov/22	2	2,40	0,16
17	dez/22	1	2,40	1,96
18	jan/23	2	2,40	0,16
19	fev/23	2	2,40	0,16
20	mar/23	3	2,40	0,36
21	abr/23	3	2,40	0,36
22	mai/23		2,40	
23	jun/23		2,40	
24	jul/23		2,40	
			Sf	0,8

Período mensal	Demanda	PREVISÃO	
1	ago/21	10	
2	set/21	9	
3	out/21	11	
4	nov/21	8	
5	dez/21	6	
6	jan/22	11	
7	fev/22	8	9,17
8	mar/22	10	8,83
9	abr/22	9	9,00
10	mai/22	11	8,67
11	jun/22	10	9,17
12	jul/22	12	9,83
13	ago/22	14	10,00
14	set/22	10	11,00
15	out/22	8	11,00
16	nov/22	13	10,83
17	dez/22	8	11,17
18	jan/23	10	10,83
19	fev/23	9	10,50
20	mar/23	12	9,67
21	abr/23	9	10,00
22	mai/23	12	10,17
23	jun/23	12	10,17
24	jul/23	11	10,17
			MAD:

AD
1,83
1,83
0,83
1,50

Apêndice C – Suavização Exponencial de Holt – Cabeça de Impressão dx4

Período mensal	Demanda	Lt	bt	Previsão	
1	ago/21	10	1,00	0	
2	set/21	9	5,28	0,050933	1,00
3	out/21	11	8,36	0,087033	5,33
4	nov/21	8	8,21	0,084171	8,45
5	dez/21	6	7,07	0,069571	8,29
6	jan/22	11	9,20	0,09417	7,14
7	fev/22	8	8,60	0,085913	9,30
8	mar/22	10	9,39	0,094258	8,69
9	abr/22	9	9,23	0,091173	9,48
10	mai/22	11	10,22	0,101891	9,32
11	jun/22	10	10,15	0,099861	10,32
12	jul/22	12	11,19	0,111014	10,25
13	ago/22	14	12,74	0,128228	11,30
14	set/22	10	11,34	0,109953	12,87
15	out/22	8	9,60	0,088019	11,45
16	nov/22	13	11,46	0,109089	9,69
17	dez/22	8	9,66	0,086362	11,57
18	jan/23	10	9,88	0,087974	9,75
19	fev/23	9	9,45	0,081797	9,97
20	mar/23	12	10,85	0,097503	9,53
21	abr/23	9	9,91	0,085088	10,95
13	mai/23				9,99
14	jun/23				10,08
15	jul/23				10,16

Período mensal	Demanda	Lt	bt	Previsão		
1	ago/21	10	1,00	0		(Yt - Ft)^2
2	set/21	9	5,28	0,050933	1,00	64
3	out/21	11	8,36	0,087033	5,33	32,1522
4	nov/21	8	8,21	0,084171	8,45	0,202033
5	dez/21	6	7,07	0,069571	8,29	5,258988
6	jan/22	11	9,20	0,09417	7,14	14,92832
7	fev/22	8	8,60	0,085913	9,30	1,68208
8	mar/22	10	9,39	0,094258	8,69	1,718216
9	abr/22	9	9,23	0,091173	9,48	0,234771
10	mai/22	11	10,22	0,101891	9,32	2,833989
11	jun/22	10	10,15	0,099861	10,32	0,101653
12	jul/22	12	11,19	0,111014	10,25	3,068921

13	ago/22	14	12,74	0,128228	11,30	7,310839
14	set/22	10	11,34	0,109953	12,87	8,239896
15	out/22	8	9,60	0,088019	11,45	11,8693
16	nov/22	13	11,46	0,109089	9,69	10,95242
17	dez/22	8	9,66	0,086362	11,57	12,7427
18	jan/23	10	9,88	0,087974	9,75	0,064103
19	fev/23	9	9,45	0,081797	9,97	0,941296
20	mar/23	12	10,85	0,097503	9,53	6,085642
21	abr/23	9	9,91	0,085088	10,95	3,80255
22	mai/23				9,99	
23	jun/23				10,08	
24	jul/23				10,16	
			Sf	3,1		

Período mensal	Demanda	Lt	bt	Previsão	
1	ago/21	10			
2	set/21	9			
3	out/21	11			
4	nov/21	8			
5	dez/21	6			
6	jan/22	11			
7	fev/22	8	9,17	0,00	
8	mar/22	10	8,83	0,00	9,17
9	abr/22	9	9,00	1,00	8,83
10	mai/22	11	8,67	0,98	10,00
11	jun/22	10	9,17	2,00	9,65
12	jul/22	12	9,83	1,98	11,17
13	ago/22	14	10,00	3,00	11,82
14	set/22	10	11,00	2,98	13,00
15	out/22	8	11,00	4,00	13,98
16	nov/22	13	10,83	3,95	15,00
17	dez/22	8	11,17	5,00	14,78
18	jan/23	10	10,83	4,94	16,17
19	fev/23	9	10,50	6,00	15,77
20	mar/23	12	9,67	5,92	16,50
21	abr/23	9	10,00	7,00	15,59
22	mai/23	12			9,99
23	jun/23	12			10,08
24	jul/23	11			10,16
					AD
					2,01
					1,92
					0,84
					MAD:
					1,59

Fonte: O Autor