

PREVISÃO DE DEMANDA APLICADA NA PROJEÇÃO DE CONSUMO DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DO RAMO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Ana Caroline Schneider (Universidade de Caxias do Sul - UCS) acschneider@ucs.br
Monique Rigo Zanotto (Universidade de Caxias do Sul - UCS) mrzanotto@ucs.br
Leandro Luis Corso (Universidade de Caxias do Sul - UCS) llcorso@ucs.br

Resumo

Para garantir maior competitividade no mercado de construção civil e realizar negócios baseados em planejamento, prever as demandas futuras é essencial. Para isso, esse estudo tem por objetivo a utilização de métodos de previsão de demanda por meio de séries temporais para analisar e prever o consumo de quatro itens em alvenaria e materiais metálicos em uma empresa do ramo de construção civil, considerando um período de análise de 48 meses. Os métodos utilizados foram a média móvel simples e ponderada, suavização exponencial, efeitos sazonais (aditivos e multiplicativos) – método de Winters e os métodos de Holt para efeitos sazonais (aditivos e multiplicativos) e Suavização Exponencial Dupla. A partir da aplicação dos modelos, o que melhor se ajustou para todos os produtos foi a Média Móvel Ponderada para o período de 7 meses ($n = 7$). Em suma, este trabalho permitiu analisar a demanda dos produtos importados pela empresa em um determinado período, assim, possibilitando se desenvolver o planejamento futuro de suas compras.

Palavras-Chaves: Previsão de Demanda, Construção Civil, Séries Temporais.

1. Introdução

A importação de matérias-primas pode ser uma alternativa atraente para as empresas que buscam redução de custos com o intuito de se manterem competitivas dentro do mercado. Um desafio comum ao importar produtos, é o longo tempo de espera que existe desde o fechamento do pedido até a entrega da mercadoria. Este *lead time* gera para a empresa a necessidade de se organizar e prever as demandas futuras de produção que precisarão ser atendidas.

O método recomendado para aplicação neste cenário é o de previsão de demanda por meio de séries temporais. Através da revisão de dados durante um período faz com que os gestores e os tomadores de decisão tenham uma visão geral sobre acontecimentos passados, que auxiliam na

obtenção de estimativas relacionadas ao desempenho futuro da organização (FONTES, 2020). No gerenciamento da produção, a aplicação de previsão de demanda também demonstra importância na parte de gestão de estoques e desenvolvimento de planos agregados de produção.

Para amenizar os riscos de uma demanda futura incerta, Lima e Corso (2020) afirmam que deve ser utilizada uma previsão de demanda instituída com base na análise do cenário atual e dados históricos, estabelecendo condições que possam auxiliar nas tomadas de decisões gerenciais e de gestão da cadeia de suprimentos. Tendo uma previsão de venda mais acurada, a aquisição de materiais pode ser otimizada reduzindo custos, o que também oportuniza para a empresa a otimização de sua estrutura como um todo, viabilizando planejar os seus recursos com equidade (MONEGAT *et al.*, 2020).

Este estudo tem por objetivo buscar modelos de previsão de demanda que possibilitem à empresa avaliar o comportamento do consumo de seus produtos, sendo uma ferramenta de auxílio na negociação de valores e quantidades de compra de suas matérias-primas importadas. Os valores usados como base para a análise consistem no consumo de quatro produtos relacionados a alvenaria e materiais metálicos utilizados no ramo civil.

2. Referencial teórico

Para entendimento dos conceitos apresentados neste artigo e da técnica aplicada, será apresentado o referencial teórico nesta seção.

2.1. Previsão de demanda

Ehlers (2009) afirma que uma série temporal pode se tratar de observações feitas de maneira sequencial ao longo de um período de tempo.

De acordo com Ackermann e Sellitto (2022), as previsões de demanda desempenham um importante papel no planejamento das organizações, visto que estão relacionadas a elementos de produção, tais como capacidade, matérias-primas e mão de obra, entrando como uma metodologia de administração que visa estimar um valor futuro de uma grandeza de interesse. Esta ferramenta utiliza métodos quantitativos e pode ser realizada por meio de diferentes modelos matemáticos, de modo que, uma série temporal exibe até quatro características diferentes em seu comportamento: média, sazonalidade, ciclo e tendência.

Dos quatro comportamentos citados, três deles são explicados por Ferreira e Duca (2018):

- Tendência (T): pode ser observada no momento em que uma série temporal segue uma determinada direção, crescente ou decrescente, e não necessariamente linear;
- Sazonalidade (S): consiste em um padrão que dentro de um período de 12 meses que pode se repetir com certa periodicidade;
- Ciclo (C): é um padrão que se repete regularmente. Este não apresenta um período fixo e ocorre em um período maior que 12 meses.

De acordo com Zanella, Vieira e Barrichello (2016), os métodos de previsão de demanda podem ser divididos em qualitativos, quantitativos e uma combinação entre eles. Os modelos quantitativos são baseados em projeções matemáticas que apresentam embasamento técnico, enquanto que, os modelos qualitativos são indicados nos casos em que não há dados históricos como base para as previsões.

2.2. Modelos matemáticos

As equações matemáticas dos modelos de previsão escolhidos para o estudo, estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Equações matemáticas (continua)

Modelo matemático	Equação
Média Móvel Simples (MMS)	$P_t = \frac{\sum_{i=1}^n R_{t-i}}{n}$
Média Móvel Ponderada (MMP)	$P_t = \frac{\sum_{i=1}^n W_{t-i} R_{t-i}}{\sum W_t}$
Suavização Exponencial	$P_{t+1} = \alpha R_t + (1 - \alpha) P_t$
Efeitos Sazonais Aditivos (Método de Winters)	$P_{t+n} = E_t + S_{t+n-p}$ $E_t = \alpha(Y_t - S_{t-p}) + (1-\alpha)(E_{t-1})$ $S_t = \beta(Y_t - E_t) + (1-\beta)S_{t-p}$
Efeitos Sazonais Multiplicativos (Método de Winters)	$P_{t+n} = E_t * S_{t+n-p}$ $E_t = \alpha\left(\frac{Y_t}{S_{t-p}}\right) + (1-\alpha)E_{t-1}$ $S_t = \beta\left(\frac{Y_t}{E_t}\right) + (1-\beta)S_{t-p}$
Suavização Exponencial Dupla	$P_{t+n} = E_t + n.T_t$ $E_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1})$ $T_t = \beta(E_t - E_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$

Tabela 1 – Equações matemáticas (conclusão)

Modelo matemático	Equação
Efeitos Sazonais Aditivos (Método de Holt-Winters)	$P_{t+n} = E_t + n.T_t + S_{t+n-p}$ $E_t = \alpha(Y_t - S_{t-p}) + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1})$ $T_t = \beta(E_t - E_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$ $S_t = \gamma(Y_t - E_t) + (1 - \gamma)S_{t-p}$
Efeitos Sazonais Multiplicativos (Método de Holt-Winters)	$P_{t+n} = (E_t + n.T_t)S_{t+n-p}$ $E_t = \alpha\left(\frac{Y_t}{S_{t-p}}\right) + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1})$ $T_t = \beta(E_t - E_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$ $S_t = \gamma\left(\frac{Y_t}{E_t}\right) + (1 - \gamma)S_{t-p}$

Fonte: Os autores (2023)

Conforme observado na Tabela 1, os diferentes métodos considerados para este estudo possuem em seus modelos matemáticos termos iguais. Em razão disso, na Tabela 2 podem ser verificados a que cada termo se atribui nos modelos.

Tabela 2 – Variáveis utilizadas

Termo	Descrição
P_t	Previsão para o período t
$P_{(t+1)}$	Previsão para o período t+1
$P_{(t+n)}$	Previsão para o período t+n
R_t	Demanda real para o período t
$R_{(t-1)}$	Demanda real para o período t-1
n	Quantidade de períodos t
W_{t-1}	Peso atribuído ao período t-1
R_{t-1}	Demanda real para o período t-1
α	Constante de amortecimento ($0 \leq \alpha \leq 1$)
β	Constante de amortecimento da estimativa da tendência ($0 \leq \beta \leq 1$)
γ	Constante de amortecimento de estacionariedade ($0 \leq \gamma \leq 1$)
E_t	Nível esperado para o período t
S_t	Fator estimado de ajuste sazonal para o período t
p	Número de períodos sazonais
T_t	Taxa esperada de aumento ou diminuição (tendência) por período t
Y_t	Valor da série temporal no período t

Fonte: Os autores (2023)

2.3. Erros de previsão

De acordo com Cavalheiro (2003), o erro de previsão trata-se da diferença entre o valor que estava previsto e o valor real que foi observado. É necessário fazer o acompanhamento do mesmo como forma de garantia de que este esteja dentro dos limites aceitáveis. Os erros comumente conhecidos são: erro médio (ME), erro absoluto (MAD), erro percentual absoluto médio (MAPE) e erro quadrado médio (EQM), ou do inglês, *mean squared error* (MSE) (CAVALHEIRO, 2003).

O tipo de erro selecionado para a análise deste estudo foi o erro quadrático médio (EQM). Conforme Filho e Hallak (2011), o MSE é similar ao erro absoluto médio (MAE), tendo como diferença uma maior sensibilidade a grandes erros, devido ao fato de elevar as diferenças individuais ao quadrado. Este erro sempre será positivo, onde o valor zero indicaria a simulação perfeita, podendo ser definida pela Equação 1:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_{is} - P_{io})^2 \quad (1)$$

3. Metodologia

Para a realização do estudo, os dados de consumo dos produtos foram coletados por meio do histórico de vendas presente no sistema da empresa. Os valores coletados seguem o modelo quantitativo, devido aos mesmos serem numéricos e tabulados, de acordo com o estudo em questão.

Os valores obtidos referem-se ao consumo de quatro produtos importados pela empresa, sendo a unidade de medida em kg para os produtos 1 e 2, enquanto que para os produtos 3 e 4 a unidade é em metros. Para este estudo, foi definido um período de 48 meses, o que possibilitou analisar o comportamento do consumo de cada um dos produtos de maneira mais assertiva. Os modelos que foram escolhidos para aplicação no estudo do artigo foram: média móvel simples (MMS) e ponderada (MMP), suavização exponencial, efeitos sazonais (aditivos e multiplicativos) – Método de Winters, suavização exponencial dupla e Métodos de Holt-Winters para efeitos sazonais (aditivos e multiplicativos).

Os dados coletados foram dispostos em uma planilha do *software* ®Microsoft Excel, em seguida foram aplicados os métodos de previsão de séries temporais para cada um dos produtos. Também foram elaborados os gráficos para cada modelo, com o intuito de facilitar a análise da comparação dos dados coletados e os valores previstos. Por fim, foi realizado o cálculo do erro

quadrático médio (EQM) correspondente a cada um dos modelos, para cada um dos produtos, com o intuito de encontrar o modelo que melhor se ajustou ao produto analisado, sendo aquele de menor valor.

4. Resultados

O estudo de previsão de demanda por meio de séries temporais tem por base analisar o consumo de produtos importados de uma empresa do ramo de construção civil, com o objetivo de obter melhores formas de negócio tendo por base as previsões de consumo futuro geradas a partir dos modelos de previsão.

O intervalo de tempo determinado para estudo compreende dados históricos de 48 meses, iniciando em janeiro de 2018 até dezembro de 2021. Os dados da demanda mensal de compras desses produtos estão demonstrados na Tabela 3. É importante destacar que os produtos 1 e 2 estão relacionados com alvenaria e possuem sua quantidade consumida expressa em kg, enquanto que os produtos 3 e 4 se referem ao comprimento (em metros) de materiais metálicos utilizados pela empresa.

Tabela 3 – Quantidade de itens consumidos (continua)

	Período (meses)	Itens consumidos					Período (meses)	Itens consumidos			
		P1, em kg	P2, em kg	P3, em metros	P4, em metros			P1, em kg	P2, em kg	P3, em metros	P4, em metros
1	jan/18	73	130	149	86	25	jan/20	99	136	149	182
2	fev/18	85	144	133	94	26	fev/20	105	139	163	172
3	mar/18	77	153	144	116	27	mar/20	107	125	171	202
4	abr/18	86	144	153	144	28	abr/20	99	103	182	212
5	mai/18	102	139	168	158	29	mai/20	92	106	168	206
6	jun/18	96	144	153	126	30	jun/20	102	115	158	214
7	jul/18	125	115	171	182	31	jul/20	111	102	179	230
8	ago/18	118	125	158	144	32	ago/20	115	121	177	260
9	set/18	92	99	173	116	33	set/20	127	132	187	308
10	out/18	105	103	168	166	34	out/20	109	102	215	299
11	nov/18	77	96	149	178	35	nov/20	110	98	231	276
12	dez/18	72	118	139	182	36	dez/20	106	100	215	244
13	jan/19	69	124	153	162	37	jan/21	110	110	209	288
14	fev/19	77	134	163	118	38	fev/21	117	122	221	248
15	mar/19	77	142	153	106	39	mar/21	124	136	209	281
16	abr/19	82	149	163	144	40	abr/21	132	118	171	228
17	mai/19	88	130	177	166	41	mai/21	125	128	171	237
18	jun/19	80	144	167	164	42	jun/21	135	114	186	244
19	jul/19	82	115	171	154	43	jul/21	130	102	204	276

Tabela 3 – Quantidade de itens consumidos (conclusão)

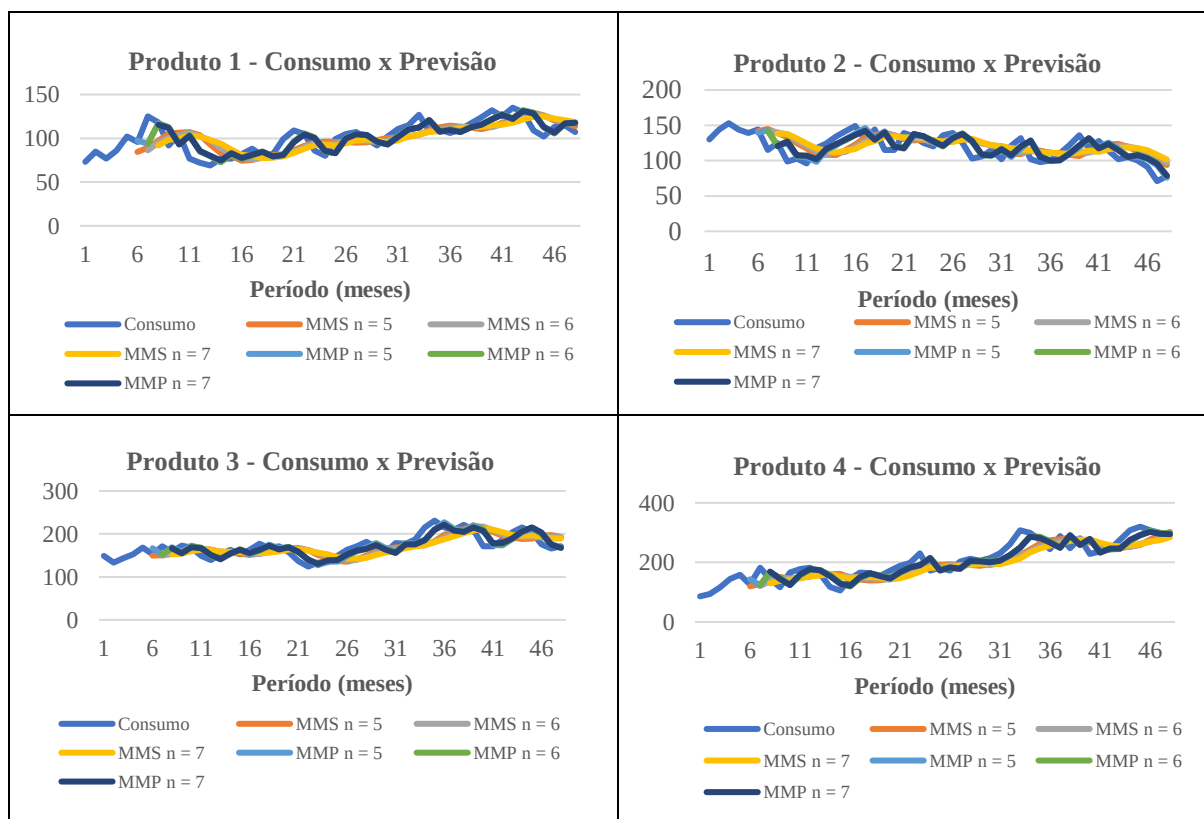
	Período (meses)	Itens consumidos					Período (meses)	Itens consumidos			
		P1, em kg	P2, em kg	P3, em metros	P4, em metros			P1, em kg	P2, em kg	P3, em metros	P4, em metros
20	ago/19	99	115	158	172	44	ago/21	109	105	215	308
21	set/19	109	139	137	188	45	set/21	102	100	204	320
22	out/19	105	134	124	198	46	out/21	113	91	176	308
23	nov/19	86	125	133	230	47	nov/21	115	71	166	299
24	dez/19	80	120	134	172	48	dez/21	107	78	171	288

Fonte: Os autores (2023)

Com os dados coletados, foi possível realizar os cálculos de previsão de demanda utilizando todos os métodos definidos anteriormente e, a partir disso, verificar qual foi o modelo que melhor se ajustou para cada produto analisado.

Inicialmente calculou-se a previsão considerando o método de média móvel simples e ponderada, para um período correspondente a 5, 6 e 7 meses. De acordo com os métodos utilizados, foi possível verificar que o comportamento dos modelos ficou semelhante ao consumo real para os períodos estabelecidos, conforme visualizado na Figura 1.

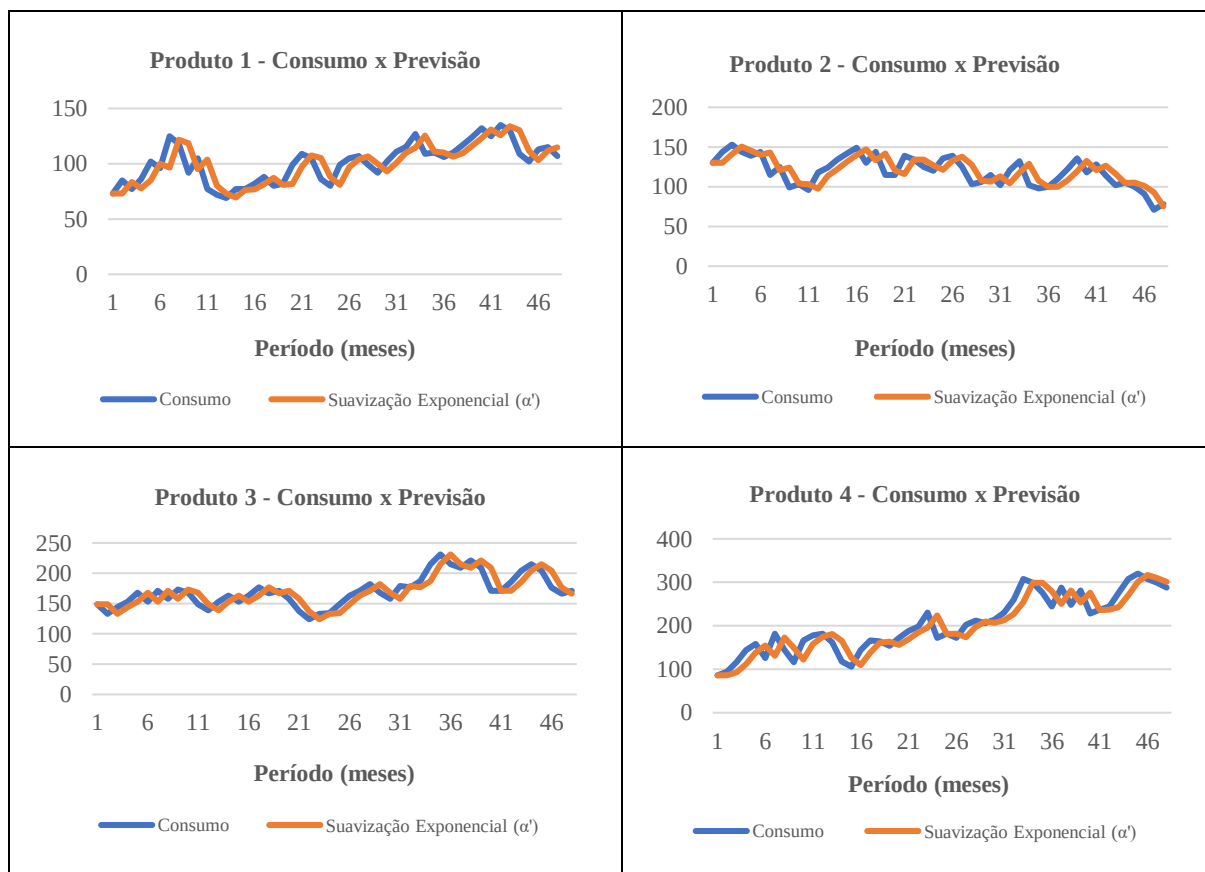
Figura 1 - Consumo x Métodos de média móvel simples e ponderada



Fonte: Os autores (2023)

No método de suavização exponencial, um dos parâmetros importantes considerados para o cálculo foi a constante de amortecimento α . O valor da mesma foi obtido pela minimização do EQM, constituindo um modelo de otimização, resolvido utilizando a ferramenta *Solver*. Os resultados para este método estão expressos na Figura 2.

Figura 2 - Consumo x Método de suavização exponencial

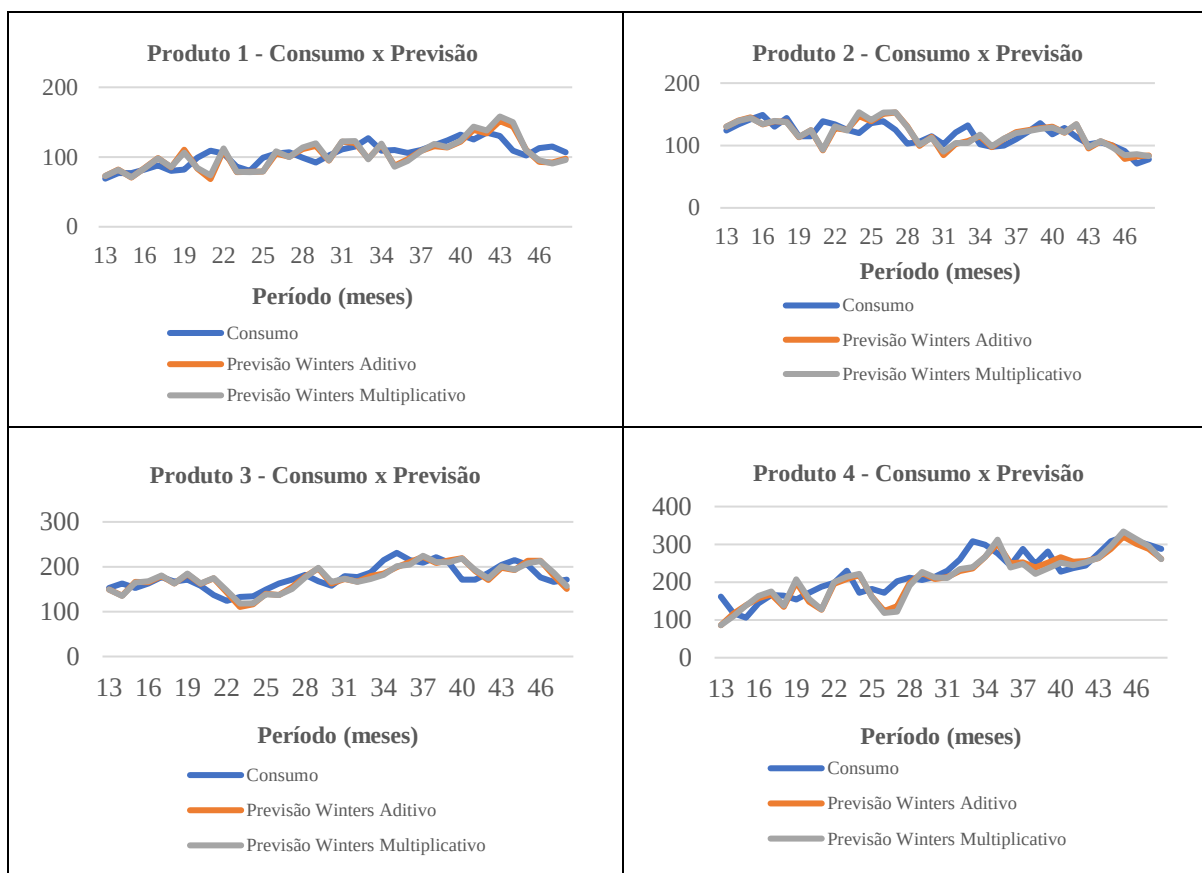


Fonte: Os autores (2023)

Após a suavização exponencial, calculou-se os métodos de previsão temporal da Sazonalidade com efeitos aditivos e multiplicativos (Winters), no qual foram atribuídos valores arbitrários para a constante de amortecimento da média dos dados (α) e para a constante de amortecimento da estimação da tendência (β), encontrando na sequência os seus valores mínimos otimizados. Após isso, com a utilização desses valores ótimos, foram avaliados os dados de previsão, conforme mostrado na Figura 3.

É importante destacar que neste método foram utilizados os 12 meses iniciais (janeiro a dezembro de 2018) para observação de possíveis comportamentos de demanda e assim obter um resultado com maior precisão, justificando a ausência dos mesmos nos gráficos abaixo.

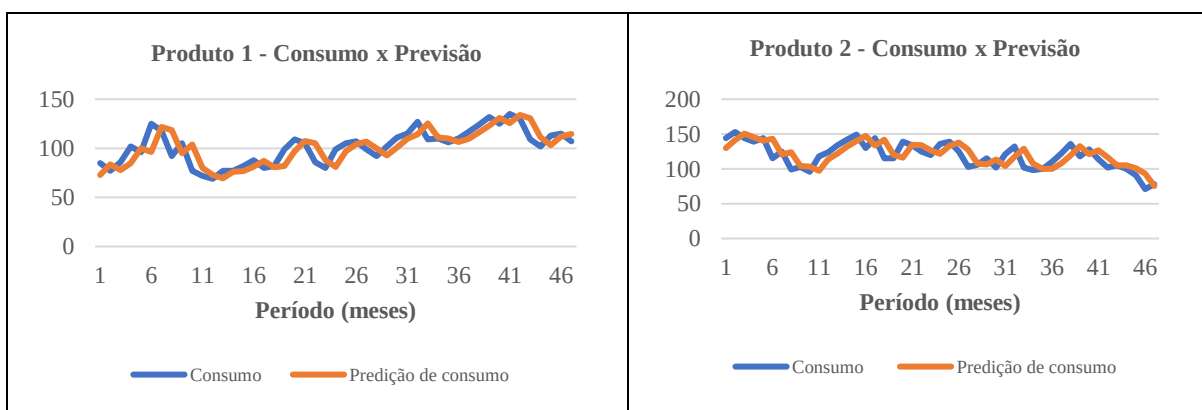
Figura 3 - Consumo x Métodos de sazonalidades aditivas e multiplicativas (Winters)

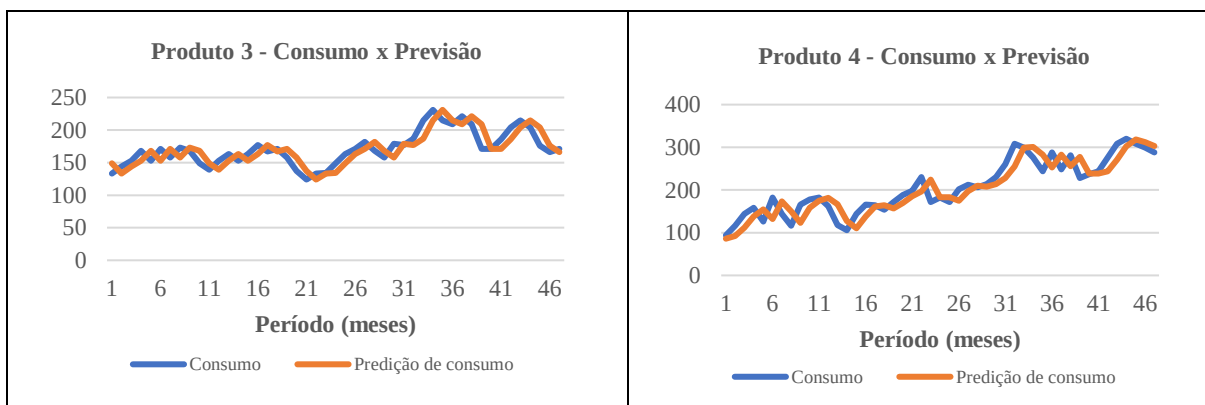


Fonte: Os autores (2023)

Para desenvolvimento do método de suavização exponencial dupla de Holt-Winters foram atribuídos valores arbitrários para a constante do amortecimento α e para a constante de amortecimento da estimação da tendência β , conforme ocorrido em outros métodos anteriores. Após realizar os cálculos, otimizou-se os modelos onde encontrou-se o resultado gráfico visto na Figura 4.

Figura 4 - Consumo x Métodos de suavização exponencial dupla (Método de Holt-Winters)

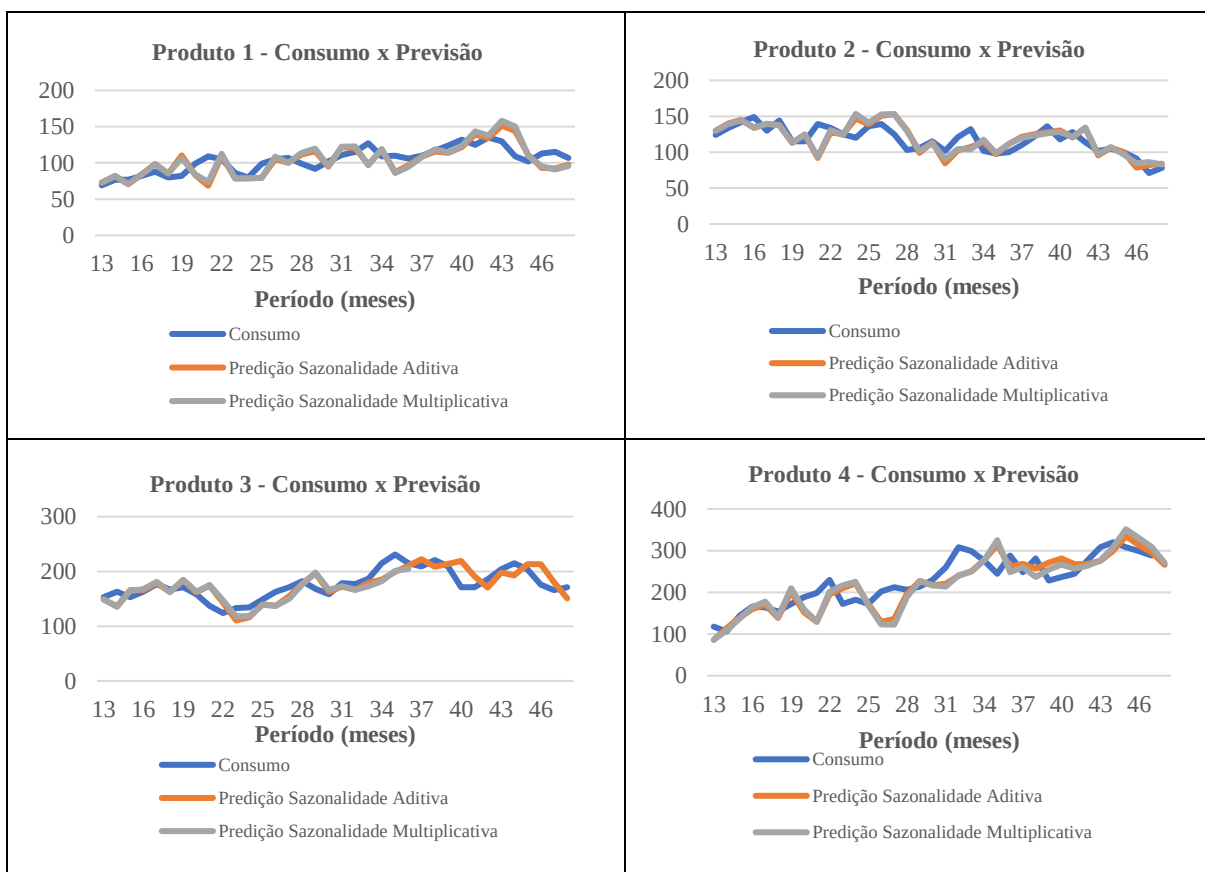




Fonte: Os autores (2023)

Nos métodos de efeitos sazonais aditivos e multiplicativos (Holt-Winters) foi utilizado o mesmo critério de observação de comportamento do método de Winters, isto é, os 12 meses iniciais foram utilizados para melhor compreensão e assertividade no resultado de previsão. Na Figura 5, é possível observar que nestes métodos houveram alguns períodos que apresentaram uma breve divergência de previsão quando comparado ao consumo real, podendo ser justificado pela oscilação na quantidade de produtos comprados nestes meses.

Figura 5 - Consumo x Efeitos sazonais aditivos e multiplicativos (Método de Holt-Winters)



Fonte: Os autores (2023)

Ainda, é válido lembrar que os resultados obtidos se tratam de previsões com um determinado grau de confiança, ou seja, são valores que se aproximam do real, mas não necessariamente serão iguais (assertividade 100%). Essa informação reitera a importância de escolher o método com menor EQM para cada produto justamente para garantir maior assertividade e precisão nos resultados, de modo a contribuir positivamente nas projeções futuras e compras das matérias-primas importadas, melhorando o planejamento da empresa como um todo e reduzindo custos de operação.

Após realizados os cálculos das previsões para cada método e gerado as suas visualizações gráficas, foi possível verificar os erros quadráticos médios e, com base nisso, identificar o método que melhor se enquadrava para cada tipo de produto importado consumido pela empresa. Os valores de EQM podem ser conferidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Erro quadrático médio (EQM)

Método de previsão temporal	EQM (Erro Quadrático Médio)			
	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4
Média Móvel Simples (n = 5)	213,3	310,1	447,5	1082,0
Média Móvel Simples (n = 6)	225,6	332,9	469,7	1159,1
Média Móvel Simples (n = 7)	202,4	336,0	472,4	1195,9
Média Móvel Ponderada (n = 5)	123,1	198,1	212,5	729,3
Média Móvel Ponderada (n = 6)	126,0	195,8	201,7	738,6
Média Móvel Ponderada (n = 7)	105,4	182,6	196,4	668,8
Suavização Exponencial	133,9	190,8	212,6	759,8
Sazonalidade com Efeitos Aditivos (Winters)	252,9	221,0	376,4	1062,6
Sazonalidade com Efeitos Multiplicativos (Winters)	273,4	225,2	388,4	1179,9
Suavização Exponencial Dupla - Método de Holt	133,9	190,8	212,6	757,4
Efeitos Sazonais Aditivos - Método de Holt	252,9	221,0	376,4	985,7
Efeitos Sazonais Multiplicativos - Método de Holt	273,4	225,2	388,4	1109,5

Fonte: Os autores (2023)

Conforme observado na Tabela 4, calcularam-se os erros para cada método escolhido de modo a verificar o que melhor se adaptava, isto é, quanto menor o EQM, maior a precisão da previsão em relação ao consumo real dos produtos mencionados neste estudo.

O resultado foi bastante expressivo, uma vez que todos os produtos analisados neste estudo retornaram o mesmo método como sendo o melhor e mais eficaz nas projeções futuras, sendo a média móvel ponderada para o período de 7 meses (n = 7). Isso se deu por ter sido o método que alcançou o menor EQM para todos os produtos e análises, no qual para o produto 1 o EQM

foi correspondente a 105,4, para o produto 2 foi de 182,6, já para o produto 3 foi 196,4 e, por fim, para o produto 4 o erro correspondeu a 668,8.

5. Considerações finais

Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar as demandas de compras de quatro produtos importados por uma empresa do ramo civil, sendo dois itens relacionados a alvenaria e dois itens voltados ao material metálico utilizado nas construções. Este estudo vem para proporcionar um planejamento mais assertivo, planos de negócios baseados em dados históricos e possibilidade de projeções futuras, favorecendo a redução de custos na organização.

Considerando este estudo, o método que melhor se ajustou aos parâmetros analisados para cada produto foi a média móvel ponderada para o período de 7 meses ($n = 7$), obtendo o menor erro e maior semelhança com os dados de consumo real. A previsão de demanda por meio de séries temporais se mostrou importante neste estudo, uma vez que com os resultados obtidos, a empresa poderá obter maior competitividade no mercado, visando se antecipar sobre o consumo de matéria-prima.

O presente trabalho apresentou limitações quanto a aquisição dos dados de consumo para o ano de 2022, além dos dados históricos estarem relacionados apenas ao consumo de matéria-prima. Futuramente, o estudo poderá ser complementado utilizando outros métodos de previsão de demanda que englobam em seu desenvolvimento inteligência artificial e com inserção de dados de mercado, visando obter maior assertividade ao utilizar os modelos de previsão.

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, Andres E. F.; SELLITTO, Miguel A. Métodos de previsão de demanda: uma revisão da literatura. *Innovar*, vol. 32, n. 85, pp. 83–100, jul./set. 2022.

CAVALHEIRO, Darlene. **Método de previsão de demanda aplicada ao planejamento da produção de indústrias de alimentos**. 2003. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

EHLERS, Ricardo S. **Análise de séries temporais**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<https://sites.icmc.usp.br/ehlers/stemp/stemp.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2023.

FERREIRA, Pedro Guilherme Costa; DUCA, Victor Eduardo Leite de Almeida. Modelos de suavização exponencial. In: BARROS, Anna Carolina; MATTOS, Daiane Morcolino de; OLIVEIRA, Ingrid Christyne Luquett de; FERREIRA, Pedro Guilherme Costa (Org.); DUCA, Victor Eduardo Leite de Almeida. **Análise de Séries Temporais em R: curso introdutório**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. p. 84-102.

FILHO, Augusto José Pereira; HALLAK, Ricardo. Metodologia para análise de desempenho de simulações de sistemas convectivos na região metropolitana de São Paulo com o modelo ARPS: sensibilidade a variações com



os esquemas de advecção e assimilação de dados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 591-608, 2011.

FONTES, Rodrigo Pereira. **Modelo preditivo de vendas para uma franquia de Bubble Tea para recomendação de estoque**. 2020. 115 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias, Gestão e Sustentabilidade) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Foz do Iguaçu, 2020.

LIMA, Daniela de; CORSO, Leandro Luis. Aplicação de inteligência artificial e modelos matemáticos para previsão de demanda em uma indústria do ramo plástico. **Scientia cum indústria**, v. 8, n. 2, pp. 24-29, 2020.

MONEGAT, Amanda Dalla Rosa; PASOLINI, Mônica; FRANCO, Mateus Müller; ORLANDIN, Bruna Caroline; CORSO, Leandro Luis. Análise de métodos de previsão de demanda para projeção de vendas de produtos de uma indústria do ramo moveleiro. **ENEGEP**, 2020. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_344_1770_41231.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.

ZANELLA, C.; VIEIRA, V.; BARICHELLO, R. Previsão de demanda: um estudo de caso em uma agroindústria de carnes do oeste catarinense. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 45-57, jan./mar. 2016.