

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
FACULDADE DE ECONOMIA

LAURA CHERMONT WAROL PEREIRA PIMENTEL

MODELO DE PREVISÃO PARA A EXPORTAÇÃO DO FARELO DE SOJA
BRASILEIRO

Juiz de Fora
2023

LAURA CHERMONT WAROL PEREIRA PIMENTEL

**MODELO DE PREVISÃO PARA A EXPORTAÇÃO DO FARELO DE SOJA
BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, como pré-requisito para obtenção de título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Alexandre Zanini

**Juiz de Fora
2023**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C. W. P. Pimentel, Laura.
MODELO DE PREVISÃO PARA A EXPORTAÇÃO DO
FARELO DE SOJA BRASILEIRO / Laura C. W. P. Pimentel.
-- 2023.
44 p.

Orientador: Alexandre Zanini
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de
Economia, 2023.

1. Soja. 2. Exportação. 3. Modelos de previsão
. 4. Séries temporais . I. Zanini, Alexandre, orient.
II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

FACULDADE DE ECONOMIA / UFJF

ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)

Na data de 05/12/2023, a Banca Examinadora, composta pelos professores

1 – Alexandre Zanini - orientador; e

2 – Cláudio Roberto Fóffano Vasconcelos,

reuniu-se para avaliar a monografia da acadêmica **LAURA CHERMONT WAROL PEREIRA PIMENTEL**, intitulada: **MODELO DE PREVISÃO PARA A EXPORTAÇÃO DO FARELO DE SOJA BRASILEIRO**.

Após primeira avaliação, resolveu a Banca sugerir alterações ao texto apresentado, conforme relatório sintetizado pelo orientador. A Banca, delegando ao orientador a observância das alterações propostas, resolveu **APROVAR** a referida monografia.

ASSINATURA ELETRÔNICA DOS PROFESSORES AVALIADORES



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Zanini, Professor(a)**, em 05/12/2023, às 19:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Claudio Roberto Foffano Vasconcelos, Professor(a)**, em 05/12/2023, às 20:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1612133** e o código CRC **68415AA9**.

RESUMO

O presente trabalho tem como foco a soja brasileira, buscando entender as principais características que tornam essa commodity tão relevante para a economia. O objetivo principal é tentar prever como se comportará a exportação do farelo de soja até o ano de 2027. Por meio do levantamento da série histórica desse produto e utilizando o Método de Amortecimento Exponencial, foram traçados possíveis resultados para suas exportações. Através do estudo, espera-se que os resultados alcançados sirvam de base para que diferentes setores da economia possam tomar decisões mais estratégicas além de estimular maiores investigações a respeito do farelo de soja brasileiro.

Palavras-Chave: soja, modelos de previsão, séries temporais

ABSTRACT

This work focuses on Brazilian soybeans, seeking to understand the main characteristics that make this commodity so relevant to the economy. The main objective is to try to predict how the export of soybean meal will behave until the year 2027. By surveying the historical series of this product and using the Exponential Damping Method, possible results for its exports were outlined. Through the study, it is expected that the results achieved will serve as a basis for different sectors of the economy to make more strategic decisions in addition to stimulating further investigations into Brazilian soybean meal.

Keywords: soybeans, forecasting models, time series

AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico esse trabalho aos meus pais, Temujin e Adriana, sem eles nada disso seria possível. À minha irmã Letícia e aos meus avós que, mesmo à distância, se fizeram presentes e me apoiaram a todo instante.

Eternamente grata àqueles que tornaram Minas Gerais meu novo lar: Bruna, Débora, Júlia, Lara, Lívia, Maria Eduarda, Núbia, Ricardo e Victória, sem vocês essa jornada teria sido muito mais desafiadora e tenho muita sorte por nossos caminhos terem se cruzado.

Agradeço ao meu orientador, Alexandre Zanini, que me apoiou e me direcionou para o melhor caminho.

Por último, agradeço a todos os professores da Economia UFJF que em nossa convivência tanto me ensinaram.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Principais Destinos e Usos da Soja Brasileira em 2022	16
Figura 2 - Evolução da Produção, Exportação e Processamento de Soja e Relação Exportação/Produção (%).....	17
Figura 3 - Exportações Soja 2023/24	18
Figura 4 - Exportações do Complexo De Soja (US\$ 1.000).....	19
Figura 5- Exportação por UF.....	20
Figura 6 - Exportações do Complexo de Soja (milhões de US\$).....	20
Figura 7 - Procedimento De Out-Of-Sample Rolling Evaluation	35
Figura 8 - Exportação do Farelo de Soja (1980 a 2022).....	37
Figura 9 - Função de Autocorrelação dos Erros (ACF Erro)	39
Figura 10 - Histórico, Valor Ajustado e Previsões da Exportação do Farelo de Soja.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo de Área, Produtividade e Produção de Soja	18
Tabela 2 - Parâmetros e Hiperparâmetros do Método de Amortecimento Exponencial	38
Tabela 3 - Desempenho Preditivo (%)	39
Tabela 4 - Previsão de Exportação do Farelo de Soja (ton)	40
Tabela 5 - Variação Anual das Previsões	41
Tabela 6 - Comparação Entre Previsões (ton)	42

LISTA DE SIGLAS

ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ACF	Função de Autocorrelação de Série Temporal
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FPW	Software Forecast Pro for Windows
IBRE	Instituto Brasileiro de Economia
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
MAD	Erro Médio Absoluto
MAE	Método de Amortecimento Exponencial
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MAPE	Erro Médio Absoluto Percentual
MBJ	Metodologia Univariada de Box e Jenkins
NC	Nível de Confiança
R ² AJUSTADO	Coefficiente de Explicação Ajustado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	COMMODITIES.....	13
2.1	COMMODITIES AGRÍCOLAS.....	13
2.2	SOJA.....	14
2.2.1	HISTÓRICO.....	14
2.2.2	UTILIZAÇÃO.....	15
2.2.3	SOJA EM NÚMEROS.....	17
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
4	METODOLOGIA.....	23
4.1	MÉTODO DE AMORTECIMENTO EXPONENCIAL.....	23
4.1.1	MODELO DE HOLT-2PARÂMETROS.....	26
4.1.2	MODELO DE HOLT-WINTERS.....	27
4.1.3	EQUAÇÕES DE PREVISÕES.....	29
4.2	MODELO BOX & JENKINS.....	30
4.2.1	METODOLOGIA DE ANÁLISE.....	32
4.2.2	MODELOS SARIMA.....	33
4.3	COMPETIÇÃO DE MÉTODOS.....	34
5	ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS.....	37
5.1	BASE DE DADOS E JUSTIFICATIVA.....	37
5.2	EQUAÇÕES DE PREVISÃO.....	38
5.3	PREVISÃO.....	40
5.3.1	COMPARAÇÃO ENTRE PREVISÕES.....	42
6	CONCLUSÃO.....	43
	REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A exportação de matérias-primas brasileiras possui raízes históricas que impactam até hoje na organização econômica do país. Desde seu processo de colonização, a economia brasileira se viu condicionada a enviar as riquezas internas para fora e, nesse contexto, as commodities atuam até os dias de hoje como protagonistas na pauta de exportação. Elas são responsáveis por movimentar um grande contingente monetário, de mão-de-obra e infraestrutura e sua exportação garante grande impacto no PIB brasileiro. Para se ter uma ideia de sua atual importância, no primeiro semestre de 2023, segundo dados do Instituto Brasileiro de Economia (FGV IBRE, 2023), as commodities representaram 69% das exportações do país e os “principais produtos exportados foram de 20,2% (soja em grão), 11,3% (petróleo bruto), 8,2% (minério de ferro), 3,7% (farelo de soja), 3,2% (óleos combustíveis) e 3,2% (açúcar e melações). Esses 6 produtos explicaram 49,8% das exportações brasileiras.”

Observando os dados, é possível notar a relevância do complexo de soja dentro da pauta de exportações brasileiras. Diante deste cenário e com a recente ascensão da importância do farelo de soja, torna-se interessante analisar essa commodity dentro da economia e questionar-se: como irão se comportar as exportações de soja daqui a 5 anos? Buscando responder essa pergunta, o trabalho tem como objetivo geral prever o comportamento das exportações de farelo de soja no Brasil. Essa previsão vai muito além de números, como citado por Souza et al. (2010): “A análise de dados agrícolas por meio do uso de projeções é um instrumento que permite identificar possíveis trajetórias para fundamentar planejamentos estratégicos governamentais, além de estruturar visões de futuro do complexo de soja.” Além disso, os resultados obtidos na previsão serão comparados com os dados divulgados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária, trazendo uma maior análise e diferentes visões sobre o futuro recente dessas exportações.

Além das previsões, o trabalho também tem como objetivo aprofundar o estudo da trajetória da soja em solo brasileiro, demonstrando seu histórico, utilização, principais características e impactos sociais e econômicos.

O trabalho está dividido em 5 seções, sendo a primeira a introdução, seguido pelo segundo capítulo que aborda sobre as commodities e mais especificamente sobre a soja. No terceiro capítulo é realizada uma revisão da literatura no qual outros trabalhos sobre previsão das

exportações de soja são analisados. Na quarta seção é apresentada a metodologia, na quinta seção a análise de dados e resultados e por último a conclusão.

2 COMMODITIES

De origem inglesa a palavra “commodity” significa mercadoria. Ela é, por definição, “matéria-prima ou mercadoria primária produzida em grande quantidade, cujo preço é regulado pela oferta e pela procura internacionais e não varia muito consoante a origem ou a qualidade” (COMMODITY, 2023). Pela classificação adotada por Bresser-Pereira e Marconi (2007), commodities podem ser divididos em três classes principais: produtos agrícolas, minerais e energia.

De acordo com Souza e Veríssimo (2013), a partir da década de 2000 esse tipo de produto passou a apresentar um papel significativo na economia brasileira, principalmente na pauta de exportações, em um cenário de elevação dos preços nos mercados internacionais e um crescimento da participação das commodities no saldo comercial. Nesse contexto, vem ocorrendo uma onda de especialização das exportações brasileiras em produtos advindos de recursos naturais.

No ano de 2023, segundo dados do Comex Stat (2023), os principais produtos na pauta de exportações brasileiras até outubro foram a soja, óleos brutos de petróleo, minério de ferro, açúcares e melãos e milho. Observando os dados exibidos pelo Comex Stat (2023), é notória a importância e representatividade dos produtos agrícolas na pauta de exportações de commodities, representando 3/5 das principais mercadorias exportadas. Logo, foram as commodities agrícolas as escolhidas para análise no presente trabalho.

2.1 COMMODITIES AGRÍCOLAS

Desde o século XVI, com a chegada dos portugueses nas terras hoje conhecidas como Brasil, o país teve como sua principal fonte de riqueza a exportação de recursos naturais (QUEIROZ, 2016). Com o passar dos anos, essa exploração se intensificou e acarreta até os dias de hoje no que é conhecido como o modelo agroexportador. Recentemente, já nos séculos XX e XXI, este modelo se consolidou política e economicamente impactando diretamente no desenvolvimento e crescimento econômico brasileiro (SILVESTRE, 2022).

Como citado por Derani e Scholz (2017) “Hoje a agricultura é vista como um ramo de produção não diferente de uma indústria, na qual o Brasil é um expoente em produção e exportação de produtos agrícolas”. A agricultura se transformou no agronegócio e é por meio dele que essa área tem se tornado tão relevante para a economia, a sociedade e tem moldado a forma como o país funciona.

A produção agrícola brasileira vivenciou diversos ciclos de desenvolvimento, iniciando com pau-brasil, posteriormente o açúcar, o cacau, o café e a borracha. Atualmente, a principal figura da agricultura brasileira é a soja, nas palavras de Dall’Agnol (2016) “o agronegócio brasileiro é um dos mais dinâmicos e eficientes do mundo. A mudança de status do Brasil na produção de alimentos começou na década de 1970, tendo a soja como motor dessa transformação.” De acordo com o Boletim do Comércio Exterior do Agronegócio, produzido pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA (2022), “o principal produto da pauta exportadora do agronegócio brasileiro no ano de 2022 foi a soja em grãos, que teve participação de 29,3%, ao atingir um valor de US\$ 46,7 bilhões o que representa uma elevação de 20,8% em relação a 2021”.

2.2 SOJA

2.2.1 HISTÓRICO

A soja é uma oleaginosa típica de países temperados que foi amplamente difundida nos países tropicais (CAMPEÃO et al. 2020). Trazida ao Brasil pelos Estados Unidos, chegou primeiramente ao estado da Bahia, no ano de 1882, mas não se adaptou às condições de baixa latitude do local. Posteriormente, foi estabelecida uma produção no sul do país, local no qual o clima se assemelhava ao norte americano e onde o plantio surtiu efeito (DALL'AGNOL, A. et al. 2007).

De acordo com Campeão et al. (2020) a produção de soja surgiu na década de 1930, com um grande enfoque no abastecimento da suinocultura, se tornando mais significativa após a Segunda Guerra Mundial, quando passou a ser utilizada na fabricação de óleos e rações comestíveis.

Segundo Dall’Agnol (2016), foi no ano de 1949 que o Brasil, mesmo com baixa produção, apareceu pela primeira vez como produtor de soja nas estatísticas internacionais, durante esse período que se descobriu o grande potencial produtor das terras brasileiras. Nas décadas de 1950 e 1960 a política de incentivo ao trigo acabou por incentivar também o plantio e produção da soja. Os anos de 1970 podem ser considerados aqueles em que houve a consolidação da soja como a principal lavoura brasileira devido aos aumentos de área e produção e principalmente a elevação do preço da commodity no mercado mundial. Nesse período, os produtores sulistas encontravam dificuldades para ampliar as terras agricultáveis e

assim, após mudanças genéticas no tipo de soja, a produção migrou para o centro-oeste brasileiro, que iniciou sua grande alavancagem como produtor de soja.

Pela visão de Hirakuri e Lazzarotto (2014) a expansão da soja principalmente nas décadas de 1970 e 1980 ocorreu devido a três principais fatores i) mercado favorável; ii) políticas de incentivo à agroindústria brasileira e iii) surgimento e consolidação de uma cadeia produtiva. Além disso, foi nessa época que ocorreu a criação da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e posteriormente a Embrapa Soja, o que demonstra o impacto do investimento público para o avanço de pesquisas e desenvolvimento do plantio da soja (DALL'AGNOL, 2016).

Segundo Dall'Agnol (2016): “A soja constitui um marco no processo do desenvolvimento agroindustrial do Brasil. Sua influência é tão profunda, que é possível dividir esse processo em duas fases: antes (agricultura de subsistência) e depois da soja (agricultura empresarial).”

2.2.2 UTILIZAÇÃO

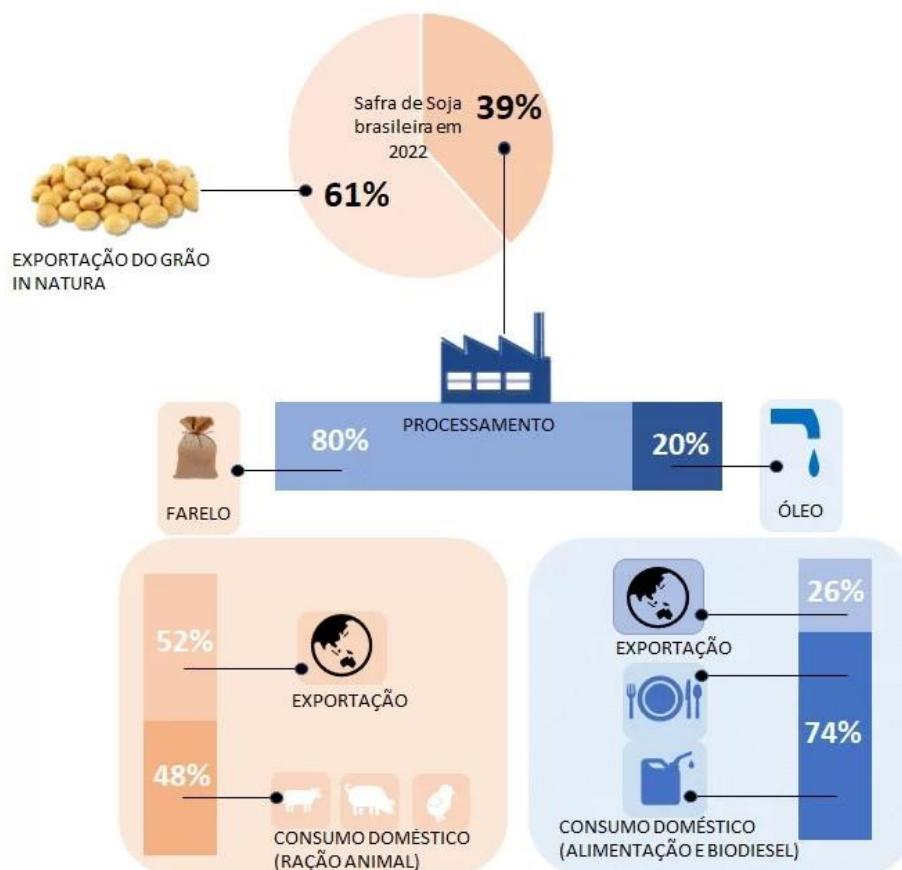
A soja é responsável por uma movimentação massiva da economia brasileira, uma vez que abrange e fomenta diferentes agentes e setores como empresas, fornecedores de insumos, indústrias, produtores rurais, entre outros. É uma importante fonte de proteína vegetal, sendo relevante principalmente para atender às demandas de setores ligados a produtos de origem animal (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014). Além disso, também tem papel relevante no setor de biocombustíveis impactando tanto o setor de agronegócio quanto a indústria de biodiesel (SILVA, 2021). Ainda, de acordo com dados do relatório realizado pela Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) e pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) (2023), o complexo de soja possui grande relevância na geração de empregos no Brasil. No ano de 2022, cerca de 2,05 milhões da população ocupada atuava em algum ponto da cadeia de soja e biodiesel brasileiro, número que representa um aumento de 80% quando comparado aos dados de 2012.

Atualmente, a soja em grãos é o produto do complexo de soja com a maior representatividade na pauta de exportações (CEPEA, 2023). Isso ocorre por diferentes fatores, o primeiro deles é devido a lei complementar N. 87, de 13 de setembro de 1996 (Lei Kandir, 1996), que estipula que “os produtos primários exportados de origem agrícola são isentos do imposto estadual sobre circulação de mercadorias, o ICMS. Os produtos processados internamente não o são, e quando exportados podem adquirir créditos a serem utilizados

posteriormente.”, essa burocracia desestimula a exportação de produtos processados, como é o caso da soja em farelo e óleo.” Ademais, muitos países importadores dão preferência à compra de produtos primários (como soja em grãos) para processá-los internamente, gerando empregos, como é o caso da China, recentemente.” (CONTINI et al, 2018). Válido ressaltar que a China é o maior parceiro comercial do agronegócio brasileiro, responsável por 37% das exportações do setor e por 69% das exportações da soja em grãos (CEPEA, 2023).

Observando a Figura 1 presente no texto de Boschiero (2023) e elaborada por Agroadvance (2023) com dados coletados da ABVIOVE, é possível notar os principais destinos e utilizações da soja produzida no Brasil no ano de 2022.

Figura 1- Principais Destinos e Usos da Soja Brasileira em 2022



Fonte: Agroadvance (2023).

Apesar da grande representatividade da soja em grãos na pauta de exportações, o processamento da soja vem ganhando grande importância e mobilizando um maior número de setores da economia. Zemolin (2013) cita que a grande importância da soja no mercado mundial

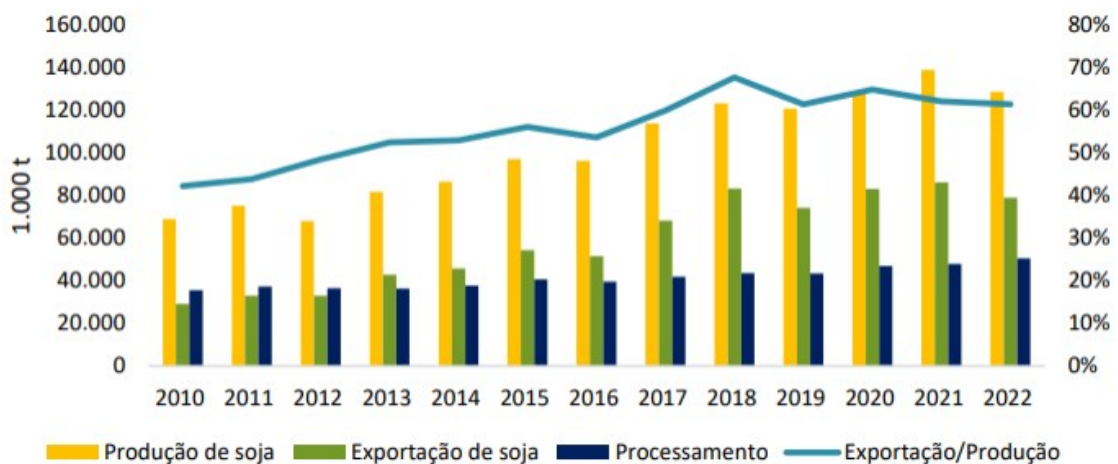
se dá principalmente devido ao crescimento do mercado de farelo de soja no pós-guerra. Para o autor, “O farelo de soja tornou-se uma fonte de proteína de forte aceitação, conquistando seu maior espaço na produção de rações para consumo animal”, ou seja, a soja que é processada se transforma principalmente em farelo e este tem como destino a exportação para outros países assim como para se tornar ração animal. De acordo com Zamberlan et al. (2013) “A soja é a principal fonte de proteína para o mercado de nutrição animal, tendo uma relação direta de sua produção com a produção de carnes no mercado mundial”, fato que acaba impactando outros setores da economia, como o preço das carnes por exemplo.

2.2.3 SOJA EM NÚMEROS

2.2.3.1 Evolução e Produtividade

A figura 2 abaixo, presente no relatório produzido em conjunto pela CEPEA e ABIOVE (2023), demonstra a Evolução da produção, exportação e processamento de soja em 1000 toneladas e a relação da produção/exportação em porcentagem entre os anos 2010 e 2022. Nele, é possível observar que no ano de 2010, aproximadamente 42% da soja produzida foi exportada, já em 2022 esse número alcançou os 61,5%.

Figura 2 - Evolução da Produção, Exportação e Processamento de Soja e Relação Exportação/Produção (%)



Fonte: Retirado do relatório: Cadeia da soja e do biodiesel: PIB, empregos e comércio exterior – Primeiros Resultados e metodologia. Abiove/CEPEA (2023)

De acordo com dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB,2023), trazendo um comparativo de área, produtividade e produção da safra de soja

brasileira de 2022/23 e 2023/24, observa-se uma variação positiva de 2,8%, uma variação de 2,2% na produtividade e um aumento de 5,1% na produção em relação à safra passada. Os dados retirados do relatório podem ser visualizados na tabela 1 abaixo e divide o Brasil em suas duas principais macrorregiões:

Tabela 1 - Comparativo de Área, Produtividade e Produção de Soja

Região	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 22/23	Safra 23/24	VAR. %	Safra 22/23	Safra 23/24	VAR. %	Safra 22/23	Safra 23/24	VAR. %
	(a)	(b)	(b/a)	(c)	(d)	(d/c)	(e)	(f)	(f/e)
NORTE/NORDESTE	7.029,4	7.546,7	7,4	3.608	3.445	(4,5)	25.363,0	25.997,5	2,5
CENTRO-SUL	37.050,4	37.635,6	1,6	3.488	3.614	3,6	129.242,9	136.005,9	5,2
BRASIL	44.079,8	45.182,3	2,5	3.507	3.586	2,2	154.605,9	162.003,4	4,8

Fonte: Produção própria com base nos dados da CONAB (2023)

Com os dados visíveis na tabela 1, é possível notar a crescente da soja em relação a área, produtividade e produção. Fato que apoia a ideia da importância dessa commodity e que embasa o fato dela ainda possuir grande espaço para crescimento dentro da economia

2.2.3.2 Exportação

Observando as exportações de soja e por meio de dados fornecidos pela Comex Stat (2023), é possível analisar a exportação na safra de 2023/24 sob diversos cenários. Na figura 3 abaixo, tem-se a análise do complexo de soja como um todo. Nota-se o crescimento de 10,7% em milhões de dólares quando comparado à safra anterior. Além disso, a produção aumentou em 24,9% e apenas o preço teve queda de 16,7% que segundo MAPA (2023) ocorreu

Figura 3 - Exportações Soja 2023/24

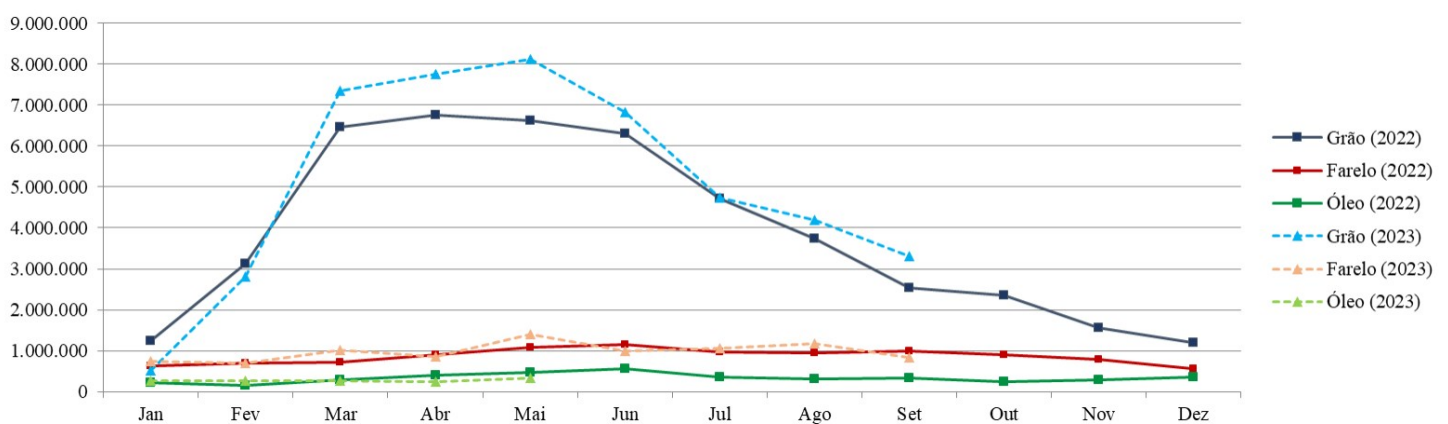


Fonte: Comex Stat (2023)

em diversos tipos de grãos devido aos conflitos no leste Europeu, além dos elevados custos de produção.

Na figura 4 a seguir, retirada do relatório produzido pela ABIOVE (2023) e com dados do Ministério da Economia, apresenta-se um comparativo da trajetória do complexo de soja entre os anos de 2022 e 2023. Por meio dele, é possível observar a grande tendência da soja em grãos e a sazonalidade mensal dessa commodity.

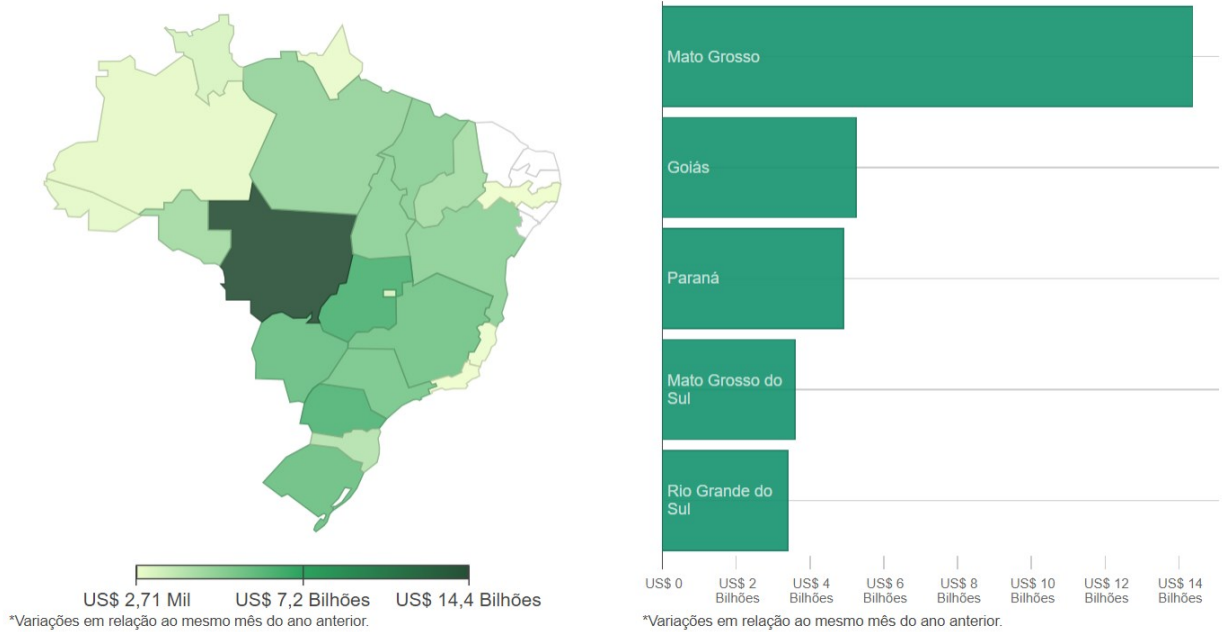
Figura 4 - Exportações do Complexo De Soja (U\$\$ 1.000)



Fonte: Ministério da Economia/Comex Stat. Elaboração: ABIOVE-Coordenadoria de Economia e Estatística (2023).

Com base nos dados coletados pelo Comex Stat (2023), nota-se que os principais estados brasileiros exportadores de soja no ano de 2023 são: Mato Grosso, Goiás, Paraná, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul. Logo, desde a chegada da soja em território brasileiro, as regiões sul e centro-oeste continuam sendo as de maior destaque na produção. Esse fato pode ser observado na figura 5 abaixo, produzida pela Comex Stat (2023), demonstrando o comportamento das exportações por Unidades Federativas do Brasil com dados de janeiro a outubro de 2023.

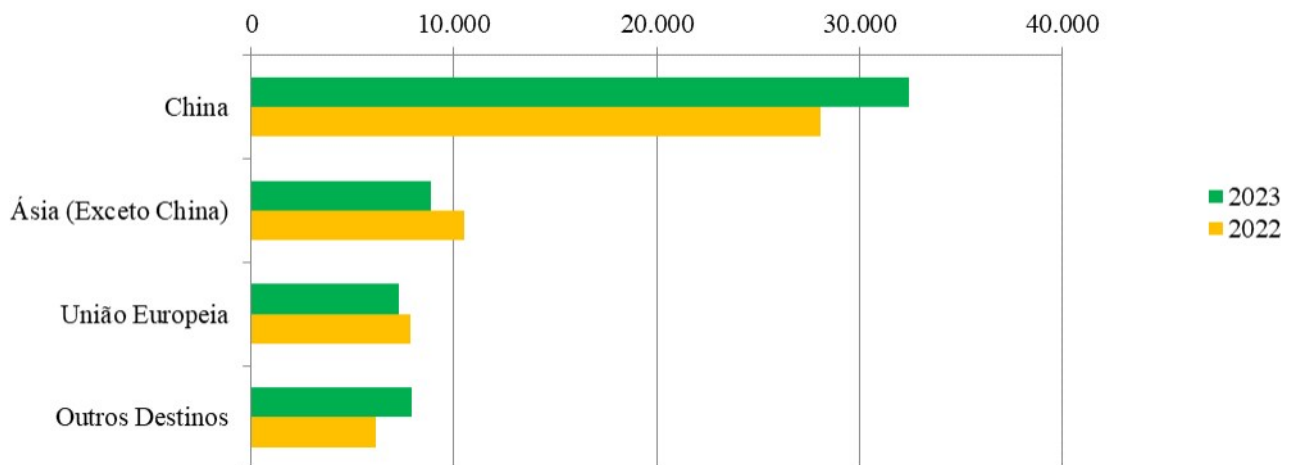
Figura 5- Exportação por UF



Fonte: Comex Stat (2023)

Por último, a figura 6 abaixo elaborada pela ABIOVE (2023), com dados do Ministério da Economia, demonstra os principais países que demandam a soja brasileira, comparando os resultados obtidos nos anos de 2022 e 2023. Em primeiro lugar temos a China como principal país, demonstrando a grande importância da potência asiática na exportação de commodities.

Figura 6 - Exportações do Complexo de Soja (milhões de US\$)



Fonte: Ministério da Economia/Comex Stat. Elaboração: ABIOVE - Coordenadoria de Economia e Estatística. (2023)

3 REVISÃO DE LITERATURA

Devido ao aumento da importância da soja para a economia brasileira, pode-se encontrar alguns estudos que, assim como este trabalho, buscam entender o comportamento e prever como funcionará a produção, exportação e o preço do mercado de soja. Segundo Cruz et al. (2016), o enfoque é a soja produzida e exportada pelo estado de Tocantins, uma vez que a região é promissora no meio e a oleaginosa representa 80,17% das exportações tocantinenses. Os autores utilizam de modelos matemáticos de Malthus e Verhulst para entenderem o comportamento da commodity no estado, abordando a crescente importância da soja para o desenvolvimento do agronegócio na região. Como resultado, projetou-se a produção/exportação até o ano de 2025, demonstrando que tendem a se estabilizar ao longo do tempo, quando é atingida a capacidade suporte tanto para a produção quanto para a exportação de soja no estado.

Outro trabalho que aborda as projeções de exportação de soja é o de Contini et al. (2006). Nesse artigo, são levantados dados futuros para as principais commodities brasileiras, sendo a soja uma das protagonistas. Embora seja um trabalho de quase duas décadas atrás, as projeções aparentam acurácia no que é observado atualmente. Para realizar as projeções, os autores contaram com o estudo de grandes tendências como o crescimento econômico, urbanização, envelhecimento da população e preocupação ambiental. O trabalho demonstra o grande potencial de crescimento do agronegócio brasileiro, defendendo a ideia de que o Brasil se tornaria o maior exportador de soja do mundo no ano de 2014-15, algo que hoje já se concretizou. De acordo com os autores, o agronegócio brasileiro possui grande potencial de crescimento, mas, para que ele efetivamente aconteça, faz-se necessário um investimento na infraestrutura adequada de armazenamento e escoamento e na tecnologia utilizada para o avanço da produção e melhora na competitividade.

Já no trabalho de Souza et al. (2010) são realizadas projeções para o complexo de soja no período de 2009 a 2018, utilizando a representação markoviana de séries temporais vetoriais autorregressivas de médias móveis estacionárias. Para o estudo, os autores levantaram dados de séries temporais de produção, consumo, exportação e preço de exportação da soja e chegaram à conclusão de que o mercado de soja brasileiro apresenta uma tendência expansão em quase todas as variáveis analisadas, com grande perspectiva de crescimento e fortalecimento desse mercado a nível mundial.

O estudo de Santana (2015) traz uma tentativa de previsão da produção e exportação da soja na região nordeste do Brasil, por meio de Modelos Lineares Generalizados e compara as projeções alcançadas com os números fornecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Em seu trabalho, a autora aborda como o aumento dos investimentos no agronegócio tem ampliado a produção, o emprego, a renda e o desenvolvimento do campo e aumento das exportações. A região nordeste oferece atualmente condições adequadas com recursos naturais, mão-de-obra e incentivos fiscais para o aprimoramento da agricultura de mercado (apud EUDÂMIDAS, 2008). Por meio de seu estudo, a autora chega à conclusão de que “a produção e exportação da soja apresentam-se como importante variável para financiamentos e investimentos futuros no setor agrícola.” E suas projeções serão úteis para planejar políticas públicas, aumentando a competitividade do mercado nacional e desenvolvendo diversos setores.

Por último, o trabalho de Lago (2020) tem como objetivo analisar o impacto dos investimentos em infraestrutura logística nas exportações de soja do Maranhão. Com base nos dados do USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) e CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e IMEA (Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária), o autor coletou projeções futuras para a exportação da soja maranhense e realizou uma comparação entre tais projeções e os orçamentos das propostas de melhoria na infraestrutura logística ferroviária e rodoviária. Com a pesquisa realizada, obteve-se o resultado de que seria necessário um investimento entre 3,87% a 6,42% da receita gerada entre 2021 a 2040 em infraestrutura logística.

Embora as previsões de exportação da soja sejam rodeadas por incertezas, tanto naturais, como secas e problemas na safra, quanto econômicas, como baixa demanda e crises financeiras, com os trabalhos levantados é possível perceber o grande grau de importância que a soja possui para a economia brasileira. Por meio das leituras de Cruz et al. (2016), Souza et al. (2010), Santana (2015) e Lago (2020), fica claro a importância que as regiões Nordeste e Centro-Oeste têm sobre esse tipo de commodity, e a abordagem otimista quanto ao seu futuro e a necessidade de que maiores estudos e investimentos sejam realizados para que o desenvolvimento do mercado de soja seja potencializado.

4 METODOLOGIA

Evidenciadas as características da soja enquanto commodity e sua importância para a economia brasileira, o objetivo geral deste trabalho monográfico consiste em prever quantidade de farelo de soja exportada pelo Brasil até o ano de 2027 (cinco anos à frente). Para este fim, foram levantados dados anuais através do IPEADATA. Válido citar que o intervalo de tempo escolhido foi de 1980 a 2022, devido a grandes flutuações e dados faltantes nos períodos anteriores a 1980. Diante disso, neste trabalho aplica-se dois modelos de análise de dados: o Método de Amortecimento Exponencial (MAE)¹ e a Metodologia Univariada de Box e Jenkins (MBJ)². Além disso, é feita uma competição entre os dois métodos para identificar qual desses é o vencedor e, assim, este é selecionado para o cálculo das previsões. Foi utilizado o software Forecast Pro for Windows (FPW) para a estimação dos modelos. Atenta-se que esta seção é baseada fundamentalmente em Zanini (2023).

4.1 MÉTODO DE AMORTECIMENTO EXPONENCIAL

Uma série temporal pode ser definida como um conjunto de observações de uma dada variável, ordenadas segundo o parâmetro de tempo, geralmente em intervalos equidistantes, e que apresentam uma “dependência serial” (correlação) entre eles. O objetivo da análise, então, é estimar uma equação matemática que expresse a correlação dos dados históricos de forma que se possa projetá-los para um horizonte futuro.

Diante disso, supondo que o conjunto de observações Z_1, Z_2, \dots, Z_T seja uma série temporal de tamanho “T” e considerando que esta série represente as exportações de farelo de soja e que não ocorrem mudanças significativas nessas exportações com o tempo, então, a equação de previsão pode ser representada por:

$$Z_t = a(T) + \varepsilon_t \quad (4.1)$$

Onde:

Z_t = exportações no período t (t = 1, 2, ..., T);

$a(T)$ = parâmetro representativo do nível médio de exportação no instante T;

ε_t = erro de previsão e $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$.

¹ Montgomery & Johnson (1990).

² Box & Jenkins (1994).

É importante observar que, dada as características destas exportações mais ou menos constante, a estimativa ($\hat{a}(T)$) para o parâmetro “a” na equação (4.1) fornece exatamente uma previsão. Sendo assim, salienta-se que este parâmetro pode ser estimado de diversas maneiras possíveis. Dentro de uma lógica “autoprojetiva”, pode-se estimá-lo, por exemplo, através do modelo ingênuo (ou naive) e que utiliza como previsor o último dado conforme indicado pela equação (4.2) abaixo:

$$\hat{Z}_T(\tau) = Z_T \quad (4.2)$$

Onde:

$\hat{Z}_T(\tau)$: previsão para Z_T , τ passos-à-frente (ou previsão de $Z_{T+\tau}$ feita no instante T);

Z_T : último dado disponível

τ : horizonte de previsão

Também poderiam ser utilizadas uma média ou uma média móvel dos dados históricos (equações (4.3) e (4.4) respectivamente).

$$\hat{a}(T) = \bar{Z}_T = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T Z_i \quad (4.3)$$

$$\hat{a}(T) = MM(N) = M_T = \frac{Z_T + Z_{T-1} + Z_{T-2} + \dots + Z_{T-N+1}}{N} \quad (4.4)^3$$

Onde:

MM(N): média móvel de tamanho N.

Porém, tanto na média quanto na média móvel, existe a desvantagem de que todos os dados entram com o mesmo “peso”, ou seja, $1/N$. O método de amortecimento exponencial supre esta “deficiência”, ou seja, neste método, é possível dar pesos diferenciados de acordo com a “idade” da informação.

Dessa maneira, o objetivo do método é montar um “sistema” o qual possa reestimar os parâmetros do modelo a cada período de tempo incorporando a informação mais recente. Sabe-se que, ao final do período T, têm-se duas informações básicas disponíveis:

1 A estimativa de “a” feita no final do período anterior $\hat{a}(T-1)$;

³ É fácil verificar que $M_T = M_{T-1} + \frac{Z_T - Z_{T-N}}{N}$.

2 O último dado disponível $Z(T)$;

Assim, estas informações são para calcular uma estimativa atualizada do nível de farelo de soja exportado: $\hat{a}(T)$. A proposta para a solução do sistema é fazer uma modificação na estimativa velha ($\hat{a}(T-1)$) do nível por uma fração do erro de previsão resultante do uso desta estimativa para o dado mais recente. Sabendo que o erro de previsão no último período pode ser definido como $\varepsilon(T) = Z(T) - \hat{a}(T-1)$, a formulação matemática para esta proposta está representada na equação abaixo:

$$\hat{a}(T) = \hat{a}(T-1) + \alpha * [Z(T) - \hat{a}(T-1)] \quad (4.5)$$

$$\hat{a}(T) = \alpha * Z(T) + (1 - \alpha) * \hat{a}(T-1) \quad (4.6)$$

Para simplificar a notação, define-se que $\hat{a}(T) \equiv S_T$. Desta forma, reescrevendo a equação (4.6) acima tem-se que:

$$S_T = \alpha * Z_T + (1 - \alpha) * S_{T-1} \quad (4.7)^4$$

Onde:

S_T = valor amortecido da série;

α = constante de amortecimento ou hiperparâmetro (número entre 0 e 1).

Esta formulação (4.7) indica a ideia básica do método de amortecimento exponencial e aponta que, para se fazer uma atualização automática do parâmetro “a”, que representa o nível de exportações na equação (4.1), será feita uma combinação convexa⁴, onde é dado um peso α para o “presente” (último dado) e um peso $(1 - \alpha)$ para o “passado” (estimativa anterior para o

⁴ A equação (4.7) é também conhecida como Modelo de Brown.

⁴ A soma é igual a 1.

nível e que pode ser obtida de várias formas como, por exemplo, uma média, uma média móvel, dentre outras).

Em síntese, no método de amortecimento exponencial é possível dar pesos diferenciados para a “idade” da informação. Isto é, para séries com uma maior variância pode se dar um peso maior para informações mais recentes, ao passo que para séries mais com uma menor variância pode se ponderar de forma igual dados presentes e dados passados. Uma extensão deste modelo pode ser feita quando se inclui parâmetros de tendência e sazonalidade para modelar o comportamento de determinada série temporal. Nesses casos, também ocorre a atualização destes parâmetros, mas com a mesma proposta de dar pesos diferenciados para “presente” e “passado”, ou seja, fazendo-se:

$$\alpha * \textit{Presente} + (1-\alpha) * \textit{Passado}$$

4.1.1 MODELO DE HOLT-2PARÂMETROS

Para uma série que apresente oscilações no nível com o tempo, atenta-se que um modelo mais adequado é aquele representado na equação (4.8) a seguir ⁵

$$Z_t = (a_1(T) + a_2(T) * t) + \varepsilon_t \quad (4.8)$$

Onde:

$a_1(T)$: parâmetro de nível no instante T;

$a_2(T)$: parâmetro de tendência no instante T;

t: variável tempo ($t = 1, 2, \dots, T$ sendo T é a quantidade de dados existentes);

ε_t é o erro de previsão e $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$.

⁵ Verifique que, diferentemente da equação (4.1), existem agora dois parâmetros e por isto é feita a diferença entre a_1 e a_2 .

A atualização dos parâmetros, similar ao evidenciado na equação (4.7), será aplicado sobre os parâmetros da equação (4.8), de acordo com as equações a seguir:

$$\hat{a}_1(T) = \alpha * Z_T + (1 - \alpha) * \left[\hat{a}_1(T-1) + \hat{a}_2(T-1) \right] \quad (4.9)$$

$$\hat{a}_2(T) = \beta * \left[\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1) \right] + (1 - \beta) * \left[\hat{a}_2(T-1) \right] \quad (4.10)$$

Pode-se observar que as equações acima contêm a mesma ideia de se ponderar “presente” e “passado” para se fazer a atualização dos parâmetros. Porém, são usadas duas constantes de amortecimento (α e β), uma para o parâmetro de nível (a_1) e outra para o parâmetro de tendência (a_2).

Na equação (4.9), observa-se que a atualização do parâmetro de nível é feita dando um peso α para o dado real mais recente e um peso $(1 - \alpha)$ para a última estimativa feita para o nível que é composta por: $\hat{a}_1(T-1)$, estimativa feita para o nível no instante anterior (T-1), mais $\hat{a}_2(T-1)$, que é a estimativa feita para a tendência também no instante anterior (T-1). Em resumo, na atualização do parâmetro de nível, dá-se um peso para o último dado (que fornece uma representação real e atualizada) e outro peso para um valor estimado para este nível quando se estava no momento anterior.

Já na equação (4.10), atualização do parâmetro de tendência, vê-se que é dado um peso β para a diferença entre a nova estimativa do nível (calculada na equação 4.9) e a última estimativa do nível (feita no instante anterior T-1). Ora, variação de nível é exatamente o que caracteriza um componente de tendência ou taxa de crescimento. Se é dado um peso β para esta estimativa “presente” do parâmetro de tendência, é dado um peso $(1 - \beta)$ para a última estimativa da tendência feita no instante anterior (T-1).

4.1.2 MODELO DE HOLT-WINTERS

Percebe-se que, como o objetivo proposto visa desenvolver um modelo autoprojeto, é necessário que todos os “fatores” componentes de uma série sejam estimados ou “modelados”. Até o presente momento, foi possível abordar a estimativa de dois parâmetros (nível e tendência). Entretanto, se existir um comportamento periódico das exportações de farelo de soja no Brasil, ou seja, dependendo da época do ano, existe um incremento das exportações. Em séries temporais, este comportamento é o que se denominado “sazonalidade”, ou seja, um

movimento periódico (cíclico) da série no decorrer do tempo. O que se quer dizer é que a série de exportações em questão pode ainda apresentar um comportamento sazonal, ou seja, uma “influência” provocada por determinados períodos do ano sobre seu nível (incluindo obviamente a variação deste nível). Neste caso, o modelo mais adequado pode⁶ ser o expresso na equação (4.11):

$$Z_t = (a_1(T) + a_2(T) * t) * \rho_t + \varepsilon_t \quad (4.11)$$

Onde:

$a_1(T)$: parâmetro de nível no instante T;

$a_2(T)$: parâmetro de tendência no instante T;

t: variável tempo ($t = 1, 2, \dots, T$ sendo T é a quantidade de dados existentes);

ρ_t : fator sazonal referente ao período t;

ε_t é o erro de previsão e $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$.

Pode-se observar que na equação (4.11) foi incluído um novo parâmetro para “captar” o efeito da sazonalidade sobre exportação⁷, foco do presente trabalho. Um procedimento de atualização paramétrica será utilizado para atualizar sequencialmente os parâmetros deste modelo que pode ser visualizado nas equações (4.12) a (4.14) a seguir:

$$\hat{a}_1(T) = \alpha * \frac{Z_T}{\hat{\rho}_t(T-1)} + (1 - \alpha) * \left[\hat{a}_1(T-1) + \hat{a}_2(T-1) \right] \quad (4.12)^8$$

$$\hat{a}_2(T) = \beta * \left[\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1) \right] + (1 - \beta) * \left[\hat{a}_2(T-1) \right] \quad (4.13)^9$$

⁶ É dito “pode”, pois a equação apresenta uma sazonalidade multiplicativa, entretanto, pode-se encontrar também uma sazonalidade aditiva.

⁷ Existem uma restrição de normalização que faz com que $\sum_{i=1}^L \rho_i = L$, onde L é o comprimento do período sazonal. Isto é, caso se esteja trabalhando com dados mensais e um parâmetro de sazonalidade multiplicativo, a soma dos fatores sazonais precisa ser igual a 12 (obviamente pois existem 12 meses em um ano). Importante ressaltar que esta monografia trabalha sobre dados anuais, então não existe a estimação de fatores sazonais.

⁸ Onde ρ_t é o fator sazonal correspondente ao período (mês, trimestre, etc) t. Atenta-se que esta monografia trabalha sobre dados anuais, então não existe a estimação de fatores sazonais.

⁹ Trata-se da mesma equação (4.10).

$$\hat{\rho}_t(T) = \gamma * \frac{Z_T}{\hat{a}_1(T)} + (1 - \gamma) * \left[\hat{\rho}_t(T - 1) \right] \quad (4.14)$$

Pela equação (4.12), observa-se que o nível estimado é função da última observação, do fator sazonal estimado no instante anterior (mesmo mês do ano anterior) e estimativas anteriores do nível e tendência. Vê-se que o termo $\frac{Z_T}{\hat{\rho}_t(T - 1)}$ representa a observação no instante T

dessazonalizada. Já pela segunda equação acima (4.13), observa-se que a taxa de crescimento (tendência) estimada é função dos níveis estimados em T e T-1 e da taxa de crescimento estimada anteriormente¹⁰. Por fim, pela terceira equação, vê-se novamente a ideia básica do método de amortecimento exponencial de atualizar os parâmetros do modelo atribuindo pesos diferenciados à “idade da informação”, ou seja, ponderando “presente” e “passado” de forma diferenciada. Esta equação indica que o fator sazonal correspondente ao período T é função do fator sazonal correspondente ao mesmo período no ano anterior e também da última observação.

Aqui, existem três constantes de amortecimento (α , β e γ), uma para cada parâmetro (nível, tendência e sazonalidade) a ser atualizado.

4.1.3 EQUAÇÕES DE PREVISÕES

É importante entender que, na seção anterior, foram apresentados os modelos de amortecimento exponencial e as consequentes equações de atualização paramétrica. Desta forma, é importante compreender a forma da equação que gerará as previsões. Para cada um dos casos (exportações constantes, exportações com tendência e exportações com tendência e sazonalidade), a equação de previsão é apresentada a seguir:

$$\hat{Z}_t(\tau) = \hat{a}_1(T) + \varepsilon_t \quad (4.15)$$

$$\hat{Z}_t(\tau) = \hat{a}_1(T) + \hat{a}_2(T) * \tau + \varepsilon_t \quad (4.16)$$

$$\hat{Z}_t(\tau) = \left(\hat{a}_1(T) + \hat{a}_2(T) * \tau \right) * \hat{\rho}_{p(T+\tau)}^{(T)} + \varepsilon_t \quad (4.17)$$

¹⁰ Como visto anteriormente, a constante de amortecimento (β) é diferente daquela (α) usada para atualização do nível.

Onde:

$\hat{a}_1(T)$ = estimativa do parâmetro de nível atualizado no instante T

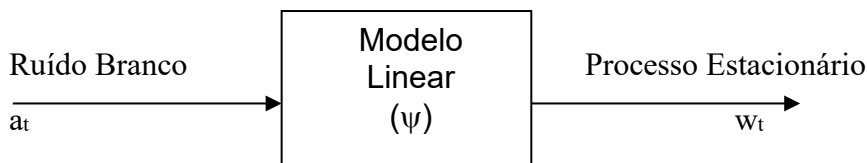
$\hat{a}_2(T)$ = estimativa do parâmetro de tendência atualizado no instante T

$\hat{\rho}_{p(T+\tau)}^{(T)}$ = estimativa do parâmetro de sazonalidade referente ao mês T+ τ , atualizado até o instante T.

τ = horizonte de previsão

4.2 MODELO BOX & JENKINS

O fundamento teórico do modelo de Box & Jenkins baseia-se na Teoria Geral de Sistemas Lineares que diz que a passagem de um ruído branco por um filtro linear de memória infinita gera um processo estacionário de segunda ordem¹¹. Isto é, pela Teoria Geral de Sistemas:



Definindo um operador de atraso “B” (*backward shift operator*)

$$B^k Z_t = Z_{t-k}$$

Tem-se que:

$$w_t = a_t - \Psi_1 a_t B - \Psi_2 a_t B^2 - \dots$$

$$w_t = (1 - \Psi_1 B - \Psi_2 B^2 - \dots) a_t = \Psi(B) a_t$$

$$w_t = \Psi(B) a_t \Leftrightarrow a_t = \Psi(B)^{-1} w_t$$

Sendo que:

$$\Psi(B)^{-1} = \pi(B)$$

$$\text{onde } \pi(B) = 1 - \pi_1 B - \pi_2 B^2 - \dots$$

¹¹ Em termos gerais, processo estacionário de 2ª ordem é um processo estocástico com média e variância constantes.

Como $\Psi(B)$ [ou $\pi(B)$] possuem infinitos parâmetros, o que causa um problema, Box & Jenkins mencionam que, sob certas restrições, pode-se afirmar que todo polinômio infinito pode ser expresso pelo quociente de dois polinômios finitos.

Então:

$\Psi(B) = \theta(B) / \phi(B)$, onde:

$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \Rightarrow$ Polinômio MA (q)

$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \Rightarrow$ Polinômio AR (p)

Desta forma, surgem os denominados Modelos ARMA (p,q) que assumem a seguinte forma:

$$\phi(B)w_t = \theta(B)a_t \quad (4.18)$$

Entretanto, para se modelar séries não estacionárias na média produz-se a estacionariedade através da diferenciação da série original, ou seja, produz-se uma série não estacionária homogênea¹². Desta forma, se Z_t é uma série não estacionária, procurar-se-á transformá-la na série X_t não estacionária homogênea. Então:

$$X_t = Z_t - Z_{t-1} = Z_t - BZ_t = (1 - B) Z_t = \nabla Z_t$$

Onde: $\nabla = (1 - B) \Rightarrow$ operador de diferença

Isto significa que aplica-se tantas diferenças quantas forem necessárias para produzir estacionariedade (na média) da série resultante. Genericamente, uma série w_t estacionária é obtida pela aplicação de “d” ($d = 0, 1, 2, \dots$)¹³ diferenças na série original: $w_t = \nabla^d Z_t$. Surgem então os chamados modelos ARIMA (p,d,q) que assumem a seguinte forma:

$$\phi(B)\nabla^d Z_t = \theta(B)a_t \quad (4.19)$$

¹² A não estacionariedade homogênea exclui os processos de comportamento explosivos e/ou altamente não-lineares (Souza & Camargo, 1996).

¹³ Na prática, normalmente o grau máximo de diferenciação é 2.

A filosofia da modelagem Box & Jenkins fundamenta-se em duas ideias básicas: o princípio da parcimônia (escolher um modelo com o menor número de parâmetros possíveis para uma representação matemática adequada) e a construção de modelos através de um ciclo iterativo (estratégia de seleção de modelos até a obtenção de um modelo satisfatório).

4.2.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE

A modelagem através da metodologia de Box & Jenkins abrange várias etapas de análise indo desde a identificação da estrutura do modelo, passando pela estimação paramétrica e por fim, fazendo vários testes de validação do modelo.

O primeiro passo fundamental da metodologia consiste em identificar a ordem de homogeneidade “d”, ou seja, caso seja necessário, trata-se de identificar o número de vezes que a série original deve ser diferenciada para se tornar uma série estacionária. Este procedimento pode ser feito através da observação do próprio gráfico da série ou da função de autocorrelação (FAC)¹⁴.

O passo seguinte na metodologia é a identificação do modelo, ou seja, da sua ordem (identificação de p e q). Para isso são utilizados os conceitos de função de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP). De uma maneira geral, para se identificar a ordem p , de um modelo $AR(p)$, por exemplo, observa-se se a FAC decresce e se a FACP apresenta um corte¹⁵. Se isto acontecer, o lag onde este corte ocorre nos fornece a ordem p ($p = \text{lag do corte}$). Por outro lado, para um modelo $MA(q)$ a FAC e a FACP apresentam comportamento inverso ao de um modelo puramente autoregressivo. Isto quer dizer que, para um modelo MA , a FACP decresce, e a FAC é que apresenta um corte. Da mesma forma, o lag onde este corte ocorre fornece a ordem q do modelo MA .

Após a identificação da ordem do modelo, obtêm-se as estimativas dos parâmetros desse modelo. A técnica utilizada para as estimativas é a da máxima verossimilhança. Por fim,

¹⁴ A Função de Autocorrelação para uma série não estacionária apresenta um lento decréscimo.

¹⁵ Geralmente nos *softwares* específicos para previsão, tanto o gráfico da FAC quando da FACP apresentam intervalos de significância dos *lags*. Os *lags* cujos valores da autocorrelação ultrapassam estes intervalos são ditos significantes (Goodrich & Stellwagem, 1999). Caso se observe, por exemplo, a autocorrelação de *lag* 1 significativa e, a partir do *lag* 2 (inclusive), as autocorrelações estão todas dentro do intervalo, isto indica um “corte” no *lag* 1.

identificado o modelo e estimados os parâmetros, faz-se os denominados testes de aderência para verificar a adequabilidade final do modelo (testes para os resíduos e os testes de sobrefixação). Nos testes para os resíduos, procura-se constatar se, após elaborado o modelo, o resíduo gerado por este modelo é um ruído branco, ou seja, se o modelo foi capaz de explicar satisfatoriamente o comportamento da série de forma que o erro não apresente nenhuma estrutura de correlação. O teste de sobrefixação, por sua vez, consiste simplesmente em se gerar modelos de ordem superior ao identificado, de forma que se possa reforçar a pertinência deste.

4.2.2 MODELOS SARIMA

Os processos raramente são estacionários e apresentam muitas vezes componentes sazonais. Dessa forma, Box & Jenkins formularam seus modelos para séries temporais com componentes sazonais dando origem aos modelos SARIMA. Nesse caso, a modelagem segue a equação:

$$\phi(B)\Phi(B^S)\nabla_S^D\nabla^d Z_t = \theta(B)\Theta(B^S)a_t \quad (4.20)$$

onde:

- $\phi(B)$: operador não sazonal auto-regressivo
- ϕ_i : parâmetros auto-regressivo não-sazonais
- $\nabla^d = (1-B)^d$: operador diferença não sazonal de ordem d
- $\Phi(B^s)$: operador sazonal auto-regressivo
- Φ_i : parâmetros auto-regressivo sazonais
- $\nabla_s^D = (1-B^s)^D$: operador diferença sazonal de ordem D
- $\theta(B)$: operador não sazonal de médias móveis
- θ_i : parâmetros de médias móveis não sazonais
- $\Theta(B^s)$: operador sazonal de médias móveis
- Θ_i : parâmetros de médias móveis sazonais

Um modelo com esta estrutura é denominado SARIMA(p,d,q)x(P,D,Q). Ressalta-se que o procedimento de obtenção deste modelo segue os mesmos passos empregados para achar o modelo ARIMA não sazonal. Isto quer dizer que, no SARIMA, faz-se também a observância do comportamento da FAC e da FACP (inclusive observância dos lags de “cortes”) entretanto, olha-se para os lags sazonais.

Atenta-se que a metodologia apresentada nesta seção será utilizada para poder fazer as projeções das exportações de farelo de soja no Brasil, entre os anos de 2022 e 2027. O cronograma para execução do trabalho é apresentado na próxima seção.

4.3 COMPETIÇÃO DE MÉTODOS

Com o objetivo de selecionar um melhor método de previsão, pode ser utilizado um procedimento de análise in-sample e out-of-sample. Isto significa que parte dos dados são selecionados para validar o poder de previsão dos modelos ajustados com os dados restantes (ou seja, avalia-se o poder de previsão dos modelos dentro e fora do período amostral utilizado).

O procedimento pode envolver ainda o que se denomina de out-of-sample rolling evaluation, ou seja, com os mesmos parâmetros estimados para os dados passados, move-se a origem da previsão no período out-of-sample, fazendo-se previsões para cada origem. Caso sejam retirados os 12 últimos dados¹⁶, isto significa que serão feitas no período out-of-sample um total de 78 previsões (12 previsões para um passo (mês) à frente, 11 previsões para 2 passos à frente, 10 previsões para 3 passos à frente e assim sucessivamente). Pode-se definir como critério, por exemplo, que o método vencedor a ser selecionado será aquele que minimizar o MAD (*Mean Absolute Deviation*) acumulado ou erro médio absoluto acumulado fora da amostra. Para melhor entendimento do procedimento de rolling evaluation observa-se a figura 7 a seguir:

¹⁶ Obviamente retirar os últimos dados é apenas um procedimento de análise para seleção de modelos. Para se obter as previsões desejadas, depois de feita análise *in-sample* e *out-of-sample*, os dados retirados são novamente incorporados e os parâmetros atualizados. Foi dado como exemplo a retirada dos últimos 12 dados o que geraria um total de 78 previsões fora da amostra. Entretanto, este “período de corte” pode ser definido de acordo com cada problema. Como exemplo, se são retirados os últimos 6 dados, geram-se 21 previsões fora da amostra.

Figura 7 - Procedimento De Out-Of-Sample Rolling Evaluation

		HORIZONTE											
		Jan	Fev	mar	abr	Mai	jun	Jul	ago	set	out	Nov	dez
ORIGEM	Dez	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Jan	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	Fev	A	A	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	Mar	A	A	A	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	Abr	A	A	A	A	F	F	F	F	F	F	F	F
	Mai	A	A	A	A	A	F	F	F	F	F	F	F
	Jun	A	A	A	A	A	A	F	F	F	F	F	F
	Jul	A	A	A	A	A	A	A	F	F	F	F	F
	Ago	A	A	A	A	A	A	A	A	F	F	F	F
	Set	A	A	A	A	A	A	A	A	A	F	F	F
	Out	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	F	F
	Nov	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	F

Nota: F = *Forecast*; A = *Actual*.

Fonte: Zanini (2023)

Obtidas as previsões out-of-sample, métricas de desempenho podem ser calculadas como, por exemplo, o MAPE e o MAD para cada horizonte de previsão e estas mesmas estatísticas acumuladas.

O MAPE (erro médio absoluto percentual) é calculado através da diferença entre valores estimados e reais e equivale às previsões um passo à frente (por exemplo, para o mês seguinte).

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{|Y(t) - \hat{Y}(t)|}{Y(t)}}{N} \times 100 \quad (4.21)$$

Onde:

$Y(t)$ = valor da série temporal no período (t) ;

$\hat{Y}(t)$ = valor ajustado da série temporal para o período (t);

N = total de dados utilizados (total de observações).

O MAD (erro médio absoluto) é também calculado através da diferença entre valores estimados e reais para as previsões um passo à frente. Entretanto, ao contrário do MAPE, não pode ser lido em termos percentuais, mas sim na unidade de medida da variável sob interesse.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |Y(t) - \hat{Y}(t)|}{N} \quad (4.22)$$

Onde:

$Y(t)$ = valor da série temporal no período (t)

$\hat{Y}(t)$ = valor ajustado da série temporal para o período (t)

N = total de dados utilizados (total de observações)

Além disso, pode-se também calcular o GMRAE (*Geometric Mean Relative Absolute Error*) que compara o erro do modelo selecionado com o erro do modelo ingênuo (que usa como previsão o último dado disponível). O GMRAE é a média geométrica da razão (quociente) entre o erro absoluto (portanto, em módulo) do modelo estimado e o erro absoluto do método ingênuo e, portanto, é desejável que o GMRAE seja igual ou menor do que 1.

$$GMRAE = \sqrt[N]{\frac{\sum_{t=1}^N |Y(t) - \hat{Y}(t)|}{\sum_{t=1}^N |Y(t) - Y(t-1)|}} \quad (4.23)$$

Onde $Y(t)$ é o valor da série temporal no período (t);

$\hat{Y}(t)$ é a previsão da série temporal para o período (t);

$Y(t-1)$ é o valor da série temporal no período (t-1);

N é o número de observações.

É importante ressaltar que, selecionado o melhor método, incorpora-se novamente os dados retirados à amostra, atualiza-se os parâmetros e faz-se as projeções.

5 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

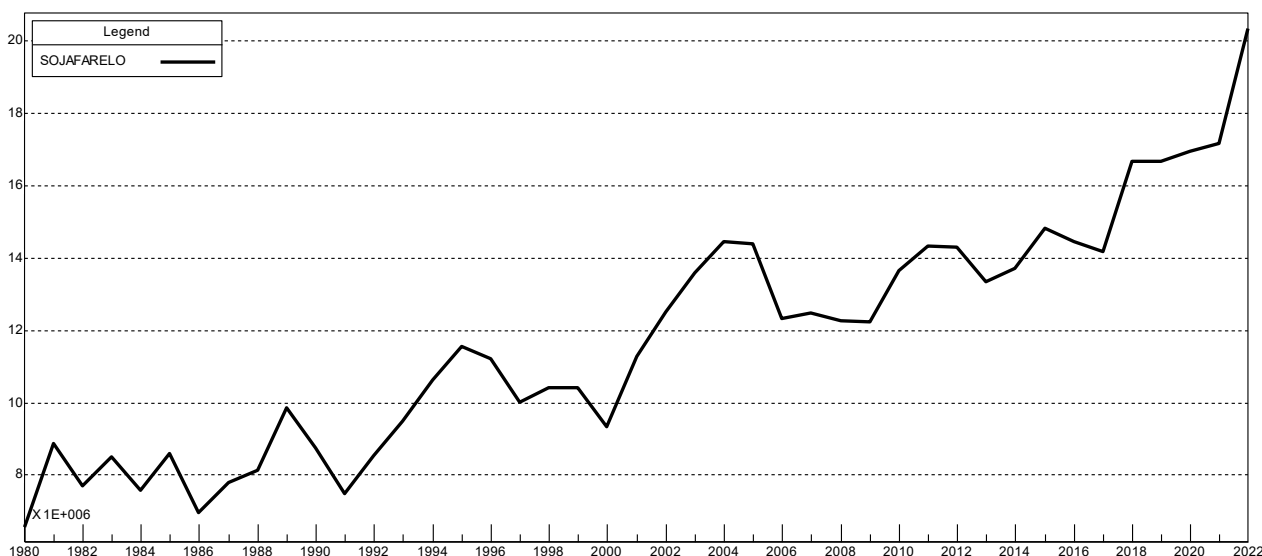
5.1 BASE DE DADOS E JUSTIFICATIVA

Assim como citado por MAPA (2023), as projeções realizadas neste trabalho têm como intuito indicar possíveis direções para o crescimento do mercado de soja, mais especificamente sua exportação. Os resultados aqui alcançados podem ser úteis para diferentes ramos, não apenas o agrícola, uma vez que o que o mercado de soja pode impactar setores como o de ração animal, carnes, farmacêutico e alimentício. A base de dados utilizada nesse trabalho foi a série histórica de exportação anual de farelo de soja em toneladas, coletada no IPEADATA. O período de tempo utilizado foi de 1980 a 2022, tendo em vista a ocorrência de uma série de dados faltantes e dados discrepantes em períodos anteriores, o que estava dificultando a estimação e trazendo maior incerteza nos ajustes dos modelos e, obviamente, prejudicando a projeção da série histórica.

O complexo de soja é composto pela soja em grãos, em farelo e em óleo. Nesse trabalho foi analisada a soja em farelo tendo em vista grande dispersão encontrada nas outras séries. Além disso, a soja em farelo brasileira vem tendo um crescimento considerável na pauta de exportações, colocando o Brasil em primeiro lugar entre os países exportadores desse tipo de produto no ano de 2023 (ITAÚ BBA, 2023).

Na figura 8 abaixo pode-se observar o comportamento e evolução das exportações brasileiras de farelo de soja no período em análise:

Figura 8 - Exportação do Farelo de Soja (1980 a 2022)



Fonte: Elaboração própria.

5.2 EQUAÇÕES DE PREVISÃO

Importante ressaltar que, ao se aplicar a metodologia descrita na seção anterior, quando da estimação do Modelo de Box & Jenkins, encontrou-se um modelo ARIMA(0,1,0). Isto significa que a série de exportação anual de farelo de soja era não estacionária na média e, ao se aplicar a operação de diferença, não foi possível encontrar uma estrutura ARMA(p,q) para ela. Desta forma, restou prejudicada a proposta de metodologia de, por exemplo, fazer uma competição entre o MAE e o MBJ. Sendo assim, os resultados apresentados a seguir refletem a aplicação da Metodologia de Amortecimento Exponencial.

Utilizando o método Amortecimento Exponencial, o modelo que melhor explica a evolução das exportações de farelo de soja é o Modelo de Holt, apresentado no 4º capítulo (equações 4.16 e 4.17), que possui nível e tendência. Na tabela 2 abaixo estão descritos os parâmetros estimados e os hiperparâmetros.

Tabela 2 - Parâmetros e Hiperparâmetros do Método de Amortecimento Exponencial

Componente	Hiperparâmetro	Parâmetro
Nível	0,80198	19.764.000
Tendência	0,02288	28.158

Fonte: Elaboração própria.

O valor de 19.764.000 representa o parâmetro de nível e o valor 28.158 o parâmetro de tendência para as exportações de farelo de soja. Como citado na metodologia, ao utilizar o Método de Amortecimento Exponencial, é possível atualizar os parâmetros do modelo atribuindo pesos diferenciados à “idade da informação”, ou seja, ponderando “presente” e “passado” de forma diferenciada. Logo, no caso do modelo de previsão para exportação de farelo de soja, para chegar no resultado do parâmetro de nível, o “presente” recebeu o “peso” de 0,8 e o passado recebeu peso de 0,2, aproximadamente (aplicados na equação de atualização paramétrica 4.9). Já para estimar o valor do parâmetro de tendência, ocorreu o contrário, foi dado um “peso” de aproximadamente 0,02 para o presente e 0,98 para o passado (aplicados na equação de atualização paramétrica 4.10).

Com o objetivo de validar o desempenho preditivo do modelo estimado, foram utilizadas duas métricas: o MAPE, como exposto na equação 4.22 da metodologia, calculado pela diferença entre os valores estimados e os reais para as previsões um passo à frente e o R² ajustado que representa o coeficiente de explicação ajustado e indica o quanto a variação das

exportações pode ser explicada pelo modelo. Os resultados dessas duas métricas estão expostos na tabela 03. Vê-se que o Modelo de Holt estimado possui poder de explicação de cerca de 88%, ou seja, é o quanto este modelo explica da evolução das exportações de farelo de soja. Além disto vê-se que o modelo erra em média, para baixo ou para cima, cerca de 8% ao projetar as previsões para o próximo ano.

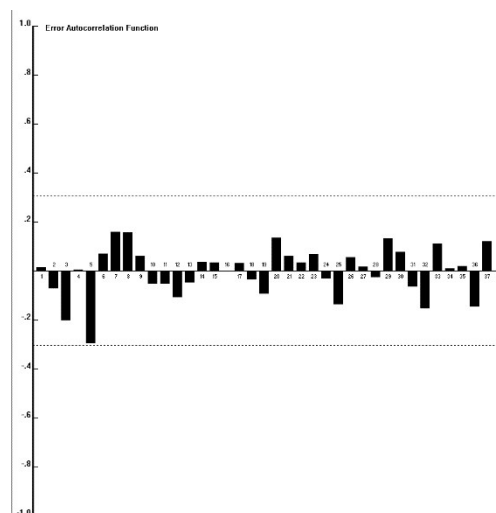
Tabela 3 - Desempenho Preditivo (%)

Variável	R ² ajustado	MAPE
Exportações de Farelo de Soja	87,86	8,30

Fonte: Elaboração própria.

Com o objetivo de testar a fidedignidade estatística do modelo, foi realizado o teste de Ljung-Box, resultando em um P-valor de 0,2498. Importante ressaltar que para realizar esse teste no software FPW, o P-valor é comparado ao Nível de Confiança (NC). Caso o P-valor seja menor que o NC, aceita-se a hipótese nula de que os resíduos são descorrelatados (ZANINI,2023). No caso do modelo em estudo, a hipótese nula foi aceita e assim os erros não são correlatados, conclusão que pode ser corroborada pela figura 9 abaixo, que demonstra a autocorrelação dos erros do modelo:

Figura 9 - Função de Autocorrelação dos Erros (ACF Erro)



Fonte: Elaboração própria.

5.3 PREVISÃO

Após apresentados os parâmetros da equação de previsão e analisado o desempenho da previsão do modelo, na tabela 4 abaixo são demonstrados os resultados de previsão para as exportações do farelo de soja brasileiro nos anos de 2023 a 2027.

Tabela 4 - Previsão de Exportação do Farelo de Soja (ton)

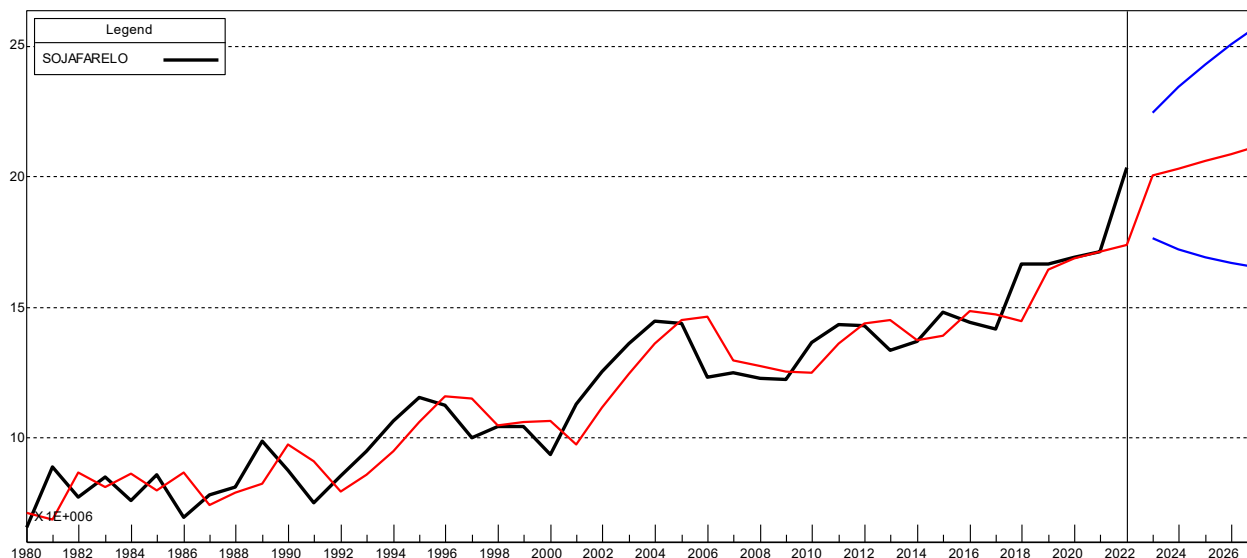
Ano	Limite Inferior	Previsão	Limite Superior
2023	17.637.644	20.045.278	22.452.912
2024	17.212.782	20.326.856	23.440.930
2025	16.920.858	20.608.434	24.296.010
2026	16.706.834	20.890.012	25.073.190
2027	16.545.605	21.171.590	25.797.576

Fonte: Elaboração própria.

Atenta-se que uma das vantagens de se trabalhar com modelos matemáticos-estatísticos de previsão é que não se gera apenas um número, ou seja, a previsão. As previsões são calculadas de forma probabilística. Em sendo assim, na tabela 4 acima, vê-se que, por exemplo, para o ano de 2023 são previstos 20 milhões de toneladas exportadas de farelo de soja, mas existe 95% de chances desta previsão estar entre 17,6 milhões e 22,4 milhões. Esta característica importante da modelagem permite, por exemplo, a criação de cenários, onde o limite inferior poderia representar um cenário “pessimista”, a previsão um cenário “esperado” e o limite superior um cenário “otimista”.

A figura 10 abaixo representa graficamente a série histórica, os valores ajustados para o histórico e as previsões com intervalo de confiança.

Figura 10 - Histórico, Valor Ajustado e Previsões da Exportação do Farelo de Soja



Fonte: Elaboração Própria (2023). Nota: ___ Histórico ___ Valor ajustado/Previsões ___ Intervalo de Confiança de 95%

As projeções fornecidas pelo Método de Amortecimento Exponencial apontam para uma variação anual como a representada na tabela 5 abaixo:

Tabela 5 - Variação Anual das Previsões

Ano	Previsão	Varição (%)
2023	20.045.278	(1,54)
2024	20.326.856	1,39
2025	20.608.434	1,37
2026	20.890.012	1,35
2027	21.171.590	1,33

Fonte: Elaboração própria (2023)

Os dados da tabela 5 indicam que modelo prevê um crescimento médio anual em torno de 1,3% das exportações de farelo de soja para os próximos anos, com exceção do ano de 2023 onde há uma projeção de queda. Válido frisar que essas previsões podem ser influenciadas por questões climáticas, problemas nas safras, mudanças na demanda internacional, surgimento de novas tecnologias, principalmente no caso do farelo de soja, que demanda um processamento antes de ser exportado.

5.3.1 COMPARAÇÃO ENTRE PREVISÕES

Até o ano de 2018, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento produziu relatórios que traziam em seu conteúdo as previsões da exportação de farelo de soja. A projeção mais recente encontrada foi realizada no ano de 2019. Na tabela 6 a seguir pode-se observar uma comparação entre as previsões geradas pelo modelo estiado neste trabalho monográfico através do MAE e as previsões ministeriais.

Tabela 6 - Comparação Entre Previsões (ton)

Ano	Previsão MAE	Previsão MAPA	Varição (%)
2023	20.045.278	16.008.000	20,14
2024	20.326.856	16.181.000	20,40
2025	20.608.434	16.355.000	20,64
2026	20.890.012	16.528.000	20,88
2027	21.171.590	16.702.000	21,11

Fonte: Elaboração própria, com alguns dados coletados de MAPA (2019)

Atenta-se primeiramente que as previsões foram geradas em origens diferentes. A do MAPA em 2019 e as deste trabalho monográfico (MAE) com base de dados até 2022. Portanto, são três anos de diferença. Obviamente, as metodologias usadas também são diferentes.

Válido citar que essa variação entre as previsões pode ser explicada devido às mudanças econômicas e sociais de 2019 até 2023. Como exemplo, pode-se citar o cenário em que ocorreu pandemia, guerras e crises econômicas, o que traz mudanças significativas no comportamento da economia como um todo. Além disso, o método de previsão utilizado neste trabalho foi o de Amortecimento Exponencial, enquanto o método utilizado pelo MAPA foi o de Espaço de Estados, também conhecido como representação Markoviana. (MAPA, 2019).

Por fim, é importante observar que as previsões realizadas pelo MAPA se aproximam das previsões do cenário “pessimista” (limite inferior) das previsões obtidas por esta monografia através do MAE (ver tabela 4).

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo compreender o comportamento das exportações de farelo de soja dentro da economia brasileira. Para isso, fez-se necessário entender mais profundamente sobre esse tipo de commodity, explorando suas características mais relevantes e realizando um levantamento com os principais e mais atualizados dados sobre esse mercado. Foi possível perceber sua importância dentro da economia, cumprindo um papel chave em diversos setores, na geração de empregos, fomentação de melhorias na infraestrutura e tecnologia do país, além é claro dos impactos econômicos na Balança Comercial brasileira.

Com a crescente ascensão do farelo de soja dentro da pauta de exportações, tornando o Brasil no ano de 2023 o maior exportador desse tipo de produto, o trabalho procurou entender mais a fundo como se comportaria esse fluxo, buscando, através de modelos matemáticos, alcançar possíveis previsões. É importante citar que, embora a soja seja uma commodity de relevância global, a maior parte dos estudos e projeções atuais possuem um enfoque na soja em grãos ou no complexo de soja como um todo. O farelo de soja, apesar de sua recente e representativa ascensão, ainda não é abordado em uma quantidade significativa de estudos.

Logo, visando modificar esse panorama, este trabalho buscou entender melhor sobre o futuro das exportações do farelo de soja de 2023 a 2027. Utilizando o Método de Amortecimento Exponencial¹⁷, foram traçados estimados possíveis cenários para os resultados da exportação, demonstrando que, desconsiderando fatores externos, esta permanecerá em ritmo de ascensão, aumentando em média 1,36% ao ano. Importante lembrar que esses resultados se referem a estimativas e podem se modificar ao longo dos anos devido a fatores diversos como: secas, pragas, crises mundiais, inflação, entre muitas outras externalidades.

Espera-se que esse trabalho sirva como uma ferramenta importante para que diferentes setores possam compreender melhor o comportamento das exportações do farelo de soja. Acredita-se que este trabalho monográfico contribuiu para as pesquisas e análises em relação ao comportamento desta variável importante e atenta-se para a necessidade da continuidade e aprimoramento do modelo à medida que a disponibilidade de informações relevantes evolui.

¹⁷ Atenta-se que foi também aplicado o Método de Box & Jenkins, entretanto chegou-se a uma estrutura ARIMA(0,1,0), o que inclusive prejudicou a competição de métodos que não pôde ser realizada.

Por fim, como sugestão de estudos futuros, propõem-se, por exemplo, a elaboração de modelos que incorporem outras variáveis explicativas além da série de interesse. Um método que poderia ser utilizado é a modelagem via Regressão Dinâmica¹⁸.

¹⁸ Goodrich (1989).

REFERÊNCIAS

- BOSCHIERO, B. N.; **Subprodutos da soja**: conheça os destinos e usos da soja brasileira. Agroadvance. 2023. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-subprodutos-da-soja>. Acesso em 11 nov. 2023.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.. **Time Series Analysis, Forecasting and Control**. San Francisco, Holden-Day, 1994.
- BRASIL. Lei Complementar nº 89 de 1996. Brasília, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp87.htm. Acesso em 18 nov. 2023
- BRESSER-PEREIRA, L. C.; MARCONI, N. **Existe Doença Holandesa no Brasil?** In: Fórum de Economia da Fundação Getúlio Vargas, 4, Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, 2007
- CAMPEÃO, P. et al.; **Mercado Internacional de Commodities**: uma análise da participação do Brasil no mercado mundial de soja entre 2008 e 2019. Desenvolvimento Em Questão, 2020
- CEPEA, **Índices exportação do Agronegócio 1º semestre de 2023**, 2023. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_Export_1semestre_2023.pdf. Acesso em 11 nov. 2023.
- COMMODITY, Dicionário Online Priberam da Língua Portuguesa, 2008-2023, <<https://dicionario.priberam.org/commodity>>. Acesso em: 23 de agosto de 2023
- CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, **Boletim do Comércio Exterior do Agronegócio**, 2022. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/storage/arquivos/files/Boletim-da-Comercio-Exterior-DEZ-2022-1.pdf>. Acesso em 18 de novembro de 2023.
- COMEX STAT; ComexVis, **Exportação por produtos**: soja. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis> . Acesso 23 de out. 2023
- CONAB, **Boletim da Safra de Grão**, 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/50042_98ebeac7e482b7ed7c696a9570e25404. Acesso em 11 nov 2023.
- CONTINI, E. et al.; **Projeções do agronegócio no Brasil e no mundo**. Revista de Política Agrícola Ano XV – Nº 1 – Jan./Fev./Mar. 2006.
- CONTINI, E. et al.; **Complexo soja**: caracterização e desafios tecnológicos: parte 1. 35 p. (Desafios do Agronegócio Brasileiro). Brasília, DF, 2018.
- CRUZ, P. A. e al.; **Utilização de modelos matemáticos na simulação numérica da produção e exportação de soja no Tocantins até 2025**. Revista CEREUS, v. 8, n. 3, p. 35-52, 2016.

DALL'AGNOL, A.; **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições** / Brasília, DF : Embrapa, 2016.

DALL'AGNOL, A. et al.; **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina: Embrapa Soja, 11 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 43). 2007

DERANI, C.; SCHOLZ, M. C.; **A Injustiça Ambiental das Externalidades Negativas das Monoculturas Para Commodities Agrícolas de Exportação no Brasil**. Revista de Direito Agrário e Agroambiental, v. 3, n. 2, p. 1–25, 2017.

FGV | IBRE – Instituto Brasileiro de Economia. **Indicador De Comércio Exterior – ICOMEX**. Icomex de julho referente a balança comercial de junho - Número 75, 2023.

GOODRICH, R. L.; **Applied Statistical Forecasting**, Belmont, **Business Forecast Systems**, 1989.

GOODRICH, R. L.; STELLWAGEN, E.A.; **Forecast Pro for Windows**. **Business Forecast Systems**, 1999.

HIRAKURI, M. H., & LAZZAROTTO, J. J. (2014). **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2014.

ITAÚ BBA, **Agro Mensal**, Outubro 2023. Disponível em: <https://www.itau.com.br/media/dam/m/65efa8ef4f5bff8a/original/Agro-Mensal-outubro.pdf>. Acesso em 11 de novembro de 2023.

LAGO, E. J. M.; **Maranhão soja export 2040: análise do cenário de exportação de soja maranhense entre 2021 e 2040**. São Luís: Centro Universitário UNDB, 2020.

MAPA/ACE, **Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/2019 a 2028/29**. Projeções de longo Prazo, Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2018-2019-2028-2029>. Acesso em: 30 out. de 2023.

MAPA/ACE, **Projeções do Agronegócio: Brasil 2022/2023 a 2032/33**. Projeções de longo Prazo, Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf>. Acesso em: 30 out. de 2023.

MONTGOMERY, D.C., JOHNSON, L.A., **Forecasting and Time Series Analysis**. New York, McGraw-Hill Book Co., 1990.

OLIVEIRA, L. L. S.; **Economia dos Recursos Naturais, Desenvolvimento Sustentável e Teoria do Crescimento Econômico: Uma aplicação para o Brasil, 2004** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PRADO, L.C.D.; TORRACA, J.F.; LIMA-E-SILVA, J.C.A. **Um novo olhar sobre um antigo debate: a tese Prebisch-Singer é, ainda, válida?** Economia Aplicada, v.20, n.2, p.203-226, 2016.

PRESBICH, R. **El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales Problemas**, 1949.

QUEIROZ, N. T. . **O conhecimento histórico para compreensão dos problemas ambientais da atualidade**. EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM AÇÃO , v. 59, p. 2645, 2017.

SANTANA, E. **Proposta de Previsão da Produção e Exportação da Soja na Região Nordeste do Brasil**, através de Modelos Lineares Generalizados. São Cristóvão -SE 2015.

SILVA, C. D. **Cultura da soja (Glycine max)**: uma abordagem sobre a viabilidade do cultivo no município de Ribeira do Pombal (BA). 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Agrônômica, Uniages, Paripiranga, 2021.

SOUZA, M. et al.; **O Complexo de Soja**: Aspectos Descritivos e Previsões, Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, v. 2, n. 1, 2010.

SOUZA, R. C., CAMARGO, M. E., **Análise e Previsão de Séries Temporais**: Os Modelos ARIMA. SEDIGRAF, 1996.

SOUZA, T. A.; VERÍSSIMO, M. P.; **O papel das commodities para o desempenho exportador brasileiro**. Indicadores Econômicos FEE, Porto Alegre, v. 40, n. 2, p. 79-94, 2013.

ZAMBERLAN, L. et al. **Produção e Demanda em Agronegócios**: Uma Análise do Mercado da Soja e de Proteína Animal. 2013.

ZANINI, Alexandre. **Modelos de Previsão para Séries Temporais**. Material Didático. Juiz de Fora, 2023.

ZEMOLIN, E. M. **Análise da evolução da competitividade e da inserção externa do complexo soja brasileiro**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.