

Previsão do produto interno bruto do estado de Mato Grosso em função da produção de soja, milho, caroço de algodão, e arroba do boi com o uso de redes neurais artificiais

A previsão do PIB facilita o processo de tomada de decisão relacionando os dados obtidos, como a destinação de recursos financeiros de MT em áreas de desenvolvimento e tributação, por exemplo. Tenta-se responder à questão do poder preditivo das Redes Neurais Artificiais (RNA) para explicar o PIB de MT em função das variáveis independentes, como a produção de soja, milho, caroço do algodão e abate de bois? Assim, o objetivo geral é estimar o PIB relativo à produção dessas quatro variáveis utilizando as RNAs. Com o específico objetivo de observar as correlações evoluídas entre essas variáveis quanto a produção de MT; construir, treinar e validar um modelo de RNAs com essas variáveis; utilizar o modelo construído e validado para realizar as previsões futuras. A relevância é a utilização dessa ferramenta de predição para poder prever o fluxo monetário que será demandado com o incremento da produção desses produtos, podendo planejar investimentos de curto e longo prazo. O artigo é classificado como exploratório descritivo, a série temporal em análise compreende o intervalo dos anos de 2000 a 2022. O software utilizado para construção da RNA é o SPSS - Statistical Package for the Social Sciences - Statistical Package for the Social Sciences. O modelo RNA preditivo é capaz de explicar o comportamento do PIB de MT com base nas variáveis independentes descritas, além disso, o modelo fornece valores e observações satisfatórias para sua validação. Os modelos propostos e validados são utilizados para fazer previsões com confiança significativa utilizando dados hipotéticos para as variáveis independentes.

Palavras-chave: Previsão; Agronegócios; Inteligência Artificial.

Forecast of the gross domestic product of the state of Mato Grosso as a function of soybean, corn, cottonseed, and beef arroba production with the use of artificial neural networks

The GDP forecast facilitates the decision-making process by relating the data obtained, such as the allocation of MT financial resources in areas of development and taxation, for example. The aim is to answer the question of the predictive power of Artificial Neural Networks (ANN) in explaining the GDP of MT about the independent variables, such as soybean production, corn production, cotton seed production, and cattle slaughter. Thus, the general objective is to estimate the GDP relative to the production of these four variables using ANNs. With the specific objective of observing the evolved correlations between these variables in relation to the production in MT; to build, train, and validate an ANN model with these variables; to use the built and validated model to make future predictions. The relevance lies in the use of this prediction tool to forecast the monetary flow that will be demanded with the increase in the production of these products, allowing for short and long-term investment planning. The article is classified as exploratory descriptive, and the time series under analysis comprises the years from 2000 to 2022. The software used for building the ANN is SPSS - Statistical Package for the Social Sciences. The predictive ANN model is capable of explaining the behavior of MT's GDP based on the described independent variables, furthermore, the model provides satisfactory values and observations for its validation. The proposed and validated models are used to make predictions with significant confidence using hypothetical data for the independent variables.

Keywords: Forecast; Agribusiness; Artificial Intelligence.

Topic: **Análise de Balanço**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **20/01/2024**

Approved: **15/03/2024**

Alex Gabriel Ferreira Neves 

Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil

<https://lattes.cnpq.br/7194281814839797>

<https://orcid.org/0009-0000-5686-7728>

alexgabrielferreira1@gmail.com

João Bosco Arbués Carneiro Júnior

Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5073023761658236>

jbaci@hotmail.com

Leticia Martins de Rezende 

Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/0998094901638796>

<https://orcid.org/0009-0000-3365-7154>

leticia.martinsderezende123@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-684X.2024.001.0003

Referencing this:

NEVES, A. G. F.; CARNEIRO JÚNIOR, J. B. A.; REZENDE, L. M.. Previsão do produto interno bruto do estado de Mato Grosso em função da produção de soja, milho, caroço de algodão, e arroba do boi com o uso de redes neurais artificiais. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v.15, n.1, p.26-40, 2024. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-684X.2024.001.0003>

INTRODUÇÃO

O agronegócio representa o setor da economia que engloba as atividades agrícolas e pecuaristas. Em diversas ocasiões, essas atividades são feitas em escala industrial, importantes setores econômicos para a sociedade mundial. Envolvendo uma cadeia de produção alimentar que interliga vários setores, como a agricultura, a pecuária e a indústria, além do comércio que consome seus produtos. Neste segmento, o emprego da tecnologia é imenso e necessário, não se restringindo apenas ao campo rural, estando presente principalmente nas indústrias que produzem sementes, adubos, agrotóxicos entre outros insumos agrícolas e conseqüentemente na gestão dessas empresas. Com sua complexidade e diversas cadeias produtivas envolvidas, pode-se dizer que o agronegócio abrange os três setores da economia: o setor primário (que diz respeito à agricultura, à pecuária e ao extrativismo); secundário (que corresponde à indústria) e o terciário (que agrega os serviços, formais ou informais, prestados nas mais diversas áreas, e as atividades comerciais).

No Brasil o agronegócio é popularmente conhecido com a abreviação da palavra “agro”. O termo em resumo se refere a grandes e modernas indústrias de monocultura que utilizam tecnologias avançadas, e de uma pequena força de trabalho, produzindo com fins lucrativos principalmente para mercados estrangeiros ou para a indústria de processamento agrícola.

Com destaque especial para o estado mato-grossense, ele sempre se destacou na liderança da produção agrícola nacional, com números bem relevantes, sempre acima da média nacional, sendo a economia que mais cresceu no país neste século. Suas estimativas superam impressionantes 200 bilhões do PIB, com certeza se tornando um dos estados brasileiros mais ricos.

A produção do Estado de Mato Grosso, tem uma pequena parte destinada ao consumo do mercado interno e a outra parte relevante da produção ao mercado de exportação. Resultando em um volume de exportação de insumos agrícolas considerável, o que relembra a referência constantemente de que, “O agro brasileiro alimenta 800 milhões de pessoas”, diz um estudo da Embrapa (CONTINI, 2021). Ou seja, através do cultivo dessas oleaginosas e da carne bovina, vários produtos são gerados, de modo que, neste trabalho, serão comentados e expostos como impulsionadores da economia do estado de Mato Grosso.

O PIB de Mato Grosso aumentou 6,7% no segundo trimestre de 2023 em comparação com o mesmo período de 2022. Na mesma comparação, o PIB nacional cresceu 3,4%, segundo o IBGE. Segundo a Secretaria de Planejamento e Gestão de Mato Grosso (SEPLAG-MT), o crescimento do PIB mato-grossense foi impulsionado pelo setor agropecuário, que cresceu 18,9% devido ao aumento da produção de soja, algodão e milho. A produção pecuária também aumentou, especialmente a criação de bovinos, suínos e aves. A pesquisa mostrou que a indústria também cresceu 6,8% e a indústria de serviços 2,6%. O economista Eduardo Matsubara, que liderou o estudo, disse que o crescimento no setor agrícola do estado levou ao progresso em outros setores.

No que diz respeito às unidades federativas, Mato Grosso ocupa o terceiro lugar entre os estados com melhor desempenho no segundo trimestre de 2023 em relação a 2022. O estado está logo atrás do estado do Paraná com melhor desempenho (8,2%), seguido pelo Rio de grande do Sul com 7,5%. Mato Grosso

teve a segunda maior taxa de crescimento, 8,3%, nos resultados anuais até junho. O Paraná teve o melhor desempenho, com 8,7%.

Perante o exposto, diversas técnicas são aplicadas para produzir as previsões; e é possível citar, desde os modelos tradicionais nomeadamente: o modelo de regressão linear, as séries temporais e os dados em painel (modelos econométricos) até o uso de modelos de inteligência artificial, particularmente, neste caso, cita-se especificamente as Redes Neurais Artificiais.

As Redes Neurais Artificiais (RNAs) vêm sendo empregadas com sucesso na previsão de séries temporais, por sua capacidade de aproximar funções não-lineares (OLIVEIRA et. al. 2010). Em consideração a isso, indaga-se: Qual seria a capacidade das RNAs em realizar previsões para explicarem o Produto Interno Bruto do estado de Mato Grosso em função da produção de soja, milho, caroço de algodão e do abate de cabeças bovinas?

Tomando em consideração o PIB, ele é como um termômetro econômico. Significa que, quanto maior for o índice de um estado, maior é a sua atividade econômica e conseqüentemente sua lucratividade. Por isso, saber os indicadores econômicos de uma atividade se torna tão importante para o planejamento de oferta e demanda do mercado. Com a ajuda das redes neurais aplicadas nesta previsão, é possível ter um melhor auxílio na hora de tomar decisões mais inteligentes e embasadas, uma vez que, a assistência humana é limitada. Já que, elas aprendem e modelam relacionamentos entre os dados de entrada e de saída complexos e não lineares. Lentamente ela constrói um conhecimento desses conjuntos de dados, o que fornece a resposta antecipadamente. Depois que a rede foi treinada, ela começa a criar palpites sobre o que nunca tinha processado antes.

Desse modo, a finalidade principal deste trabalho é estimar a participação do PIB de Mato Grosso em relação ao volume de produção da soja, milho, caroço de algodão e da quantidade de cabeças de ruminantes abatidas, com a utilização das Redes Neurais Artificiais.

Para contribuir na consecução deste objetivo, propõe-se: verificar as correlações entre todas as variáveis envolvidas a partir dos seus volumes de produção; criar, treinar e validar um modelo de RNAs com essas variáveis; utilizar o modelo construído e validado para realizar as suposições.

Com a utilização desta importante ferramenta de previsão, estima-se, contudo, o valor do produto interno bruto mato grossense, em função da produção dessas oleaginosas e do abate do gado. Assim, as partes mais interessadas, como os líderes governamentais e os próprios produtores rurais do Estado; terão melhores condições de planejamento e de expansão das áreas plantadas e da criação de gado, como também, uma facilidade maior a proposição de políticas públicas visando o ordenamento dessa expansão e a proteção do meio ambiente que, de uma forma ou de outra, será afetado com esse crescimento.

O governo do Estado também poderá prever o possível fluxo financeiro, que será demandado com o incremento da produção de subprodutos como: combustíveis feitos a partir da soja e do milho, da produção de farelo, rações, óleos, pluma de algodão, carcaça, couro e carnes, entre tantos outros.

Podendo assim, provisionar melhor os investimentos de modo a proporcionar melhores condições

de vida aos cidadãos mato-grossenses, não somente dos que vivem em torno das usinas, refinarias e frigoríficos, mas, de toda a população do território.

Contudo, realizar as estimativas de produção e da gestão sobre a soja, o milho, caroço de algodão, a arroba do boi e dos seus derivados é de grande valia para os atores sociais, pois são capazes de indicar políticas públicas, que podem auxiliar no processo da tomada de decisão dos produtores rurais, dos gestores públicos e privados.

O estudo busca também, auxiliar as empresas do agro que estão em uma corrida para um futuro com a baixa emissão de carbono (A emissão de carbono nada mais é do que a equivalência de impacto no aquecimento global proveniente da emissão de gases como o próprio Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), entre outros que contém flúor e cloro, que resulta no efeito estufa, diretamente atrelado às mudanças climáticas.), fornecimento de energia renovável e implementação de tecnologia na produção de componentes de nutrição animal que diminuam os impactos causados ao meio ambiente. Tentando assim, agregar benefícios socioambientais à cadeia produtiva e de biocombustíveis, ampliando a contribuição para um esforço global no combate às mudanças climáticas.

Ademais, um bom direcionamento no que ser plantado e o quanto plantar beneficiaria muito nessa meta de zero emissão de gases a ser alcançada. Para isso, temos bons exemplos de empresas que estão em solo mato grossense como a Caramuru, uma das principais empresas brasileiras do processamento de soja, milho, girassol e canola, pioneira na cadeia de soja com a comercialização do etanol hidratado de soja; a Agrisolutions Indústria De Biocombustíveis Ltda (FS), maior produtora de etanol de milho do Brasil e pioneira neste segmento; a COFCO International, busca reduzir os impactos ambientais diminuindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE), promovendo o uso de energia limpa; assim como a Bunge que tem o objetivo global de crescimento sustentável contínuo, entre outras.

A Caramuru Alimentos, por exemplo, com seu anúncio recente de comercialização do etanol hidratado de soja produzido em seu complexo industrial de Sorriso, em Mato Grosso, deu um salto na busca de novas fontes renováveis dentro do Estado (VITAL, 2023).

REVISÃO TEÓRICA

Economia de Mato Grosso

O Estado de Mato Grosso é o maior produtor das principais commodities que compõem o PIB brasileiro. Como a soja, milho, algodão e carne bovina, e este progresso deve-se principalmente à modernização da tecnologia utilizada nesta área.

Em 2019, quando diversas indústrias e estados do país passaram por grave crise, o estado de Mato Grosso (MT) ganhou destaque como referência nacional no enfrentamento do desemprego e na dinamização da economia. Trata-se de um aumento recorde no número de empresas que chegam ao estado e nas exportações realizadas. Um relatório recente do DEPEC-Bradesco sobre a economia de Mato Grosso mostra que entre 2017 e o início de 2020, a produção agrícola bruta do estado (sua principal matriz econômica) só

aumentou de 98,805 milhões de reais para mais de 165 milhões de reais. Os números ao longo dos anos mostram que o estado mato-grossense tem alcançado bons resultados em termos de geração de empregos e crescimento econômico.

Destaca-se no Estado de Mato Grosso os principais segmentos de produção: indústrias extrativistas, agricultura e a pecuária. Os mesmos, revelam a presença significativa do agronegócio no estado. Mas outras indústrias também têm alguma influência, proporcionando aos profissionais oportunidades de crescimento e tendências internas. Em análise geral, os dados do mercado de trabalho do estado estão melhorando.

Dados do DPEC-Bradesco mostram também que o número de empregos formais em Mato Grosso voltou a aumentar em 2021, após sofrer queda no crescimento durante a epidemia no início de 2020, principalmente nos setores empresarial e de serviços. Com o mercado de trabalho em alta, é importante conhecer as principais atividades profissionais no estado.

Redes Neurais Artificiais

A rede neural artificial é um algoritmo de computação que fornece um modelo matemático inspirado na estrutura de organismos inteligentes, tornando possível simplesmente conectar as funções do cérebro humano a um computador. Desta forma, as redes neurais artificiais são capazes de aprender e tomar decisões com base no seu próprio aprendizado, assim como o cérebro humano.

As (RNAs) são um ramo da inteligência artificial. Esses sistemas computacionais são inspirados nos neurônios biológicos e têm como objetivo a solução de problemas complexos, a partir de um independente conjunto de variáveis, como os padrões de reconhecimento de aproximações de funções (PRÍNCIPE et al., 1999).

Seguindo esta abordagem, o uso de redes neurais (RNAs) provou ser uma ferramenta altamente adequada para modelagem prospectiva. Obteve uma análise de regressão paramétrica clássica é a ferramenta mais utilizada em econometria para verificar a relação entre variáveis e fazer previsões, mas apresenta algumas limitações, como a necessidade de assumir a distribuição de probabilidade dos dados e a forma funcional da relação das variáveis. No processo de formação de expectativas, é inapropriado assumir que os agentes sabem disso porque os próprios economistas muitas vezes não sabem disso. Os modelos de RNAs possuem a atrativa propriedade de identificar trajetórias altamente complexas (não lineares) sem especificar a forma funcional dessa relação, ou seja, podem ser considerados aproximadores universais. Modelagem de formação de expectativas usando RNAs, tenta-se aproximar a maneira pela qual os agentes formam suas previsões.

As redes neurais é uma das técnicas de dados mais recentes, e que tem motivado muitos pesquisadores da área de tecnologia e da área de negócios. São modelos computacionais inspirados nos mecanismos de aprendizagem do cérebro humano que, de certa forma, tentam se aproximar o máximo possível da forma com que o cérebro resolve problemas e aprende (PAULO et al., 2009).

A origem da inteligência artificial se deu em 1943, quando McCulloch e Pitts desenvolveram o modelo

matemático do primeiro neurônio artificial. Em 1957, Frank Rosenblatt desenvolveu o Perceptron, que funciona a partir de conceitos baseados no funcionamento dos neurônios orgânicos.

No Perceptron, os dendritos são representados por entradas X_i , com pesos w_n , que são atribuídos a diversas conexões sinápticas, relacionado a um processo de autoajustes. Já o resultado de saída Y é dado a partir de uma junção aditiva, aplicada a uma função de ativação $\phi(u)$, que esteja, dentre outras, a função sinal (KHANNA, 1990; PRÍNCIPE et al., 1999)

O uso de RNAs em tais atividades está diretamente relacionado à sua capacidade de aprender com exemplos e generalizar as informações aprendidas. Outra característica importante das redes neurais artificiais é a capacidade de auto-organização, ou seja, a rede atribui padrões de entrada a uma categoria dentro de um conjunto de categorias conhecidas. Redes neurais artificiais são sistemas capazes de resolver problemas onde modelos explícitos são difíceis de criar. Eles têm a capacidade de inferir relações não lineares complexas e de resolver problemas sem a necessidade de definir uma lista de regras.

Carneiro Junior et al. (2019), no artigo “Aplicação de redes neurais artificiais na previsão do produto interno bruto do Mato Grosso do Sul em função da produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol” afirmam que a produção de cana-de-açúcar e de seus derivados contribui significativamente para o aumento do Produto Interno Bruto do estado de Mato Grosso do Sul (MS). Os gestores públicos e executivos do setor necessitam de informação para que as suas decisões sobre produção, tributação etc. possam ser de maior qualidade. Para tanto, a tecnologia de previsão auxilia no processo. Diante do exposto, este artigo tenta responder qual o poder preditivo das Redes Neurais Artificiais (RNA) na explicação do PIB do MS em função de variáveis independentes (produção de cana, açúcar e etanol). Portanto, o objetivo geral deste trabalho é estimar o PIB do MS relacionado à produção de cana, açúcar e etanol utilizando redes neurais artificiais. Objetivos específicos: Verificar a correlação entre as variáveis envolvidas na produção de açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar; construir, treinar e validar um modelo de RNA utilizando essas variáveis; fazer previsões utilizando o modelo construído e validado.

Penedo et al. (2007) no artigo Previsão de Preços do Açúcar Utilizando Redes Neurais Artificiais, enfatiza que para os países latino-americanos, a produção e exportação de produtos agrícolas são de grande importância no equilíbrio de suas contas comerciais. Portanto, conhecer o comportamento comercial desses produtos no mundo é vantajoso para o desenvolvimento de projetos de comercialização e tomadas de decisão. Como o Brasil está altamente envolvido no mercado internacional de açúcar, cerca de 40% das exportações mundiais vêm do Brasil, e o Brasil também tem um mercado interno forte, vale a pena esperar pela relação entre o mercado interno de açúcar do Brasil e os preços internacionais. Portanto, o impacto dos preços dos contratos futuros é analisado em seu trabalho Açúcar bruto Csce/Nybot nº 11, taxas comerciais, preços de açúcar rock saca de 50 kg por barril de petróleo spot WTI (mercado norte-americano) e spot europeu Brent (mercado europeu). Nesta análise foi utilizado o conceito de Rede Neural Artificial (RNA) que é utilizado para explorar o impacto dos parâmetros: número de camadas e número de interneurônios no desempenho da RNA. As RNAs possuem uma capacidade notável de estabelecer conexões entre diversas

variáveis, tornando-as independentes do banco de dados original, uma vez construída. O conhecimento está incorporado nas conexões neurais. Consequentemente, pode-se inferir que a rede utilizada para resolver a questão da previsão dos preços do açúcar serve como uma valiosa ferramenta de tomada de decisão.

METODOLOGIA

O objeto deste trabalho foi o setor da agricultura mato-grossense ligada ao cultivo do milho, da soja, do caroço de algodão e da arroba do boi. Matérias primas, que deram origem ao objetivo central deste trabalho, sobre a previsão da produção de cada produto, no período dos anos de 2000 a 2022, em uma das principais regiões produtoras do Brasil, o Mato Grosso com base em dados da série histórica das suas produções, no período de 2000/1 a 2021/2.

Em relação aos procedimentos metodológicos, este trabalho classifica-se como uma pesquisa documental, com a utilização de dados secundários, extraídos de relatórios gerenciais históricos de órgãos públicos e autarquias brasileiras. Ele também pode ser caracterizado como uma pesquisa exploratória-explicativa, que trata de explorar e aprofundar conhecimentos sobre um tema muito relevante ao Brasil, e explicativa, pois ambas possibilitam comprovar, aprofundar, explicar e identificar fatores que explicam a ocorrência de fatores que explicam a relevância e importância do tema proposto.

O Banco de Dados (BD) utilizado foi o do histórico da produção anual de milho, soja, algodão e arroba do boi no Mato Grosso, dos anos de 2000/1 até 2021/22, no qual se encontrava o volume de milho (em toneladas), soja (em toneladas), algodão (em toneladas) e arroba do boi (cabeça abatida). O banco de dados estava centralizado geograficamente na região de Mato Grosso, que é a principal produtora desses commodities.

Dados

A produção de soja em Mato Grosso tem sido um dos pilares do seu crescimento econômico. A produção de soja do estado cresceu exponencialmente nos últimos 20 anos, mudando a face da agricultura e estimulando o desenvolvimento econômico. A produção de soja aumentou dramaticamente desde o início deste século, passando de pequenas quantidades para recordes impressionantes. O estado não só se consolidou como líder na produção de soja, mas também ganhou reconhecimento internacional, contribuindo significativamente para a balança comercial do país.

Ao relembrarmos o crescimento econômico de Mato Grosso nas últimas duas décadas, fica claro que a determinação, o empreendedorismo e o compromisso com a excelência impulsionaram o sucesso do estado. A agricultura e a pecuária continuam a desempenhar um papel vital na economia de Mato Grosso, proporcionando às comunidades locais oportunidades de crescimento e desenvolvimento e contribuindo significativamente para a prosperidade do Brasil como um todo. Com uma base sólida, Mato Grosso está pronto para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades do futuro.

Os dados coletados a seguir foram de levantamento através dos sites como o Indea, Embrapa e IBGE.

Onde foram analisados os anos de 2000 até 2022 para realizar a coleta das informações. Foram catalogados para o estudo a soja, milho, caroço de algodão, e a arroba do boi (quantidade de cabeças vendidas para os abates).

Ano	Soja (Milhões de ton)	Boi (Quantidade de cabeças abatidas milhoes)	Caroço do Algodão (Milhões de ton)	Milho (Milhões de Ton)	Produto Interno Bruto tota de MT (Em Bilhões
2000/1	9,6	4,70	1,4	1	14.870,00
2001/2	11,7	5,00	1	1,5	16.309,00
2002/3	12,9	5,20	1,1	2,5	19.191,00
2003/4	15	6,6	1,6	2,8	26.697,00
2004/5	17,9	7,3	1,5	2,9	33.389,00
2005/6	16,7	7,9	1,3	3,6	34.257,00
2006/7	15,4	7,6	2	5,1	30.700,00
2007/8	17,7	7,1	2	7,8	38.028,00
2008/9	17,4	7,2	1,5	8,5	49.203,00
2009/10	18,8	7,4	1,4	8,7	52.693,00
2010/11	20,6	7,2	2,4	7	56.601,00
2011/12	21,4	8	2,8	18,4	69.154,00
2012/13	23,7	8,8	1,8	22,5	79.666,00
2013/14	26,3	8,4	2,6	17,7	89.213,00
2014/15	28,6	7,5	2,3	26,2	101.235,00
2015/16	27,8	7,3	2,2	19,1	107.418,00
2016/17	31,2	7,9	2,6	30,5	107.418,00
2017/18	32,6	8,3	3,3	27,6	123.834,00
2018/19	32,3	8,4	3,9	32,4	137.443,00
2019/20	35,4	7,7	4,4	35,4	142.122,00
2020/21	36,05	7	4,01	32,5	178.650,00
2021/22	37,04	7,9	4,38	43,8	216.885,00

Figura 1: Dados da investigação.

Análise dos dados

A estrutura do RNA MLP consiste em múltiplas camadas, normalmente três ou mais. Essas camadas incluem uma camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas e uma camada de saída. A camada de entrada contém as variáveis que servirão como preditoras no processo, especificamente as variáveis independentes. A camada intermediária é responsável por processar os neurônios e fazer ajustes nas funções e pesos sinápticos. Finalmente, a camada de saída consiste nos parâmetros que precisam ser previstos, chamados de variáveis dependentes.

Existem pesos representados por w_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) entre cada camada, que estão relacionados à entrada dada por x_i , da qual se obtém o produto $w_i \times x_i$, e depende do estímulo gerado pela soma A entrada é ponderada por pesos e o neurônio ativa a função de transferência, emitindo assim uma resposta vá para o próximo nível. A camada de saída, dada por y_i , recebe estímulos da camada intermediária e gera modo de resposta. Portanto, a camada intermediária atua como um extrator de recursos Padrões de entrada, codificados por pesos e permitem que a rede sinalize o problema Resultado mais detalhado (HAYKIN, 1999). Para que a RNA apresenta resultados de saída é necessário aplicar o processo de aprendizagem da rede, cuja resposta é resultado do processo obtido do treinamento dessa rede através de um algoritmo. O algoritmo de aprendizagem adotado para a RNA MLP foi o de retropropagação dos erros, ou também denominado de backpropagation, que trata de uma técnica de treinamento supervisionada e realiza o ajuste dos pesos através do cálculo da diferença entre o valor previsto e o valor observado (BUSTAMI et al., 2007; DESHMUK et al., 2010; COUTNHO et al., 2016). Uma vez otimizada a saída da rede minimizando erros quadráticos, ocorre a validação do sinal de saída, seguida da avaliação do desempenho da rede por meio de métricas que comparam os dados de saída com os dados observados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatística Descritiva

Essas estatísticas aparentemente se referem ao Produto Interno Bruto (PIB) do estado de Mato Grosso (MT), apresentando valores reais e preditos para o PIB. Passa-se a analisar cada medida estatística apresentada:

		Produto Interno Bruto do MT	Valor Predito para PIB	PredictedValue
N	Válido	22	22	22
	Omisso	1	1	1
Média		78408,0000	78454,8567	78454,8567
Mediana		62877,5000 ^a	61707,9521 ^a	61707,9521 ^a
Modo		107418,00	25738,94 ^b	25738,94 ^b
Mínimo		14870,00	25738,94	25738,94
Máximo		216885,00	178650,12	178650,12
Soma		1724976,00	1726006,85	1726006,85

a. Calculado a partir dos dados agrupados.

b. Ha vários modos. O menor valor é mostrado

Figura 2: Estatística Descritiva.

Números Válidos (N): Indica o número total de observações válidas para cada conjunto de dados. No caso apresentado, há 22 observações válidas para o PIB do MT, tanto para os valores reais quanto para os valores preditos.

Omissões: Indica se há algum valor ausente ou omissão nos dados. Aqui, há 1 omissão nos dados referentes ao PIB real e ao valor predito.

Média: É a média aritmética dos valores do PIB. Para o PIB real, a média é de R\$ 78.408,00, enquanto para o valor predito, a média é de R\$ 78.454,86.

Mediana: É o valor que separa a metade superior da metade inferior de um conjunto de dados. Para o PIB real, a mediana é de R\$ 62.877,50, enquanto para o valor predito, a mediana é de R\$ 61.707,95.

Modo: Indica o valor que aparece com mais frequência no conjunto de dados. Para o PIB real, o modo é R\$ 107.418,00, enquanto para o valor predito, há múltiplos modos, sendo o menor deles R\$ 25.738,94.

Mínimo e Máximo: Representam os valores mínimos e máximos observados no conjunto de dados. Para o PIB real, o mínimo é R\$ 14.870,00 e o máximo é R\$ 216.885,00. Para o valor predito, o mínimo e o máximo são R\$ 25.738,94 e R\$ 178.650,12, respectivamente.

Soma: Representa a soma de todos os valores do conjunto de dados. Para o PIB real, a soma é de R\$ 1.724.976,00, enquanto para o valor predito, a soma é de R\$ 1.726.006,85.

Essas estatísticas são úteis para entender a distribuição dos valores do PIB do estado de Mato Grosso, tanto os valores reais quanto os preditos, o que pode auxiliar em análises econômicas e tomadas de decisão relacionadas ao desenvolvimento econômico da região.

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Produto Interno Bruto do MT	22	14870,00	216885,00	78408,0000	55714,86294
Valor Predito para PIB	22	25738,94	178650,12	78454,8567	50785,42383
PredictedValue	22	25738,94	178650,12	78454,8567	50785,42383
N válido (de lista)	22				

Figura 3: Estatísticas Descritivas.

As estatísticas descritivas apresentadas mostram dados relevantes relacionados a valores preditos para o Produto Interno Bruto (PIB) de uma determinada região, especificamente o estado de Mato Grosso

(MT). Vamos analisar cada medida estatística fornecida:

N (Número de Observações): O conjunto de dados contém 22 observações.

Mínimo e Máximo: Os valores mínimo e máximo são os menores e maiores valores observados no conjunto de dados, respectivamente. No caso do PIB predito e do Valor Predito para PIB, esses valores são idênticos e estão em torno de 25.738,94 e 178.650,12, indicando a amplitude do intervalo de predições.

Média: A média representa o valor médio de todas as observações no conjunto de dados. Para o PIB predito e o Valor Predito para PIB, a média é de aproximadamente 78.454,86, indicando o valor médio previsto para o PIB da região.

Desvio Padrão: O desvio padrão é uma medida de dispersão que indica o quanto os valores estão dispersos em relação à média. Quanto maior o desvio padrão, maior é a dispersão dos dados. Para o PIB predito e o Valor Predito para PIB, o desvio padrão é de aproximadamente 50.785,42, indicando uma variabilidade considerável nas previsões.

Produto Interno Bruto de MT: Essa coluna apresenta as estatísticas descritivas para o PIB real do estado de Mato Grosso. Os valores mínimos, máximos, média e desvio padrão são semelhantes aos dos valores preditos, sugerindo que as previsões estão em uma faixa comparável com os dados reais do PIB.

Em suma, essas estatísticas descritivas fornecem uma visão geral dos valores preditos para o PIB da região, mostrando tanto a tendência central quanto a dispersão dos dados em relação às previsões feitas.

Correlação das Variáveis

Essas correlações são correlações de Pearson, uma medida estatística que quantifica a força e a direção de uma relação linear entre duas variáveis. Aqui, as correlações são utilizadas para avaliar a relação entre o produto interno bruto (PIB) real, as previsões do PIB e as próprias previsões para o estado de Mato Grosso (MT). Correlação entre o PIB real e os valores do PIB previstos: A correlação entre o PIB real e os valores do PIB previsto é de 0,974. Isto mostra que existe uma forte correlação positiva entre os valores reais do PIB e os valores previstos. Além disso, o valor p (Sig.) é muito baixo (inferior a 0,001), o que significa que esta correlação é altamente significativa estatisticamente.

		Produto Interno Bruto do MT	Valor Predito para PIB	PredictedValue
Produto Interno Bruto do MT	Correlação de Pearson	1	,974**	,974**
	Sig. (2 extremidades)		<,001	<,001
	N	22	22	22
Valor Predito para PIB	Correlação de Pearson	,974**	1	1,000**
	Sig. (2 extremidades)	<,001		<,001
	N	22	22	22
PredictedValue	Correlação de Pearson	,974**	1,000**	1
	Sig. (2 extremidades)	<,001	<,001	
	N	22	22	22

** .A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Figura 4: Correlação das Variáveis

A correlação entre o PIB real e o próprio valor previsto: A correlação entre o PIB real e o próprio valor previsto é de 0,974. Isto é esperado porque os valores previstos são baseados em modelos ou metodologias que tentam captar o comportamento do PIB real. Novamente, o valor p é muito baixo, indicando alta significância estatística.

Essas correlações indicam que os valores previstos e reais do PIB estão em concordância, o que pode

indicar a validade do método utilizado para prever o PIB em Mato Grosso. Esta análise pode ser utilizada para avaliar a precisão dos modelos económicos e para fins de planeamento e previsão económica.

Rede Neural Artificial

As redes neurais artificiais (RNAs) são definidas como sistemas computacionais de processamento paralelo com capacidade de armazenar conhecimento empírico e se assemelha ao cérebro humano por apresentam dois principais fatores: capacidade de aprendizagem e capacidade de generalização (HAYKIN, 1999). As redes perceptron de múltiplas camadas (RNA MLP), também denominadas multilayer perceptron, são tipos de redes que são aplicadas a diferentes problemas combinatórios e na solução de diversas tarefas, como por exemplo: o processamento de informações, o reconhecimento de padrões, a previsão do tempo, problemas de classificação, processamento de imagens, dentre outros (VIEIRA et al., 2012; BRAGA et al., 2014). A RNA MLP possui uma estrutura composta basicamente por três camadas ou mais camadas, sendo, respectivamente, de uma camada de entrada, uma ou mais camadas intermediárias ou ocultas e uma camada de saída. Na camada de entrada são inseridos os parâmetros das variáveis que serão preditoras no processo, ou seja, as variáveis independentes, na camada intermediária ocorrem o processamento dos neurônios e ajustes das funções e pesos sinápticos e, na camada de saída, estão os parâmetros a serem previstos, denominados de variáveis dependentes.

Observe que cada um dos neurônios da camada de entrada se conecta a todos os outros neurônios da camada intermediária e estes por sua vez aos neurônios da camada de saída e, dependendo da estimulação gerada pela soma ponderada do produto dos neurônios de entrada por seus pesos sinápticos, a função de transferência e emissão dos sinais de saída serão diferentes (KOVÁCS, 2006; LITTA et al., 2013; BRAGA et al., 2014).

Quando o resultado da rede atingir a otimização por meio da minimização dos erros quadráticos, o sinal de saída é validado e se deve então avaliar o desempenho da rede a partir das métricas de avaliação dos dados de saída com relação aos dados observados.

Resultado

Os resultados mostraram que as redes neurais artificiais são capazes de prever com muita precisão o PIB de Mato Grosso com base na produção agrícola de soja, milho, caroço de algodão e da carne bovina. A incorporação destas variáveis agrícolas no modelo capta os efeitos diretos e indiretos da produção agrícola no desempenho económico de um país. Além disso, os métodos de RNA provaram ser robustos no tratamento da complexidade dos dados e na adaptação a padrões não lineares.

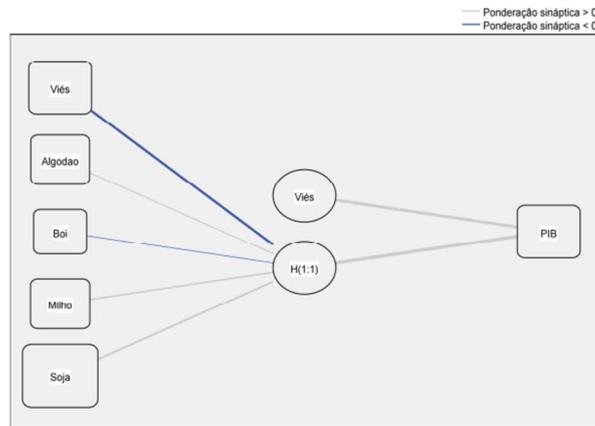
Com base nas informações fornecidas, parece que um modelo de rede neural relativamente simples está sendo proposto, consistindo em uma camada oculta e uma camada de saída. Este modelo recebe 4 variáveis independentes na entrada e tenta prever uma variável dependente na saída. A função de ativação utilizada na camada oculta é tangente hiperbólica, enquanto na camada de saída parece ser uma função de

identidade. Parece que o método de reescalonamento padrão aplicado é a padronização (standardization), tanto para as variáveis de entrada quanto para as variáveis dependentes.

Camada de entrada	Covariáveis	1	Caroço do Algodão
		2	Boi - Cabeças Abatidas
		3	Milho
		4	Soja
	Número de unidades ^a	4	
	Método de reescalonamento para covariáveis	Padronizado	
Camadas ocultas	Número de camadas ocultas	1	
	Número de Unidades na Camada Oculta 1 ^a	1	
	Função de ativação	Tangente hiperbólica	
Camada de saída	Variáveis dependentes	1	Produto Interno Bruto do MT
		Número de unidades	1
	Método de reescalonamento para dependentes de escala	Padronizado	
	Função de ativação	Identidade	
	Função de erro	Soma dos Quadrados	

a. Excluindo a unidade de viés

Figura 5: Resultado.



Função de ativação de camada oculta: Tangente hiperbólica

Função de ativação de camada de saída: Identidade

Figura 6: Resultado

A ilustração acima representa o fluxo de entrada, processamento e saída da Rede Neural Artificial (RNA), o que facilita a compreensão da sua estrutura. Ela mostra visualmente como as camadas estão interconectadas e como os neurônios estão distribuídos. O termo "viés" na Figura 6 refere-se aos valores adicionados a cada neurônio antes da aplicação da função de ativação. Esse ajuste de viés tem o propósito de modificar o limiar de ativação de cada neurônio, permitindo que a RNA adapte a inclinação e a posição da função de ativação para melhor se ajustar aos dados de treinamento. Essa adaptação é crucial para modelar relações complexas e não lineares nos dados analisados pela rede.

A Figura 6 acima oferece um resumo dos resultados obtidos no treinamento e teste do modelo usando uma amostra de validação. Ela apresenta o erro relativo tanto para a amostra de treinamento (60%) quanto para a amostra de teste (17%). É notável que o erro relativo na fase de treinamento seja superior ao da fase de teste. Esses resultados destacam a importância dos testes por amostragem para validar o modelo após o treinamento. Essa prática é crucial para avaliar o desempenho da rede em dados não utilizados

durante o treinamento, o que ajuda a determinar sua capacidade de fazer previsões precisas.

Treinamento	Soma dos erros quadráticos	.509
	Erro relativo	,060
	Regra de parada usada	1 passos consecutivos sem diminuição de erros ^a
	Tempo de treinamento	0:00:00.00
Testes	Soma dos erros quadráticos	,016
	Erro relativo	,017

Variável Dependente: Produto Interno Bruto do MT

a. Os cálculos de erro têm como base a amostra de teste.

Figura 7: Resultado.

Preditor		Predito	
		Camada oculta 1 H(1:1)	Camada de saída PIB
Camada de entrada	(Viés)	-,479	
	Algodao	,122	
	Boi	-,037	
	Milho	,129	
	Soja	,355	
Camada oculta 1	(Viés)		,719
	H(1:1)		1,957

Figura 8: Resultado.

Portanto, essas estimativas de parâmetros representam como as informações de entrada são processadas na rede neural para prever o PIB. Os valores das ponderações e vieses são ajustados durante o treinamento da rede para minimizar o erro entre as previsões da rede e os valores reais do PIB nos dados de treinamento.

	Importância	Importância normalizada
Caroço do Algodão	,187	34,0%
Boi - Cabeças Abatidas	,062	11,3%
Milho	,199	36,2%
Soja	,551	100,0%

Figura 9: Resultado.

A representação anterior ilustra a significância relativa de cada variável na camada de entrada durante a elaboração do modelo de Rede Neural Artificial (RNA). Esta saída visa classificar e mensurar a relevância que cada indicador teve na construção do modelo. Os valores são determinados com base nas ponderações sinápticas atribuídas a cada variável na camada de saída. Variáveis com pesos mais elevados exercem uma influência mais pronunciada nas previsões geradas pela RNA. A Figura 10 abaixo apresenta graficamente os graus de importância das variáveis retratadas na Figura 9.

Nota-se que, de maneira geral, todas as variáveis tiveram impacto na previsão do Produto Interno Bruto (PIB) do Mato Grosso. A Soja (6%) e o Milho (2%) foram os principais contribuintes, enquanto o Algodão (1,8%) e o preço da arroba do Boi (0,5%) foram os menos influentes na construção do modelo de Rede Neural

Artificial (RNA).

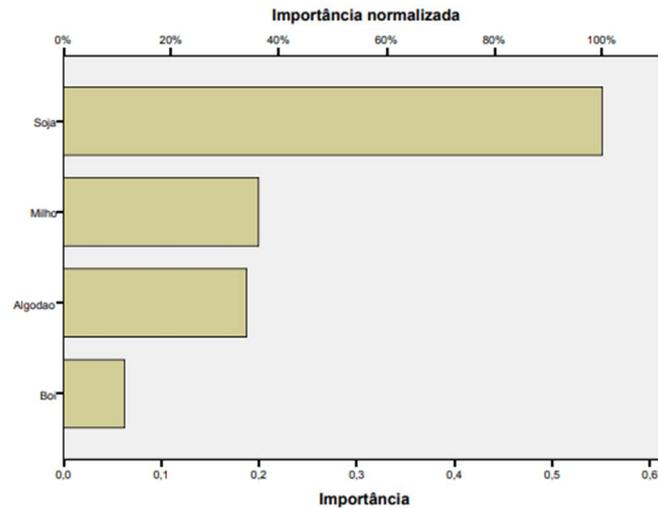


Figura 10: Resultado.

CONCLUSÃO

Inicialmente foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson para medir a relação entre as variáveis em si, observa-se que todas as variáveis apresentam fortes correspondências positivas, o que já era esperado, todavia, possuem similitudes de produção relacionadas. Observou-se que esse tipo de associação pode resultar em problemas se a tecnologia de previsão não for de redes neurais artificiais, uma vez que, podem gerar implicações de especificação modelos, autocorrelação etc. Posteriormente, este estudo buscou construir e validar o modelo de RNA predito, assim com a entrada do PIB de MT como variável dependente e a produção de soja (Prod. soja), Produção de milho (Prod. milho), Produção de algodão (Prod. algodão) Produção da arroba do boi (Prod. arroba Do Boi) como covariáveis (variáveis independentes) no software SPSS. Essa intenção foi alcançada de forma satisfatória, visto que, os testes realizados apresentaram valores e observações que creditam a RNA a capacidade de predição satisfatória do PIB de MT. A investigação demonstrou relevância a partir do momento em que se discute uma importante atividade econômica para o estado mato-grossense, sobretudo, por utilizar uma técnica de inteligência artificial para predizer o PIB desta unidade da federação. Portanto, esse modelo treinado e validado pode ser utilizado por agricultores, pecuaristas, órgãos públicos e por seus responsáveis ou demais interessados para a tomada de decisão quanto à produção, a aplicação de leis tributárias, estratégias comerciais e de exploração socioambiental, entre outros. Com a intenção, finalmente, sugere-se que os novos estudos sejam realizados tais como a inserção de novas variáveis no modelo (população, área plantada, impacto ambiental, e outros), ou a utilização dos dados coletados para este artigo em outras técnicas de predição com o intuito de comparar a capacidade preditiva.

REFERÊNCIAS

CARNEIRO JUNIOR, J. B. A.; SOUZA, C. C.. Aplicação de redes neurais artificiais na previsão do produto interno bruto do Mato Grosso do Sul em função da produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol. **Revista Ibero-Americana de**

Ciências Ambientais, v.10, n.5, 2019.

CONTINI, E.; ARAGÃO, A.. **O agro brasileiro alimenta 800 milhões de pessoas**. Portal Embrapa. p.1-9, set 2020.

COUTINHO, H. L. C.; TURETTA, A. P. D.; MONTEIRO, J. M. G.; CASTRO, S. S.; PIETRAFESA, J. P.. Participatory sustainability assessment for sugarcane expansion in Goiás, Brazil.

Sustainability, v.9, n.9, p.1573, 2017. DOI:

<http://doi.org/10.3390/su9091573>

CORRAR, L.; PAULO, E.; FILHO, J.. **Análise multivariada para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2009

HAYKIN, S.. *Neural networks, a comprehensive foundation*. New Jersey: Englewood Cliffs, 1999.

KHANNA, T.. **Foundations of neural networks**. Menlo Park: Addison-Wesley, 1990

OLIVEIRA, A. C. S.. Aplicação de redes neurais artificiais na previsão da produção de álcool. **Ciências Agrárias**, p.1-6, 2010.

PRÍNCIPE, J. C.; EULIANO, N. R.; LEFEBVRE, W. C. **Neural and adaptive systems: fundamentals through simulations**. New York: John Wiley & Sons, 1999.

PENEDO, A. S. T.; PACAGNELLA JÚNIOR, A. C.; OLIVEIRA, M. M. B.. Previsão de preços do açúcar utilizando redes neurais artificiais. **Núcleos**, v.4, n.1-2, 2007.

SPA. **Agropecuária brasileira em números**. Brasília: MAPA, 2020.

TRUJILLO, P. A. R.. Evolución y tendencias investigativas de tecnologías aplicadas en los agronegocios: una revisión sistemática de la literatura. **RIST**, v.39, p.1-12, jan 2021.

VITAL, A.. Caramuru inicia a comercialização de etanol hidratado de soja, mais uma iniciativa pioneira na cadeia da soja. **Jornal Cana**, ago. 2023.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.