

XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

PREVISÃO DO PREÇO MÉDIO DO FARELO DE MILHO NO ESTADO DO PARANÁ: UM ESTUDO DE CASO DA FERRAMENTA TimesNet

FORECASTING THE AVERAGE PRICE OF CORN MEAL IN THE STATE OF PARANÁ: A
CASE STUDY OF THE TimesNet TOOL

PREDICCIÓN DEL PRECIO PROMEDIO DEL SALVADO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE
PARANÁ: UN ESTUDIO DE CASO DE LA HERRAMIENTA TimesNet

Aldino Normelio Brun Polo¹

Maria Luiza Barco Catto Kossar²

Laercio Mantovani Frare³

Deborah Catharine de Assis Leite⁴

Área Temática: Economia Agrícola e Meio Ambiente
JEL Code : C45

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo para a previsão do preço médio do farelo de milho para o estado do Paraná. A base de dados, fornecida pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB-PR), apresenta uma série histórica do preço médio mensal, para o período de janeiro/1995 até dezembro/2023, totalizando 348 observações. O modelo de previsão, construído na ferramenta TimesNet, foi implementado na linguagem Python. Os resultados obtidos, de previsão do preço médio do farelo de milho, demonstraram a boa capacidade de previsão, para um horizonte de seis meses, da ferramenta TimesNet.

Palavras-chave: Rede neural artificial; Agronegócio; Agroindústria; Série temporal.

Abstract: This work presents the development of a model for predicting the average price of corn bran for the state of Paraná. The database, provided by the Secretariat of Agriculture and Supply of the State of Paraná (SEAB-PR), presents a historical series of the average monthly price for the period from January/1995 to December/2023, totaling 348 observations. The forecasting model, built in the TimesNet tool, was made in Python language. The results obtained, predicting the average price of corn bran, demonstrated the good forecasting capacity, for a six-month horizon, of the TimesNet tool.

Key-words: Artificial neural network; Agribusiness; Agroindustry; Time series.

Resumen: Este trabajo presenta el desarrollo de un modelo para predecir el precio promedio del salvado de maíz para el estado de Paraná. La base de datos, proporcionada por la Secretaría de Agricultura y Abastecimiento del Estado de Paraná (SEAB-PR), presenta una serie histórica del

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR; Brasil; <https://orcid.org/0009-0000-2969-274X>; aldinopolo@alunos.utfpr.edu.br.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR; Brasil; <https://orcid.org/0009-0009-5033-562X>; mariakossar@alunos.utfpr.edu.br.

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR; Brasil; <https://orcid.org/0000-0002-6367-0023>; laercio@utfpr.edu.br.

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR; Brasil; <https://orcid.org/0000-0001-7032-7373>; deborahleite@utfpr.edu.br.



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

precio promedio mensual para el período de enero/1995 a diciembre/2023, totalizando 348 observaciones. El modelo de predicción, construido en la herramienta TimesNet, se realizó en lenguaje Python. Los resultados obtenidos, prediciendo el precio medio del salvado de maíz, demostraron la buena capacidad de previsión, para un horizonte de seis meses, de la herramienta TimesNet.

Palabras-clave: Red neuronal artificial; Agronegocio; Agroindustria; Series temporal.

Introdução.

A cadeia produtiva do milho é de grande importância para a economia brasileira, pois o milho tem grande uso culinário e é o principal macroingrediente para a produção de rações (ALMEIDA, 2018; CALDARELLI; BACCHI, 2012). Além disso, a produção de milho apresenta influência e interações com outras cadeias produtivas, como a cadeia de produção da soja e a suinocultura (CALDARELLI; BACCHI, 2012; PONTES *et al.*, 2015). O milho também é muito utilizado, na sua forma de farelo, na fabricação de ração animal e, no consumo humano, como ingrediente da indústria de panificação, barras de cereais e como substrato em processos fermentativos (SOUSA *et al.*, 2019).

O Brasil, a partir da safra agrícola de 2018/2019, foi consolidado como um dos principais produtores e exportadores de milho a nível mundial, ultrapassando as 100 milhões de toneladas de grãos de milho no ano de 2019 (GUIMARÃES, 2024; IBGE, 2020). Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor de milho, produzindo 127 milhões de toneladas na safra 2023/2024 (ABIMILHO, 2024).

Segundo CONTINI *et al.* (2019), o mercado do milho no Brasil tem mostrado crescimento no passado recente, no entanto ainda é necessário vencer alguns desafios, entre eles, cita-se a falta de clareza na formação de preços. Assim, projeções do preço do farelo milho são muito importantes para toda a cadeia produtiva do setor e, também para outras cadeias produtivas. Além disso, projeções futuras, através de séries temporais, podem auxiliar em tomadas de decisões individuais e organizacionais (TONG, 2015).

A TimesNet é uma técnica avançada para fazer previsões de séries temporais. Esta técnica demonstra um bom desempenho em cenários de longo e curto prazo. Ainda, o TimesNet pode apurar oscilações temporais complexas através de uma arquitetura modular e perceber variações intra e interperíodos (WU *et al.*, 2023).

Diversos trabalhos, apresentados na literatura, utilizaram modelos de séries temporais para fazer previsões relacionadas a cadeia produtiva do milho. Podemos citar: Santos *et al.* (2023) utilizaram modelos de Rede Neural Artificial LSTM e SARIMA para prever o preço do milho no estado do Rio Grande do Sul. Almeida (2018) aplicou um modelo ARMA para prever o preço do milho no estado do Ceará. Favro *et al.* (2015) utilizaram cointegração e um modelo de autorregressão vetorial, com correção de erros, para estimar a oferta de exportação do milho para o Brasil.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver, por meio da ferramenta TimesNet, um modelo, para a previsão do preço médio do farelo de milho (R\$/ton), para o estado do Paraná.

Procedimentos Adotados.

Para a realização deste trabalho, após a coleta dos dados, realizou-se a análise exploratória dos dados com o objetivo de obter informações sobre a base de dados. Então, foi construído um modelo de previsão, em linguagem Python, utilizando a ferramenta TimesNet, nessa etapa, também, foram feitos



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

o treinamento e validação do modelo. E, por fim, o modelo de previsão foi testado, verificando-se o desempenho do modelo através das métricas RMSE e MAPE.

Base de Dados:

Neste trabalho utilizou-se uma base de dados, com 348 meses (janeiro/1995 – dezembro/2023), fornecida pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB-PR). Esta base de dados está disponível no site institucional do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (SEAB-PR/IPEA, 2024). Os preços relativos, ao período de julho/2023 a dezembro/2023, foram retirados do conjunto de dados para serem utilizados na realização do teste do modelo. As seis primeiras entradas da base de dados da SEAB-PR são mostradas na Tabela 1.

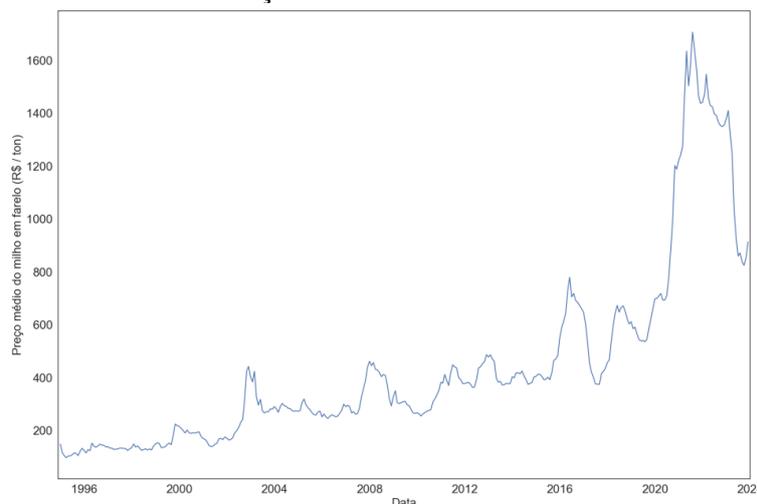
Tabela 1 – Seis primeiras entradas da base de dados.

Data	Preço médio do farelo de milho (R\$/ton)
jan/1995	148,05
fev/1995	115,46
mar/1995	105,29
abr/1995	96,86
mai/1995	102,84
jun/1995	103,62

Fonte: SEAB-PR/IPEA (2024)

Na Figura 1, é apresentada a série histórica da base de dados obtida da SEAB-PR.

Figura 1 – Série histórica: Preço médio do farelo de milho no estado do Paraná.



Fonte: SEAB-PR/IPEA (2024).

TimesNet:

O modelo TimesNet, proposto por WU *et al.* (2023), se baseia em Redes Neurais Convolucionais. A arquitetura TimesNet apresenta uma abordagem, para análise de séries temporais, que transforma os



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

dados de uma série temporal unidimensional (1D) em um formato de tensor bidimensional (2D). Além disso, o modelo apresenta uma arquitetura modular para capturar padrões temporais derivados de diferentes períodos (PEIXEIRO, 2023; WU *et al.*, 2023).

Métricas:

As métricas utilizadas, para avaliação do desempenho do modelo TimesNet, foram o RMSE (*Root Mean Squared Error*) e o MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) (ANTONIOLLI, 2021):

RMSE: é, normalmente, usada em séries temporais por ser mais sensível a erros maiores, devido ao processo de quadratura que a produziu.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ((y_i - \hat{y}_i)^2)} \quad 1$$

MAPE: indica qual a porcentagem do erro sobre os valores reais.

$$MAPE = 100 \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{y_i} \right| \quad 2$$

Onde: y_i é o valor real, \hat{y}_i é o valor predito e n o número de observações.

Resultados e discussão.

Análise descritiva:

Inicialmente, neste estudo, foi realizado uma análise estatística da base de dados (Tabela 2)..

Tabela 2 – Análise estatística da base de dados para o período de jan/1995 a dez/2023.

Média (R\$/ton)	442,74
Valor mínimo (R\$/ton)	96,86
Valor máximo (R\$/ton)	1707,50
Desvio padrão (R\$/ton)	353,24
Coefficiente de variação (%)	79,78

Fonte: Autoria própria (2024).

Observa-se, através dos dados da Tabela 2, que o preço do farelo de milho para o período analisado ficou, em média, 442,74 R\$/ton. Para esse período, os valores máximo e mínimo foram 1707,50 R\$/ton e 96,86 R\$/ton, respectivamente. Ainda, o coeficiente de variação foi de 79,78%, indicando uma alta variabilidade dos dados (PIMENTEL-GOMES, 2009).

Treinamento e validação:

O ajuste dos hiperparâmetros do modelo TimesNet, por meio do método de otimização Bayesiana (FRAZIER, 2018), foi realizado na etapa de treinamento e validação. Para isso foram utilizados 336 meses (janeiro/1995 – dezembro/2022) para treinamento e 6 meses (janeiro/2023 – junho/2023) para validação, a métrica utilizada para definir o ajuste dos hiperparâmetros foi o MAPE, que ficou em 14,58%. Os hiperparâmetros selecionados são apresentados na Tabela 3.



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

Tabela 3 – Hiperparâmetros do modelo TimesNet.

Hiperparâmetro	Valor
<i>hidden_size</i>	128
<i>dropout</i>	0,4885
<i>batch_size</i>	16
<i>learning_rate</i>	0,0003

Fonte: A autoria própria (2024).

Teste:

Na sequência, testou-se o modelo TimesNet para valores que não participaram da etapa de treinamento e validação, o conjunto de teste foi composto pelo período de julho/2023 a dezembro/2023, sendo que esse período é quando ocorre a primeira safra do milho (PEREIRA FILHO; CRUZ; GARCIA, 2021). Na Tabela 4, apresentam-se os dados observados (SEAB-PR) e os dados previstos pelo modelo TimesNet.

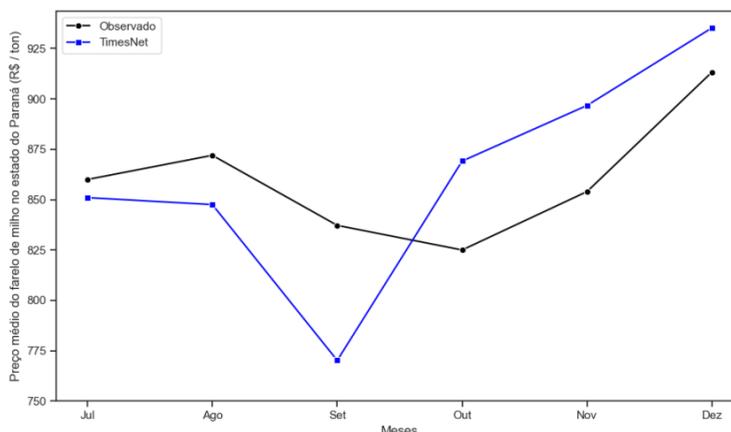
Tabela 4 – Comparação de previsão dos custos, em R\$/ton, entre os valores da SEAB-PR e os valores previstos pelo modelo TimesNet.

Mês	SEAB-PR	TimesNet	Erro Relativo (%)
Jul/2023	860,00	850,98	1,05
Ago/2023	872,00	847,54	2,81
Set/2023	837,21	770,16	8,01
Out/2023	825,00	869,14	-5,35
Nov/2023	854,00	896,77	-5,01
Dez/2023	913,33	935,29	-2,40

Fonte A autoria própria (2024).

Na Figura 2 são apresentados os resultados das previsões para o período de seis meses do Conjunto de Teste.

Figura 2 – Previsões – Conjunto de teste.



Fonte: A autoria própria (2024).

XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

Observa-se que o modelo TimesNet apresentou, para o Conjunto de Teste, um RMSE de 39,65 R\$/ton e um MAPE de 4,10 %. Observa-se também, dos resultados apresentados na Tabela 4 e na Figura 2, que os resultados obtidos pelo modelo TimesNet estão próximos aos fornecidos pela SEAB-PR. Além disso, apresenta um bom valor de MAPE (4,10 %).

Considerações Finais.

Este trabalho buscou, através da ferramenta TimesNet, construir um modelo para a previsão do preço médio do farelo de milho no estado do Paraná. O modelo proposto foi treinado e testado por meio de uma série histórica mensal dos preços médio do farelo (janeiro/1995 – dezembro/2023), disponibilizada pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (Seab-PR). As métricas de desempenho RMSE e MAPE foram utilizadas para avaliar a capacidade de previsão do modelo. Analisando as projeções efetuadas, de acordo com as métricas de desempenho consideradas, é possível afirmar que o modelo TimesNet obteve um bom desempenho (RMSE=.39,65 R\$/ton e MAPE=4,10%).

Observou-se também, dos dados previstos do Conjunto de Teste, que o modelo apresenta resultados próximos ao da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Portanto, a proximidade entre os valores reais e previstos demonstram uma boa capacidade de generalização do modelo TimesNet.

Por fim, pode-se observar que o modelo é válido e pode auxiliar na minimização dos riscos e incertezas do processo de tomada de decisão com relação ao preço médio do farelo de milho.

Referências

ABIMILHO. **Estatísticas de Milho**. Site Institucional. Disponível em: <<https://abimilho.com.br/estatisticas>>. Acesso em: 5 jun. 2024.

ALMEIDA, J. W. R. **Previsão do preço do milho para o estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado)—Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2018.

ANTONIOLLI, E. A. **Previsão do consumo de energia elétrica em um frigorífico: um estudo de caso utilizando regressão linear, redes neurais e máquinas de vetores de suporte**. Dissertação—Medianeira: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova Economia**, v. 22, n. 1, p. 141–164, 2012.

CONTINI, E. et al. **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Embrapa, , 2019.

FAVRO, J.; CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. D. Modelo de Análise da Oferta de Exportação de Milho Brasileira: 2001 a 2012. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 3, p. 455–476, set. 2015.

GUIMARÃES, L. J. M. **Dia Nacional do Milho - A Importância do Milho para o Agronegócio Brasileiro**. Site Institucional. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/>>



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

/noticia/89583335/artigo-dia-nacional-do-milho---a-importancia-do-milho-para-o-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 5 jun. 2024.

IBGE. PAM 2019: valor da produção agrícola nacional cresceu 5,1% e atingiu o recorde de R\$ 361 bilhões. Site de Notícias. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/29005-pam-2019-valor-da-producao-agricola-nacional-cresceu-5-1-e-atingiu-o-recorde-de-r-361-bilhoes>>. Acesso em: 5 jun. 2024.

PEIXEIRO, M. TimesNet: The Latest Advance in Time Series Forecasting. Disponível em: <<https://towardsdatascience.com/timesnet-the-latest-advance-in-time-series-forecasting-745b69068c9c>>. Acesso em: 8 dez. 2023.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C. Sistemas Diferenciais de Cultivo. Site Institucional. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo>>. Acesso em: 5 jun. 2024.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

PONTES, G. DE A.; ARAÚJO, T. S.; TAVARES, M. Comparação dos custos variáveis de produção de carne suína brasileira: uma análise entre o período de 2006 e 2013. **Custos e agronegócio**, v. 11, n. 4, 2015.

SANTOS, J. A. A. et al. Previsão do preço do milho: uma comparação entre os modelos SARIMA e LSTM. **Peer Review**, v. 5, n. 18, p. 537–549, 23 ago. 2023.

SEAB-PR/IPEA. Preço médio no atacado: milho em farelo (tonelada - Paraná). Site Institucional. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 5 abr. 2024.

SOUSA, T. L. D. et al. Farelo de milho: um ingrediente para desenvolvimento de produtos e processos alimentícios. Em: **Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. v. 2p. 197–208.

TONG, H. Threshold models in time series analysis - Some reflections. **Journal of Econometrics**, v. 189, n. 2, p. 485–491, dez. 2015.

WU, H. et al. TimesNET: Temporal 2d-Variation Modeling For General Time Series Analysis. ICLR 2023. **Anais...2023**.

