

MODELOS PREDITIVOS PARA SÉRIES TEMPORAIS : O CASO DAS EXPORTAÇÃO DE LAGOSTA DO ESTADO DO CEARÁ 2000-2023 *Predictive Models for Time Series: The Case of Lobster Exports from Ceará, 2000–2023*

Luis Abel da Silva Filho

Professor do Departamento de Economia da Universidade Regional do Cariri – URCA;

Pesquisador Associado do NEREUS-USP, Pesquisador Visitante do IPEA.

luis.abel@urca.br

Cosmo Renan da Silva Souza

Bacharel em Economia pela Universidade Regional do Cariri – URCA

cosmorenanrl@gmail.com

Valdeir Soares Monteiro

Professor do Departamento de Economia da Universidade Regional

valdeir.monteiro@urca.br

Grupo de Trabalho (GT): GT03.Mercados agrícolas e cadeias produtivas

Resumo

Este estudo busca identificar os modelos preditivos mais adequados para estimar variações futuras, por meio da aplicação univariadas de séries temporais. Foram empregados modelos de suavização exponencial (simples, Holt-Winters) e ARIMA, com validação a partir da divisão da série em bases de treino e teste. Os resultados indicam que o modelo ETS (Erro, Tendência e Sazonalidade) apresentou o melhor desempenho, com MAPE inferior a 7%, além de se manter dentro dos intervalos de confiança de 80% e 95%. A análise dos resíduos confirmou a robustez estatística do modelo, embora com limitações associadas à presença de autocorrelação nos lags iniciais. Os dados mensais são das exportações de lagosta do Estado do Ceará entre 2000 e 2023. Dada a liderança do Ceará na pauta exportadora brasileira desse recurso. O estudo destaca ainda que a atividade exportadora sofre influência de fatores externos, como pesca ilegal e ausência de fiscalização, que não são capturados integralmente pelos modelos estatísticos. Conclui-se que o uso de previsões com séries temporais pode contribuir para decisões estratégicas e formulação de políticas públicas, mas deve ser complementado com abordagens estruturais e institucionais para garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva.

Palavras-chave: Máximo 3

Abstract

This study aims to identify the most suitable predictive models for estimating future variations through the application of univariate time series models. Exponential smoothing models (simple, Holt-Winters) and ARIMA were employed, with validation performed by splitting the series into training and testing sets. The results indicate that the ETS model (Error, Trend, and Seasonality) demonstrated the best performance, with a MAPE below 7%, while also remaining within the 80% and 95% confidence intervals. Residual analysis confirmed the statistical robustness of the model, although some limitations were associated with the presence of autocorrelation in the initial lags. The monthly data refer to lobster exports from the state of Ceará between 2000 and 2023, given Ceará's leading role in Brazil's export agenda for this resource. The study further highlights that export activity is influenced by external factors, such as illegal fishing and lack of enforcement, which are not fully captured by statistical models. It is concluded that the use of forecasts based on time series can contribute to strategic decision-making and the formulation of public policies, but should be complemented by structural and institutional approaches to ensure the sustainability of the production chain.

Keywords: forecasting, lobster exports, time series.

1. Introdução

A previsão de séries temporais tem se consolidado como uma das ferramentas mais relevantes nas análises econômicas contemporâneas, sobretudo pela sua capacidade de captar padrões históricos e projetar cenários futuros com base em dados observados. A robustez dessas metodologias permite que setores produtivos e governamentais antecipem variações cíclicas,

tendências ou choques estruturais, tornando a previsão um elemento fundamental do planejamento econômico. Diversos setores econômicos, especialmente aqueles ligados à produção e exportação de commodities, têm recorrido com frequência crescente a essa abordagem para subsidiar decisões estratégicas. Diante da volatilidade dos mercados globais e da necessidade de alocação eficiente de recursos, os modelos de séries temporais possibilitam estimativas mais precisas, reduzindo incertezas e promovendo maior racionalidade no processo decisório. Estudos como os de Hyndman e Athanasopoulos (2018) e Camilo et al. (2019) demonstram como o emprego dessas técnicas se intensificou nos últimos anos em diversas frentes da economia aplicada.

No contexto brasileiro, a pesca e a aquicultura representam atividades de grande importância socioeconômica, contribuindo significativamente para o sustento de comunidades litorâneas, a geração de empregos e a balança comercial do país. O Estado do Ceará, em especial, destaca-se nacionalmente na exportação de lagostas, sendo responsável por mais de 50% dos volumes embarcados anualmente segundo dados do Comex Stat analisados por De Alencar, Da Silva Tavares e Cintra (2020). Esse protagonismo, contudo, convive com sérios desafios relacionados à sustentabilidade ambiental e econômica da atividade. A sobrepesca, a pesca ilegal e a ausência de uma fiscalização eficaz são fatores críticos que comprometem a continuidade da produção, afetando tanto os estoques naturais quanto a renda dos pescadores. Ramos, Gomes e Câmara (2023) enfatizam ainda o impacto negativo que a informalidade e a falta de controle exercem sobre a qualidade das exportações, diminuindo a competitividade do produto brasileiro nos mercados internacionais.

Diante desse cenário, a aplicação de modelos de previsão, especialmente os da família ARIMA, bem como os métodos de suavização exponencial, torna-se uma estratégia metodológica central para compreender e antecipar a dinâmica das exportações pesqueiras. Esses modelos, tradicionalmente utilizados em estudos nacionais e internacionais, têm se mostrado eficazes na análise de dados com componentes sazonais e estrutura não estacionária, frequentemente presentes em séries temporais de produção ou exportação de recursos naturais (Mondal, Shit & Goswami, 2014; Ariyo, Adewumi & Ayo, 2014). Em paralelo, a literatura mais recente tem valorizado os modelos ETS (Erro, Tendência e Sazonalidade) pela sua capacidade de lidar com diferentes estruturas de séries temporais sem exigir transformações complexas. Svetunkov, Chen e Boylan (2023) reforçam que esses modelos oferecem uma abordagem parcimoniosa, intuitiva e, ao mesmo tempo, estatisticamente robusta, o que os torna particularmente úteis na modelagem de produtos com forte sazonalidade, como é o caso da lagosta.

Além da dimensão técnica da previsão, a relevância econômica e ambiental da lagosta como produto de exportação exige uma abordagem que articule os métodos econométricos com as especificidades locais e institucionais. O setor pesqueiro brasileiro, embora expressivo em volume, ainda carece de um sistema de governança integrado que garanta sustentabilidade e rastreabilidade dos produtos. Nesse contexto, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2022) tem alertado para os riscos da exploração excessiva de recursos marinhos, recomendando o uso de tecnologias preditivas combinadas com políticas públicas de proteção e regulação ambiental. Tais orientações estão alinhadas à proposta deste estudo, ao sugerir que integrar modelos de previsão com análises estruturais pode gerar informações valiosas tanto para agentes econômicos quanto para formuladores de políticas públicas voltadas à gestão pesqueira sustentável.

Assim, este trabalho parte da premissa de que o uso de séries temporais aplicadas às exportações de lagostas do Ceará, no período de 2000 a 2023, pode oferecer subsídios técnicos relevantes para o aperfeiçoamento da gestão setorial. O objetivo consiste em identificar quais modelos apresentam maior acurácia preditiva, de modo a orientar decisões estratégicas em um ambiente de elevada instabilidade comercial e ambiental. A avaliação comparativa de diferentes técnicas – como os modelos de suavização exponencial simples, Holt-Winters e ETS – foi conduzida com base em métricas estatísticas como o Erro Médio Absoluto Percentual (MAPE), permitindo estabelecer critérios objetivos de escolha. Ao empregar tais ferramentas, espera-se não apenas compreender o comportamento passado das exportações, mas também antecipar possíveis variações futuras, contribuindo para o fortalecimento das capacidades institucionais de planejamento e intervenção.

Em síntese, a integração entre modelos de previsão e análise econômica aplicada configura-se como uma abordagem promissora para o enfrentamento dos desafios do setor pesqueiro no Brasil. A escolha metodológica se mostra adequada diante da disponibilidade de dados, da estrutura das séries temporais e da relevância econômica do produto analisado. A partir disso, este estudo visa colaborar com o debate acadêmico e técnico sobre o uso de métodos quantitativos na formulação de estratégias comerciais, ambientais e institucionais voltadas à sustentabilidade da pesca da lagosta no Estado do Ceará. Ao combinar análise estatística rigorosa com considerações socioambientais e regulatórias, pretende-se oferecer um referencial robusto para futuros trabalhos empíricos e políticas públicas que priorizem a conservação dos estoques marinhos, a valorização do pescado nacional e o bem-estar das comunidades pesqueiras.

Além desta introdução, o artigo está estruturado em quatro seções principais. A segunda seção apresenta os fundamentos teóricos sobre os modelos univariados de séries temporais, com ênfase nos métodos de suavização exponencial e ARIMA, destacando suas aplicações em contextos econômicos. Na terceira seção, descreve-se a metodologia adotada, incluindo a origem dos dados, os procedimentos de modelagem, os critérios de validação e os testes aplicados. A quarta seção contempla a apresentação e discussão dos resultados empíricos, comparando o desempenho dos modelos testados com base em métricas estatísticas e análise residual. Por fim, a quinta seção reúne as considerações finais, nas quais se sintetizam os principais achados do estudo e são indicadas implicações práticas para a gestão da atividade exportadora, bem como sugestões para pesquisas futuras.

2. PREVISÕES PARA O COMÉRCIO DE LAGOSTAS CEARENSES A PARTIR DE TÉCNICAS DE PREVISÃO EXPONENCIAIS E ARIMA: uma revisão da literatura

Essa seção vai tratar da conceituação dos modelos de suavização exponencial simples e modelos ARIMA à luz dos autores que estudaram e aplicaram esses modelos em seus trabalhos. Os modelos conceituados foram usados como objeto de estudo para se chegar ao resultado a partir da base de dados coletados para esse estudo.

2.1 Aplicação de modelos ARIMA e de suavização exponencial em séries temporais: uma abordagem conceitual na literatura

Modelos univariados de séries temporais, como os de suavização exponencial e os autorregressivos integrados de médias móveis (ARIMA), constituem ferramentas fundamentais na previsão econômica, especialmente em contextos voláteis como o do comércio de commodities pesqueiras. Esses modelos são frequentemente utilizados em análises econômicas pela sua capacidade de capturar padrões históricos e projetar valores futuros com relativa precisão, mesmo quando a série exibe tendência ou sazonalidade (Hyndman & Athanasopoulos, 2018; Camilo et al., 2019).

A suavização exponencial, conforme Kalekar et al. (2004), deve ser precedida por uma análise gráfica da série, o que permite identificar seus principais componentes comportamentais. Billah et al. (2006) argumentam que esse método foi inicialmente aplicado sem rigor estatístico, o que motivou o desenvolvimento de técnicas de validação com base na separação da série em amostras de ajuste e de previsão, avaliadas por métricas como o erro percentual médio. Eles também reconhecem que a efetividade do método pode ser condicionada à qualidade dos dados disponíveis. Complementando, Lai et al. (2006) classificam a suavização em três tipos: simples (para séries sem tendência), dupla (para tendências lineares) e Holt-

Winters (para séries sazonais), sendo que este último pode ser implementado com um ou dois parâmetros de suavização.

Taylor e Snyder (2012) destacam a eficácia desses modelos na análise de séries com observações diárias, especialmente pela intuição de sua estrutura. Murat et al. (2016) distinguem dois tipos de modelos: os físico-dinâmicos, utilizados para previsões de longo prazo baseados em leis físicas, e os estatísticos, voltados às previsões de curto prazo, obtidas diretamente das observações. Esses autores ressaltam que o objetivo central da modelagem temporal é a produção de estimativas rigorosas com base em dados históricos. Svetunkov, Chen e Boylan (2023) reforçam essa perspectiva ao reconhecerem a suavização exponencial como uma técnica amplamente consolidada e intuitiva, presente em diversos pacotes estatísticos e apropriada para aplicações operacionais.

No cenário brasileiro, a literatura confirma a relevância das séries temporais em diferentes áreas do conhecimento. Chechi e Bayer (2012) definem séries temporais como observações sucessivas de um evento aleatório, enquanto Provenza (2015) destaca que, dependendo da estrutura da série – tendência, sazonalidade, componente cíclico ou aleatório – modelos simples podem ser mais eficazes do que estruturas complexas. Bastos (2016) apresenta a suavização de Holt e a de Holt-Winters como técnicas apropriadas para séries com tendência e sazonalidade, respectivamente. Thomaz et al. (2018) reforçam a importância dessas técnicas em aplicações práticas, como planejamento de políticas públicas, gestão da saúde e tomada de decisões empresariais, especialmente em ambientes com alta instabilidade e competitividade. Camilo et al. (2019) salientam a necessidade de informações passadas e padrões repetitivos como pré-condição para a aplicação de modelos quantitativos, e Hyndman & Athanasopoulos (2018) apontam os modelos de suavização e ARIMA como os mais robustos em previsões.

O modelo ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), desenvolvido por Box e Jenkins na década de 1970, combina componentes autorregressivos (AR), de média móvel (MA) e de diferenciação (I), permitindo lidar com séries não estacionárias (Valenzuela et al., 2008). A identificação da ordem do modelo (p, d, q) exige uma avaliação criteriosa por meio das funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP). O teste Portmanteau, proposto por Box e Pierce, permite verificar se os resíduos do modelo são ruído branco, condição necessária para sua validade estatística. Entretanto, Al Wadia & Ismail (2011) alertam para a presença de ruídos nas séries – decorrentes de dados incompletos – que prejudicam a identificação de padrões. Essa instabilidade torna as previsões futuras desafiadoras, especialmente em séries com estrutura não estacionária.

Sato (2013) ressalta que o ARIMA busca ajustar os valores simulados à série observada, minimizando os resíduos. Mondal, Shit e Goswami (2014) observam que os modelos ARIMA são amplamente utilizados em áreas como indústria e finanças, dado seu poder de adaptação a diferentes formas de dependência temporal. Esses autores traçam a genealogia do ARIMA a partir dos trabalhos de Yule (1927), Slutsky (1927) e Yagom (1962), que deram origem aos modelos AR e MA. Ariyo, Adewumi e Ayo (2014) reforçam a eficácia do ARIMA para previsões financeiras de curto prazo, destacando que ele combina erros e valores passados de forma linear, sendo competitivo em mercados de alta incerteza. Wadi et al. (2018) apontam a relevância da previsão para decisões de investimento, mas alertam que o modelo perde eficiência em previsões de longo prazo, sendo mais limitado quando comparado a estruturas mais complexas.

Dessa forma, a combinação entre os modelos de suavização exponencial e ARIMA representa um repertório metodológico robusto para a previsão do comportamento das exportações de lagosta do Ceará. A escolha do modelo ideal deve considerar o comportamento estatístico da série, os objetivos analíticos e a acurácia das projeções desejadas, especialmente em um setor tão sensível às variações de mercado e fatores ambientais como o da pesca artesanal e da exportação de recursos marinhos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo adota uma abordagem quantitativa, fundamentada na análise univariada de séries temporais mensais, com o objetivo de modelar e prever o comportamento das exportações de lagosta do Estado do Ceará no período de janeiro de 2000 a março de 2023. Os dados foram obtidos junto à plataforma Comex Stat, que disponibiliza estatísticas oficiais de comércio exterior brasileiro, e foram tratados em valores monetários expressos em dólares americanos. Para estabilizar a variância e aproximar a normalidade da distribuição, os valores foram transformados por meio do logaritmo natural.

3.1. Teste da raiz unitária

A realização do teste de raiz unitária é etapa fundamental na análise de séries temporais, pois permite identificar se a série em questão apresenta ou não estacionaridade – ou seja, se a sua média e variância permanecem constantes ao longo do tempo. A identificação da presença de raiz unitária é crucial para a escolha adequada do modelo de previsão, uma vez que modelos estatísticos como ARIMA ou ETS exigem, em sua formulação, séries estacionárias ou transformadas para esse fim.

Para avaliar a estacionaridade da série de exportações de lagosta, foram aplicados os principais testes estatísticos recomendados na literatura: o Teste de Dickey-Fuller Aumentado

(ADF), o Teste de Elliot, Rothenberg e Stock (ERS), o Teste de Phillips-Perron (PP) e o Teste de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS). Tais procedimentos permitem verificar se a série segue um processo autorregressivo de ordem p e se contém uma raiz unitária, o que implicaria não estacionaridade. A partir dos resultados desses testes, é possível determinar se há necessidade de diferenciação da série para garantir que a estrutura resultante satisfaça os pressupostos de ruído branco, com média zero, variância constante e ausência de autocorrelação serial.

3.2. TRATAMENTO DA SÉRIE

A série temporal foi segmentada em dois subconjuntos: o conjunto de treinamento, compreendendo o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2020, utilizado para estimar os modelos; e o conjunto de teste, de janeiro de 2021 a março de 2023, destinado à validação preditiva. Os modelos avaliados incluíram técnicas de suavização exponencial (Simples, Holt com tendência linear, Holt-Winters aditivo e multiplicativo) e o modelo ETS (Erro, Tendência e Sazonalidade), conforme implementados na função `forecast` da linguagem R.

A seleção do modelo mais adequado foi baseada em critérios de acurácia, com ênfase nas métricas de erro médio absoluto (MAE), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e erro percentual absoluto médio (MAPE). Além disso, foi conduzida análise dos resíduos com base na função de autocorrelação (ACF) e inspeção visual, a fim de avaliar a presença de padrões sistemáticos, autocorrelação e heterocedasticidade. Também foram considerados os intervalos de confiança de 80% e 95% para as previsões geradas.

Por fim, para refinar as estimativas, foi aplicado o modelo CES (Complex Exponential Smoothing), também disponível na estrutura ETS do pacote `forecast`, com o objetivo de reduzir o MAPE a patamares inferiores a 10%. A análise comparativa entre os modelos permitiu identificar aquele com maior aderência à estrutura da série e com maior capacidade preditiva, contribuindo para o diagnóstico do comportamento das exportações lagosteiras e fornecendo subsídios para a tomada de decisão no âmbito da política comercial e da gestão pesqueira.

3.3. Especificação matemática do modelo ETS aditivo (A, A, A)

O modelo que apresentou melhor desempenho na previsão das exportações mensais de lagosta do Estado do Ceará foi o ETS aditivo, pertencente à classe dos modelos de suavização exponencial, conforme estrutura proposta por Hyndman et al. Esse modelo é composto por três componentes principais — nível, tendência e sazonalidade —, todos especificados na forma aditiva, e assume erro igualmente aditivo. A equação de previsão do modelo é dada por:

$$\hat{y}_t = \ell_{t-1} + b_{t-1} + s_{t-m} \quad (4)$$

Em que \hat{y}_t é o valor previsto da série no tempo t ; ℓ_{t-1} é o nível estimado no período anterior; b_{t-1} é a tendência (crescimento) no período anterior; s_{t-m} é o componente sazonal do mesmo período do ciclo anterior (com m representando a periodicidade da sazonalidade, por exemplo, $m=12$ para dados mensais).

A atualização dos componentes segue regras baseadas nos erros estimados. O nível da série é atualizado pela equação $\ell t = \ell t - 1 + b t - 1 + \alpha e t$ e a tendência é atualizada como $b t = b t - 1 + \beta e t$, e o componente sazonal como $s t = s t - m + \gamma e t$ e o termo de erro aditivo é dado por $e t = y t - \hat{y} t$, onde α , β e γ são os parâmetros de suavização, todos restritos ao intervalo $(0,1)$. Essa estrutura permite que o modelo capture flutuações suaves ao redor de um nível crescente e uma sazonalidade com amplitude constante ao longo do tempo, ajustando-se adequadamente à série analisada. A especificação foi determinada automaticamente pelo algoritmo da função `ets()` no software R, sendo identificada como `ETS(A,A,A)`, que apresentou o menor MAPE entre todos os modelos testados, mantendo os resíduos dentro dos limites estatísticos desejáveis.

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

De Alencar, Da Silva Tavares e Cintra (2020), ao analisarem os dados do Comex Stat para o período de 2010 a 2019, evidenciaram a estabilidade do volume das exportações brasileiras de lagosta, que variou entre 4.000 e 6.000 toneladas anuais. Esse volume representou, em termos monetários, uma receita anual entre 60 e 90 milhões de dólares, o que revela a importância estratégica desse produto na pauta de exportações do país. Quando a análise é desagregada por unidade federativa, o Estado do Ceará se sobressai como principal protagonista, sendo responsável por mais da metade do total exportado no período, o que confirma a centralidade da economia lagosteira na região e sua especialização histórica na captura e comercialização desse recurso marinho.

No entanto, essa posição de liderança econômica contrasta com desafios estruturais importantes. Ramos, Gomes e Câmara (2023) chamam atenção para os impactos da pesca ilegal e da sobrepesca, práticas que não apenas comprometem a sustentabilidade do recurso, mas também ameaçam a renda dos próprios pescadores locais. A ausência de fiscalização adequada por parte do Estado tem permitido a continuidade da captura de exemplares que não atendem aos critérios exigidos pelo mercado internacional, prejudicando o valor agregado da mercadoria e sua competitividade. Assim, o cenário que se delinea é de uma cadeia produtiva altamente

relevante, mas fragilizada por práticas extrativistas desordenadas e pela informalidade nas relações comerciais.

Esse contexto institucional e produtivo tem reflexos diretos sobre a dinâmica das exportações ao longo do tempo. O Gráfico 1, ao apresentar o logaritmo natural das exportações mensais de lagosta entre janeiro de 2000 e março de 2023, permite visualizar com clareza a evolução dessa atividade econômica. Entre 2000 e 2009, os valores se mantiveram relativamente estáveis, oscilando entre US\$ 12 e US\$ 16 milhões por ano. Esse padrão coaduna-se com o diagnóstico de De Alencar, Da Silva Tavares e Cintra (2020), que identificaram a consistência da produção lagosteira nesse período. Entretanto, a partir de 2010, observa-se uma inflexão, com quedas que levaram o valor exportado a patamares inferiores a US\$ 8 milhões em determinados momentos, e com ciclos sazonais mais acentuados e irregulares.

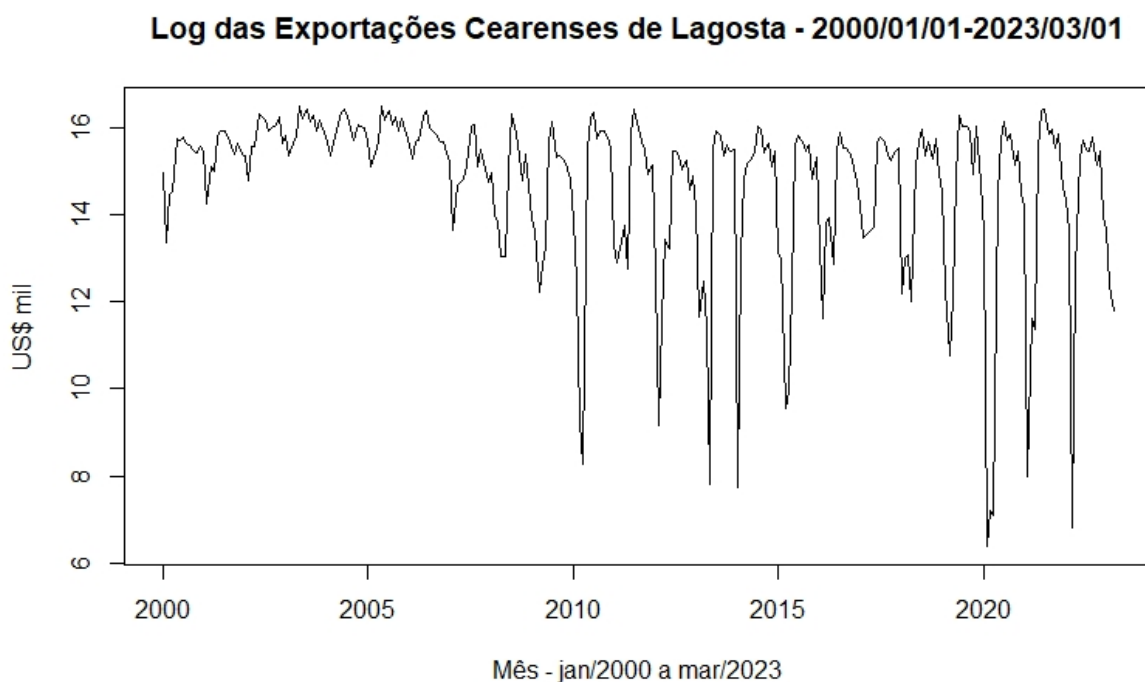
Essas oscilações acentuadas a partir da década de 2010 dialogam diretamente com as preocupações de Ramos, Gomes e Câmara (2023), pois refletem possíveis impactos da intensificação da pesca não regulada e da ausência de políticas públicas eficazes de controle e ordenamento. A elevação na volatilidade dos valores exportados pode ser interpretada como um sintoma da instabilidade institucional e da degradação dos estoques naturais, cujos efeitos se manifestam na forma de sazonalidades abruptas e queda na regularidade da produção. Além disso, os padrões detectados na série reforçam a hipótese de que a atividade está sendo afetada por choques externos não endógenos à cadeia produtiva, como sanções comerciais, variações climáticas ou mudanças nas exigências de mercados compradores.

Diante desse quadro, a interpretação do gráfico não se limita a uma leitura estatística, mas deve ser compreendida à luz do contexto econômico e ambiental analisado na literatura. A consistência do padrão sazonal até 2009 pode ser associada a uma maior estabilidade institucional e melhor organização da cadeia produtiva, enquanto o aumento da irregularidade a partir de 2010 sugere o agravamento dos fatores críticos apontados pelos autores. Nesse sentido, a análise empírica reforça a necessidade de adotar ferramentas de previsão baseadas em séries temporais que incorporem essas variações estruturais, bem como a urgência de políticas integradas que combatam a pesca ilegal e promovam uma gestão sustentável dos recursos.

Portanto, a articulação entre os dados históricos, a análise gráfica e a literatura especializada permite concluir que a atividade de exportação de lagosta no Ceará, embora estratégica, encontra-se em um ponto de inflexão. A queda dos volumes exportados e o aumento da volatilidade não são apenas indicadores estatísticos, mas reflexos de um modelo de exploração que exige reestruturação. A utilização de modelos preditivos pode auxiliar na

antecipação de oscilações futuras, mas seus efeitos práticos só serão maximizados se acompanhados por medidas institucionais voltadas à conservação dos estoques, à formalização das atividades e à valorização da produção artesanal qualificada.

Gráfico 1: Logaritmo natural das exportações de lagostas do Ceará – 2000-2023 (US\$ mil).



Fonte: elaboração do autor a partir de dados do Comex Stat, 2023.

As quedas nos valores exportados de lagosta pelo Ceará, observadas ao longo dos anos mais recentes, podem ser atribuídas a múltiplos fatores estruturais e institucionais. Dentre as causas mais recorrentes, destacam-se a sobrepesca – que reduz significativamente os estoques naturais –, a incidência de práticas ilegais de comercialização, e a adoção de normativas ambientais mais restritivas. Essas regulamentações, embora necessárias para garantir a sustentabilidade do recurso, impõem limitações ao esforço pesqueiro ao restringirem, por exemplo, o número de armadilhas permitidas por embarcação, o período autorizado para a captura e até mesmo a entrada de novos pescadores na atividade. Tais medidas, quando implementadas sem a devida articulação com políticas de apoio e fiscalização, podem resultar em impactos negativos imediatos sobre o volume de produção e, conseqüentemente, sobre as exportações.

No presente estudo, procedeu-se a uma metodologia semelhante à adotada por esses autores, com a divisão da série de exportações de lagosta do Ceará em duas etapas: a base de treinamento contempla o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2020, enquanto a base de

teste refere-se ao intervalo de janeiro de 2021 a março de 2023. O Gráfico II ilustra essa separação, apresentando o logaritmo natural das exportações mensais ao longo de toda a série, permitindo a visualização clara da tendência, da variação sazonal e dos choques externos que impactam o desempenho exportador do estado.

Para a seleção do modelo mais adequado à estrutura da série, foram estimadas quatro variantes da suavização exponencial: o modelo simples, o modelo de Holt com tendência linear, e duas configurações sazonais do modelo Holt-Winters — aditiva e multiplicativa. A escolha final foi guiada por critérios estatísticos de precisão e robustez, considerando o comportamento empírico da série e a capacidade do modelo em capturar variações sazonais marcantes, especialmente após 2010. Essa abordagem metodológica se mostra essencial para oferecer previsões realistas que possam subsidiar estratégias de comercialização, planejamento logístico e formulação de políticas públicas para o setor pesqueiro cearense.

Conforme delineado na literatura, procedeu-se à avaliação empírica de quatro modelos de suavização aplicados à série de exportações de lagosta do Ceará. Os resultados dessa análise encontram-se sintetizados na Tabela 1. O modelo de suavização exponencial simples apresentou o menor erro percentual absoluto médio (MAPE), com valor de 15,7933, evidenciando desempenho superior na previsão da série em questão. O segundo melhor desempenho foi observado no modelo Holt com tendência (HOLT_T), com MAPE de 15,8632. Já os modelos que incorporam sazonalidade – Holt-Winters multiplicativo (HW_MULT) e aditivo (HW_ADIT) – apresentaram desempenhos inferiores, com MAPE de 22,2545 e 24,8450, respectivamente.

Os resultados sugerem que, apesar da presença de padrões sazonais na série, a amplitude dessas variações não comprometeu a eficácia do modelo mais simples, cuja estrutura foi suficiente para captar a dinâmica predominante das exportações mensais. A proximidade entre os resultados dos modelos sem e com tendência reforça a hipótese de que a série apresenta relativa estabilidade em sua trajetória, o que justifica a adoção de estruturas preditivas mais parcimoniosas. Assim, a seleção do modelo de suavização exponencial simples é validada tanto por critérios estatísticos quanto pela consistência com a literatura especializada, conforme discutido por Da Cunha Alves et al. (2019) e Provenza (2015).

Tabela 01: Análise de acurácias das previsões por meio do menor percentual de erro de previsão

Modelos	MAPE
1º Suavização Exponencial Simples - SES	15,79333

Tabela 01: Análise de acurácias das previsões por meio do menor percentual de erro de previsão

2º Holt-Winters com Tendência - HOLT_T	15,86321
3º Holt-Winters Sazonal Multiplicativo - HW_MULT	22,25449
4º Holt-Winters Sazonal Aditivo - HW_ADIT	24,84501

Fonte: elaborado pelo autor a partir do uso do software R

Apesar dos resultados estatisticamente satisfatórios obtidos com os quatro modelos de suavização exponencial testados, os níveis de erro percentual absoluto médio (MAPE) permaneceram acima de um dígito percentual, o que não atende plenamente aos critérios de precisão desejados para fins analíticos e operacionais. Mesmo com o melhor desempenho identificado no modelo de suavização exponencial simples, o grau de erro residual ainda se mostrou elevado para aplicações que requerem maior acurácia na projeção de valores futuros. Dessa forma, tornou-se necessário recorrer a técnicas de modelagem mais sofisticadas, capazes de captar nuances adicionais da estrutura da série e reduzir de forma mais consistente as margens de erro.

Neste sentido, foi aplicada a técnica de previsão conhecida como CES (Complex Exponential Smoothing), uma abordagem que permite modelar dados históricos com elevada flexibilidade estrutural e, ao mesmo tempo, gerar previsões mais robustas. Integrada ao arcabouço dos modelos ETS (Erro, Tendência e Sazonalidade), a função CES, disponibilizada no pacote forecast da linguagem R, apresentou desempenho superior em relação aos modelos previamente avaliados. Como demonstrado na Tabela 2, a utilização do modelo CES resultou em uma redução significativa do MAPE, atingindo níveis abaixo de 10%, o que representa uma melhoria substancial na qualidade preditiva do modelo e maior confiabilidade para a tomada de decisão baseada em projeções.

Tabela 02: (A, N, A) aditivo para erro, nenhum para tendência e aditivo para sazonalidade.

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF1
Training set	-0,04	1,22	0,73	-1,47	6,13	0,90	0,31
AIC	1608,432						
AICc	1610,368						
BIC	1662,072						

Fonte: elaborado pelo autor a partir do uso do software R

Para lidar com as flutuações observadas em séries temporais, é comum a aplicação de técnicas de alisamento, também denominadas métodos de suavização, amplamente utilizadas no contexto da previsão estatística. Esses métodos visam reduzir a variabilidade aleatória da série, permitindo a identificação de padrões estruturais subjacentes, como tendência e

sazonalidade. Entre os métodos mais consolidados encontra-se a classe dos modelos ETS (Erro, Tendência e Sazonalidade), que se insere no arcabouço dos modelos de alisamento exponencial e opera com base na decomposição sistemática da série em três componentes fundamentais: o nível, a tendência e a sazonalidade. A identificação e especificação desses modelos seguem uma estrutura metodológica padronizada, frequentemente referida na literatura como o ETS framework (Araújo, Provenza & Da Serra Costa, 2020).

A aplicação do modelo ETS à série histórica das exportações de lagosta do Ceará revelou desempenho significativamente superior em comparação aos demais modelos avaliados. A precisão da previsão foi mensurada por meio do erro percentual absoluto médio (MAPE), que atingiu o valor de 6,13, situando-se em patamar inferior ao dos modelos anteriormente aplicados. Esse resultado reforça a adequação do modelo ETS à série em análise, tanto pela sua capacidade de captar a estrutura sazonal e de tendência quanto pela sua robustez estatística.

Além da acurácia preditiva evidenciada pelo baixo MAPE, o modelo ETS demonstrou consistência ao longo dos intervalos de confiança estipulados. As previsões geradas mantiveram-se dentro dos limites de 80% e 95% de confiança. Esse desempenho estatístico contribui para validar a escolha do modelo ETS como a estrutura mais apropriada para representar o comportamento da série e para subsidiar projeções futuras com elevado grau de confiabilidade. Esse resultado evidencia a estabilidade do modelo e sua capacidade de produzir estimativas confiáveis dentro de faixas estatisticamente aceitáveis de significância, tanto na banda inferior quanto na superior. A adequação do modelo ETS à série analisada reforça sua robustez preditiva, sobretudo ao lidar com séries econômicas que apresentam padrões sazonais recorrentes e flutuações suaves ao longo do tempo.

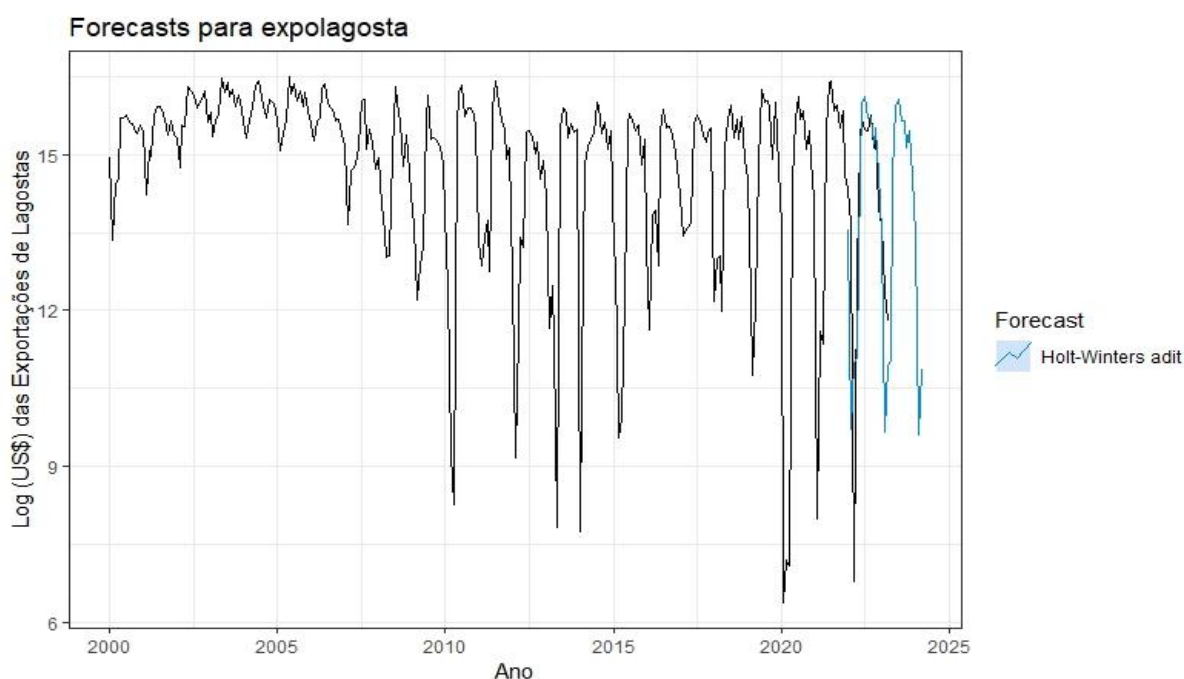
Com o intuito de ampliar a análise preditiva e explorar variações adicionais do método de alisamento exponencial, foi aplicada, no âmbito da função forecast, a versão aditiva do modelo de Holt-Winters. Essa abordagem segue a lógica estrutural do modelo ETS, incorporando simultaneamente os componentes de erro, tendência e sazonalidade, sendo, portanto, classificada como um modelo “triplo”. A escolha da versão aditiva justifica-se pelo comportamento da série, cujas variações sazonais apresentam amplitude aproximadamente constante ao longo do período analisado, o que torna esse modelo particularmente adequado à sua estrutura.

O Gráfico 3 ilustra as previsões obtidas por meio do modelo de Holt-Winters aditivo. A linha preta representa os valores observados das exportações de lagosta até o final de 2021. A partir desse ponto, especificamente desde o início de 2022 até março de 2023, a linha azul

projeta os valores futuros estimados pelo modelo. Observa-se que a trajetória prevista segue de forma contínua e coerente o padrão histórico da série, com variações marginais em relação aos dados efetivamente observados. A proximidade entre as curvas observada e projetada evidencia a capacidade do modelo em capturar a dinâmica da série com elevado grau de aderência.

A comparação visual entre os dados históricos e as projeções confirma que os resultados futuros estimados tendem a reproduzir padrões similares aos já observados em ciclos anteriores da série. Essa estabilidade reforça o potencial do modelo como ferramenta de apoio à tomada de decisão, sobretudo no planejamento estratégico de agentes públicos e privados envolvidos na cadeia produtiva e exportadora da lagosta. Assim, a integração entre modelos ETS e Holt-Winters aditivo permite aprimorar a capacidade preditiva e oferece suporte técnico robusto à antecipação de cenários no curto prazo.

Gráfico 3: log do comportamento das previsões das exportações cearenses de lagostas de janeiro de 2000 a março de 2023 (ETS aditivo).



Fonte: elaboração do autor a partir de dados do Comex State, 2023.

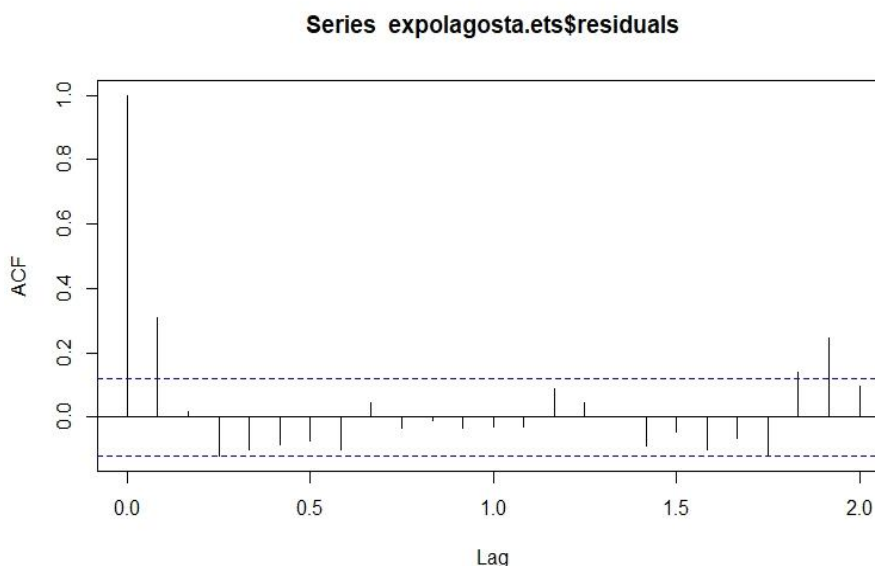
A avaliação do comportamento dos resíduos é uma etapa fundamental na validação de qualquer modelo de previsão, uma vez que fornece evidências sobre a adequação da especificação e a presença ou ausência de padrões sistemáticos não capturados pela modelagem. No presente estudo, o diagnóstico dos resíduos gerados pelo modelo ETS aditivo, aplicado à série temporal das exportações mensais de lagosta do Ceará no período de janeiro de 2000 a março de 2023, revelou um comportamento estatisticamente satisfatório. Os resíduos apresentaram distribuição aproximadamente aleatória em torno de zero, sem autocorrelação

significativa ou estrutura determinística evidente, o que indica que os principais componentes da série — nível, tendência e sazonalidade — foram adequadamente incorporados pelo modelo.

No presente estudo observou-se que, embora a maioria dos lags apresentasse autocorrelações próximas de zero — indicando comportamento aleatório desejável —, alguns lags iniciais demonstraram correlações estatisticamente significativas. A presença de autocorrelação residual sugere que há padrões ainda não capturados pelo modelo, o que pode comprometer sua capacidade preditiva ao introduzir informações sistematicamente não explicadas.

O Gráfico 5 ilustra a função de autocorrelação dos resíduos do modelo ETS aditivo. Observa-se um pico inicial significativo — próximo ao valor 1 —, indicando correlação elevada no primeiro lag, seguido por valores subsequentes que se mantêm próximos de zero, e que, em sua maioria, permanecem dentro dos limites de confiança estatística. Esse comportamento é comum em séries com forte componente de persistência e não necessariamente invalida o modelo, sobretudo quando os resíduos posteriores não apresentam estrutura autocorrelacionada. Ainda assim, tal resultado sugere cautela e a necessidade de consideração de ajustes adicionais caso a estrutura persistente se estenda a mais lags significativos.

Gráfico 5: função de autocorrelação dos resíduos do modelo de previsões das exportações cearenses de lagostas de janeiro de 2000 a março de 2023 (ETS aditivo).



Fonte: elaboração do autor a partir de dados do Comex Stat, 2023.

A análise dos resíduos constitui uma etapa essencial na validação de modelos de séries temporais, uma vez que seu comportamento influencia diretamente a confiabilidade das estimativas e das projeções futuras. De acordo com Jiménez et al. (2023), a avaliação dos resíduos é crucial para evitar a introdução de viés nos parâmetros estimados e nas previsões

geradas pelo modelo. Para que um modelo seja considerado estatisticamente adequado, os resíduos devem satisfazer três condições fundamentais: (i) apresentar distribuição aproximadamente normal, (ii) manter variância constante ao longo do tempo (homocedasticidade) e (iii) não apresentar autocorrelação significativa entre os períodos.

O não atendimento a qualquer um desses pressupostos pode comprometer a validade inferencial do modelo e indicar a presença de especificações inadequadas ou de padrões não capturados na estrutura preditiva. Assim, a análise residual vai além de um procedimento complementar e passa a ser uma exigência metodológica para assegurar a robustez do modelo e a confiabilidade das decisões baseadas em suas projeções. Nesse sentido, a interpretação conjunta das funções de autocorrelação, dos testes de normalidade e da análise de variância dos resíduos permite uma avaliação crítica da qualidade do ajuste e da capacidade explicativa do modelo aplicado à série.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo principal analisar as exportações de lagostas do Estado do Ceará entre os anos de 2000 e 2023, por meio da aplicação de modelos de séries temporais voltados à previsão de curto e médio prazos. A escolha do Ceará como unidade de análise se justifica não apenas pelo seu protagonismo na pauta exportadora nacional dessa commodity, mas também pelas especificidades socioeconômicas e ambientais que caracterizam a cadeia produtiva da lagosta. Nesse sentido, o estudo representa uma contribuição significativa tanto para o campo da econometria aplicada quanto para a discussão sobre sustentabilidade e planejamento estratégico no setor pesqueiro. O uso de dados oficiais do Comex Stat e a combinação de diferentes abordagens metodológicas – como os modelos de suavização exponencial simples, Holt-Winters e ETS – permitiram avaliar, com rigor técnico, a acurácia dos métodos e a capacidade de captura de padrões históricos relevantes.

A análise empírica demonstrou que os modelos de previsão baseados em séries temporais são eficazes na projeção do comportamento futuro das exportações cearenses de lagosta, sobretudo quando considerados elementos como sazonalidade e tendência. Os modelos ETS, em particular, destacaram-se por sua performance superior, atingindo os menores valores de erro percentual absoluto médio (MAPE), inferior a 7%, indicando alto nível de acurácia. Esses achados são coerentes com a literatura internacional recente, que reconhece os modelos ETS como particularmente eficazes para séries com componentes sazonais regulares e ruído estatístico moderado. A estrutura tripla do modelo ETS (Erro, Tendência e Sazonalidade) revelou-se bem ajustada à série analisada, demonstrando consistência estatística também nas métricas de RMSE, MAE e ACF.

Contudo, apesar do bom desempenho dos modelos estatísticos empregados, é necessário reconhecer que as previsões baseadas apenas em séries temporais podem não capturar integralmente os impactos de choques exógenos e fatores estruturais. Elementos como mudanças nas políticas ambientais, restrições regulatórias, flutuações cambiais, crises sanitárias e alterações nos padrões de consumo internacional podem influenciar significativamente a dinâmica das exportações de lagosta, sem que tais efeitos estejam refletidos nos dados históricos. Além disso, aspectos como pesca ilegal, sobrepesca e deficiências na fiscalização representam variáveis latentes que afetam diretamente a sustentabilidade da atividade, conforme salientado por Ramos, Gomes e Câmara (2023). Nesse contexto, sugere-se que análises futuras combinem séries temporais com abordagens estruturais, como modelos VAR com variáveis exógenas ou modelos mistos integrando dados climáticos, institucionais e socioeconômicos.

Do ponto de vista da gestão pública e da formulação de políticas públicas, os resultados obtidos neste trabalho reforçam a importância da previsão como ferramenta estratégica para o planejamento da produção e comercialização de produtos pesqueiros. A identificação de padrões sazonais e a estimativa antecipada de flutuações nas exportações podem subsidiar ações preventivas, tanto por parte do setor produtivo quanto das autoridades ambientais e econômicas. Políticas públicas mais eficazes no combate à pesca predatória, na capacitação dos pescadores e no incentivo à rastreabilidade dos produtos devem ser orientadas com base em evidências empíricas sólidas, como as que este estudo oferece. Além disso, iniciativas que promovam a certificação ambiental e o acesso a mercados com maior valor agregado podem contribuir para a valorização da lagosta brasileira e a estabilidade dos fluxos de exportação.

A sustentabilidade da pesca de lagosta exige, portanto, uma abordagem multidimensional, que vá além da modelagem estatística e inclua variáveis institucionais, ecológicas e sociais. A literatura internacional, incluindo organizações como a FAO (2022), tem destacado a necessidade de uma governança mais eficiente dos recursos marinhos, integrando previsões quantitativas com políticas de manejo adaptativo. Neste sentido, estudos como o presente contribuem não apenas para a compreensão da dinâmica comercial de um produto estratégico, mas também para a construção de um arcabouço técnico capaz de orientar decisões sustentáveis. O equilíbrio entre a conservação dos estoques naturais e a rentabilidade da cadeia produtiva é uma condição essencial para a continuidade da atividade e para a segurança econômica das comunidades litorâneas envolvidas na pesca artesanal.

Por fim, este trabalho reforça o potencial analítico dos modelos de séries temporais para o monitoramento de variáveis econômicas sensíveis, especialmente no contexto das

exportações brasileiras de pescados. O Ceará, como principal exportador nacional de lagosta, configura-se como estudo de caso relevante para futuras investigações que queiram aprofundar a análise do setor pesqueiro em perspectiva temporal e espacial. Recomenda-se, para futuras pesquisas, a ampliação do escopo analítico por meio da inclusão de variáveis explicativas externas, como preços internacionais, políticas de subsídio, indicadores climáticos e dados de esforço pesqueiro. Com isso, será possível elevar o grau de sofisticação das previsões e contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais resilientes, eficientes e ambientalmente responsáveis na gestão da pesca da lagosta no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL WADIA, M. T. I. S.; ISMAIL, M. Tahir. Selecting wavelet transforms model in forecasting financial time series data based on ARIMA model. *Applied Mathematical Sciences*, v. 5, n. 7, p. 315-326, 2011.

ARAÚJO, Emerson Gonçalves; PROVENZA, Marcello Montillo; DA SERRA COSTA, José Fabiano. Uso de modelos estatísticos e previsão da violência letal no estado do Rio de Janeiro.

ARÊDES, A. F. de; PEREIRA, Matheus Wemerson Gomes. Potencialidade da utilização de modelos de séries temporais na previsão do preço do trigo no estado do Paraná. *Revista de Economia Agrícola*, v. 55, n. 1, p. 63-76, 2008.

ARIYO, A. A.; ADEWUMI, A. O.; AYO, C. K. Stock price prediction using the ARIMA model. In: UKSIM-AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation, 2014. Proceedings. IEEE, p. 106-112, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/UKSim.2014.67>.

ADEBIYI, A. A.; ADEWUMI, A. O.; AYO, C. K. Stock price prediction using the ARIMA model. In: UKSIM-AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation. IEEE, p. 106-112, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/UKSim.2014.67>.

BASTOS, Lituânia Albuquerque. Exportação do pescado no estado do Ceará. 2006.

BASTOS, Ricardo Fagundes. Avaliação de desempenho de modelos de séries temporais para previsões da produção de óleo diesel nacional. *Simpósio de Pesquisa Operacional & Logística da Marinha (SPOLM)*, v. 18, 2016.

BAYER, Débora Missio; CASTRO, Nilza Maria dos Reis; BAYER, Fernando Mariano. Modelagem e previsão de vazões médias mensais do rio Potiribu utilizando modelos de séries temporais. *RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 2, p. 229-239, abr./jun. 2012.

BAYER, Fábio Mariano. Wavelets e modelos tradicionais de previsão: um estudo comparativo. *Rev. Bras. Biom.*, v. 28, n. 2, p. 40-61, 2010.

BILLAH, Baki et al. Exponential smoothing model selection for forecasting. *International Journal of Forecasting*, v. 22, n. 2, p. 239-247, 2006.

BRESSAN, Aureliano Angel. Tomada de decisão em futuros agropecuários com modelos de previsão de séries temporais. *RAE Eletrônica*, v. 3, 2004.

BROWN, R. G. *Statistical forecasting for inventory control*. New York: McGraw-Hill, 1959.

CAMILO, Gustavo Inocencio et al. Avaliação da precisão dos métodos ARIMA, suavização exponencial e redes neurais na previsão de séries temporais anuais brasileiras. 2019.

CASTRO, Miguel Angel Rivera et al. Causalidade entre petróleo, câmbio e commodities energéticas: abordagem com vetores auto-regressivos (VAR). Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade, v. 8, n. 3, p. 38-57, 2018.

CHECHI, Leonardo; BAYER, Fábio M. Modelos univariados de séries temporais para previsão das temperaturas médias mensais de Erechim, RS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, p. 1321-1329, 2012.

DA CUNHA ALVES, Custodio et al. Aplicação de métodos estatísticos com suavização exponencial dupla e tripla para previsão de demanda na gestão de estoques. Revista Produção Online, v. 19, n. 3, p. 1001-1026, 2019.

DE ALENCAR, Carlos Alexandre Gomes; DA SILVA TAVARES, Larissa; CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto. Estado atual das exportações de lagostas no Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 8, p. e312985804-e312985804, 2020.

FAO. O estado da pesca e aquicultura mundial 2012. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Roma, 2012.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. Forecasting: principles and practice. 2. ed. OTexts, 2018. Disponível em: <https://otexts.com/fpp2>. Acesso em: [coloque a data de acesso].

JIMÉNEZ, Leidy Bibiana Merchan et al. Impactos de la tasa representativa de mercado empleando modelos estadísticos, estudio sectorial. Sociedad y Economía, n. 49, p. e10512155-e10512155, 2023.

KALEKAR, Prajakta S. et al. Previsão de séries temporais utilizando suavização exponencial Holt-Winters. Escola de Tecnologia da Informação Kanwal Rekhi, v. 4329008, n. 13, p. 1-13, 2004.

LAI, Kin Keung et al. Hybridizing exponential smoothing and neural network for financial time series predication. In: Computational Science–ICCS 2006: 6th International Conference, Reading, UK, May 28-31, 2006, Proceedings, Part IV 6. Springer Berlin Heidelberg, 2006. p. 493-500.

MONDAL, Prapanna; SHIT, Labani; GOSWAMI, Saptarsi. Study of effectiveness of time series modeling (ARIMA) in forecasting stock prices. International Journal of Computer Science, Engineering and Applications, v. 4, n. 2, p. 13, 2014.

MONDAL, P.; SHIT, L.; GOSWAMI, S. Study of effectiveness of time series modeling (ARIMA) in forecasting stock prices. International Journal of Computer Science, Engineering and Applications, v. 4, n. 2, p. 13-21, 2014.

MURAT, Małgorzata et al. Statistical modelling of agrometeorological time series by exponential smoothing. International Agrophysics, v. 30, n. 1, 2016.

PROVENZA, Marcello Montillo. Análise e previsão de séries temporais do homicídio doloso no Rio de Janeiro. Cadernos de Estudos Sociais e Políticos, v. 4, n. 7, p. 63-83, 2015.

RAMOS, Alan Robson Alexandrino; GOMES, Rodrigo Carneiro; CÂMARA, Miller Holanda. Insustentabilidade da pesca da lagosta no estado do Ceará. Contribuciones a las Ciencias Sociales, v. 16, n. 8, p. 8748-8768, 2023.

SATO, Renato Cesar. Disease management with ARIMA model in time series. Einstein (Sao Paulo), v. 11, p. 128-131, 2013.

SCHÄFFER, Adriana L.; DOBBINS, Timóteo A.; PEARSON, Sallie-Anne. Análise de séries temporais interrompidas utilizando modelos de média móvel integrada autorregressiva (ARIMA): um guia para avaliação de intervenções em saúde em larga escala. BMC Metodologia de Pesquisa Médica, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2021.

SILVA, Martin D. et al. Sustentabilidade e frutos do mar globais. *Ciência*, v. 327, n. 5967, p. 784-786, 2010.

SOUZA, Francisca Mendonça; SOUZA, Adriano Mendonça; LOPES, Luis Felipe Dias. Previsão da demanda de leitos hospitalares por meio da análise de séries temporais. *Ciência e Natura*, v. 31, n. 1, p. 33-47, 2009.

SVETUNKOV, Ivan; CHEN, Huijing; BOYLAN, João E. Uma nova taxonomia para suavização exponencial vetorial e sua aplicação em séries temporais sazonais. *Revista Europeia de Pesquisa Operacional*, v. 304, n. 3, p. 964-980, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.04.040>.

TAYLOR, James W.; SNYDER, Ralph D. Forecasting intraday time series with multiple seasonal cycles using parsimonious seasonal exponential smoothing. *Omega*, v. 40, n. 6, p. 748-757, 2012.

THOMAZ, Paulo Siga et al. O uso de métodos de suavização exponencial na modelagem de séries temporais sem sazonalidade. *RETec-Revista de Tecnologias*, v. 11, n. 3, 2018.

VALENZUELA, Olga et al. Hybridization of intelligent techniques and ARIMA models for time series prediction. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 159, n. 7, p. 821-845, 2008.

WADI, S. A. L. et al. Predicting closed price time series data using ARIMA model. *Modern Applied Science*, v. 12, n. 11, p. 181-185, 2018.

XAVIER, Clésio Lourenço; VIANA, Francisca Diana Ferreira. Inserção externa e competitividade dos estados da região Nordeste do Brasil no período 1995-2004. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 36, n. 3, p. 456-469, 2005.

XAVIER, Jorge Manuel Nunes. Análise e previsão de séries temporais com modelos ARIMA e análise espectral singular. 2016. Tese (Doutorado) — 2016.