



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba
Engenharia Ambiental

FELIPE DE MOURA COELHO

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA AO AGRONEGÓCIO: UMA
REVISÃO ACERCA DOS RESULTADOS OBTIDOS APÓS SUA
IMPLEMENTAÇÃO**

**SOROCABA / SP
2024**

FELIPE DE MOURA COELHO

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA AO AGRONEGÓCIO: UMA
REVISÃO ACERCA DOS RESULTADOS OBTIDOS APÓS SUA
IMPLEMENTAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cesar Germano Martins

**SOROCABA / SP
2024**

C672i Coelho, Felipe de Moura
Inteligência Artificial aplicada ao agronegócio : uma revisão acerca dos resultados obtidos após sua implementação / Felipe de Moura Coelho. -- Sorocaba, 2024
37 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Antonio Cesar Germano Martins

1. Redes neurais (Computação). 2. Economia agrícola. 3. Sustentabilidade. 4. Aprendizado do computador. I. Título.

FELIPE DE MOURA COELHO


INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA AO AGRONEGÓCIO:

Uma revisão acerca dos resultados obtidos após sua implementação


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel(a) em Engenharia Ambiental.

Data da defesa: 28/08/2024


BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIO CESAR GERMANO MARTINS**
Data: 13/09/2024 18:55:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antonio Cesar Germano Martins
UNESP – Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus de Sorocaba

Documento assinado digitalmente
 **LUIS ARMANDO DE ORO ARENAS**
Data: 23/09/2024 20:55:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luis Armando De Oro Arenas
UNESP – Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus de Sorocaba

Documento assinado digitalmente
 **JO VINICIUS BARROZO CHAVES**
Data: 19/09/2024 21:48:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Jô Vinícius Barrozo Chaves
UNESP – Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus de Sorocaba

Sorocaba

2024

AGRADECIMENTOS

À meu pai, José Oscar Coelho, que infelizmente nos deixou ano passado. Seu apoio incondicional, carinho e ensinamentos foram essenciais para mim e sempre será um exemplo de bondade, justiça e dedicação.

À minha mãe, Ilda Nunes de Moura Coelho, que, como meu pai, sempre esteve presente e me auxiliando ao longo da minha trajetória com o máximo de amor possível. Sendo um grande exemplo de resiliência e organização.

À minha família sorocabana, República Magnatas e Pega no Mel, que me acolheram na chegada em Sorocaba e que, através dela, pude aprender como me tornar uma pessoa mais flexível e responsável. Além de proporcionar muitos momentos de alegria e me apresentar a pessoas que pretendo manter a amizade para a vida toda.

À todos os funcionários da Unesp Sorocaba, incluindo os servidores técnicos, assistentes administrativos, docentes, funcionários da limpeza, cantina e segurança. Em especial, ao Prof. Dr. Antonio Cesar Germano Martins, por suas aulas ministradas ao longo da graduação e pela orientação e apoio ao longo deste trabalho.

RESUMO

É evidente o crescimento do mercado de inteligência artificial e a rápida evolução deste campo de estudo que se caracteriza por ser muito amplo, possibilitando aplicações que atuam de diferentes formas em diversos setores, contribuindo para o aumento de eficiência através de automações e aumento de precisão. No Brasil, um dos setores mais relevantes para a geração de impactos sociais, econômicos e ambientais é o agronegócio. Em vista disso, o presente trabalho teve como objetivo discorrer sobre a utilização da inteligência artificial no ciclo do agronegócio, analisando aplicações que utilizam desta tecnologia no meio de produção da agropecuária, entendendo os benefícios e malefícios gerados por essa inovação em um contexto global e específico da situação brasileira.

Palavras-chave: redes neurais; aprendizado de máquina; sustentabilidade; agricultura; pecuária.

ABSTRACT

It is evident that the artificial intelligence market is growing and that this field of study is rapidly evolving, characterized by its broad scope, enabling applications that operate in various ways across different sectors, contributing to increased efficiency through automation and improved precision. In Brazil, one of the most significant sectors for generating social, economic, and environmental impacts is agribusiness. In view of this, the present work aims to discuss the use of artificial intelligence in the agribusiness cycle, analyzing applications of this technology in agricultural production and understanding the benefits and drawbacks generated by this innovation in both a global context and the specific Brazilian situation.

Keywords: neural networks; machine learning; sustainability; agriculture; livestock.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IA	Inteligência Artificial
AI	Artificial Intelligence
ML	Machine Learning
PLN	Processamento de Linguagem Natural
TI	Tecnologia da Informação
RNA	Rede Neural Artificial
ANN	Artificial Neural Network
YOLO	You only look once
SORT	Simple Online and Realtime Tracking
MOTA	Multi-Object Tracking Accuracy
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
RPA	Aeronave Remotamente Pilotada
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
PIB	Produto Interno Bruto
MLP	Multi-Layer-Perceptron
ERM	Gerenciamento de Riscos Empresariais
SOM	Self-Organizing Map
TASOM	Time-Adaptive Self-Organizing Map

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. Objetivo Geral.....	10
2.2. Objetivos Específicos.....	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.1. Inteligência Artificial: conceitos e vertentes.....	11
3.1.1. Machine Learning (ML): etapas de um projeto envolvendo aprendizado de máquina.....	12
3.1.2. Classificação do Algoritmo: Aprendizagem Supervisionada, Aprendizagem Não Supervisionada e Aprendizagem por Reforço.....	12
3.1.3. Redes Neurais.....	13
3.2. Agronegócio: agricultura, pecuária, economia brasileira e problemas ambientais.....	18
4. METODOLOGIA.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5.1. Trabalhos que utilizaram a inteligência artificial no agronegócio.....	24
5.2. Impactos da aplicação de Inteligência Artificial no agronegócio.....	25
5.3. Impactos da aplicação de Inteligência Artificial no agronegócio brasileiro... ..	29
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

Dentre os seres vivos do planeta Terra, a capacidade de raciocínio humana é a que se destaca. Esta aptidão vem sendo questionada há séculos por teólogos, filósofos e estudiosos em entender como a mente humana consegue compreender, manipular e prever um mundo tão complexo. Através dos avanços da ciência, foi possível progredir no conhecimento desta área de estudo a aplicá-las no desenvolvimento de inovações tecnológicas, se tornando uma das áreas da ciência moderna mais relevantes da segunda década deste milênio.

Apesar do raciocínio humano ser questionado há séculos, foi apenas no século XX que surgiram avanços significativos neste campo de estudo através dos pioneiros Warren McCulloch, Walter Pitts e Alan Turing, os quais, na década de 1940, exploravam os fundamentos da computação e da inteligência (GOMES, 2010). Dentre eles, podemos destacar a participação de Alan Turing ao propor o “Teste de Turing”, experimento que desafia a capacidade de uma máquina exibir comportamentos indistinguíveis de um ser humano. Em seguida, houve um entusiasmo crescente em torno deste campo de estudo e, em 1956, na Universidade de Dartmouth, na presença dos principais especialistas sobre o tema, surgiu o termo “Inteligência Artificial” (RUSSELL; NORVIG, 2004). Anos após, em 1969, na Universidade de Stanford, houve o desenvolvimento do programa DENDRAL, o qual foi o primeiro sistema bem-sucedido de conhecimento intensivo que se diferenciava pelo seu modo automático de tomar decisões (RUSSELL; NORVIG, 2004). Posteriormente, na década de 1980, as tecnologias que utilizam Inteligência Artificial marcaram entrada no mundo comercial, com sistemas especialistas sendo implementados em empresas e indústrias (CHARNIAK; MCDERMOTT, 1985). Este fato trouxe diversos benefícios, tais como o aumento da eficiência, redução de custos e para o desenvolvimento de outras tecnologias promissoras que permeiam até os dias de hoje.

Atualmente, a utilização da Inteligência Artificial é muito ampla, com aplicações que vão desde assistentes virtuais até carros autônomos (RUSSELL;

NORVIG, 2004). Devido a essa amplitude, podemos identificar essa tecnologia em diversos setores, entre eles, temos o setor do agronegócio, o qual representou em 2023 24% da composição do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, de acordo com Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). A utilização da Inteligência Artificial no agronegócio brasileiro tem se revelado como um catalisador do aumento da produtividade e do impacto econômico, a partir de possibilitar ganhos de eficiência em todas as etapas da cadeia produtiva agrícola. Desde o preparo do solo até a colheita, passando pelo monitoramento das lavouras e o gerenciamento de insumos, proporcionando uma agricultura mais precisa e sustentável. A inserção da Inteligência Artificial no agronegócio brasileiro representa não apenas uma evolução tecnológica, mas também uma oportunidade para aumentar a competitividade e sustentabilidade do setor, contribuindo significativamente para o crescimento econômico do Brasil (CNA, 2021).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo analisar ações que utilizam diretamente a inteligência artificial no contexto do agronegócio e como tem contribuído para este meio.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar as principais inovações tecnológicas que utilizam inteligência artificial no meio rural;
- Analisar os impactos realizados pela implementação da inteligência artificial e entender quais seriam os benefícios da implementação dos mesmos no Brasil.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial bibliográfico deste presente trabalho está segmentado em, inicialmente, conceitos introdutórios em relação à inteligência artificial e ao agronegócio. Posteriormente, serão apresentados artigos que abordam aplicações que utilizam aprendizado de máquina na agricultura.

3.1. Inteligência Artificial: conceitos e vertentes

A Inteligência Artificial (IA) é um campo de origem da ciência da computação responsável por desenvolver métodos ou dispositivos computacionais que simulam a capacidade humana de resolver problemas, ou seja, é replicado a capacidade de raciocínio que, até então, era uma habilidade exclusiva do ser humano.

Atualmente, as principais vertentes da Inteligência Artificial são divididas em: processamento de linguagem natural (PLN), robótica, visão computacional, sistemas especialistas e aprendizado de máquina.

Através do processamento de linguagem natural (PLN) é permitido programar computadores para entender, interpretar e manipular a linguagem humana. Por meio da robótica, é possível desenvolver sistemas robóticos que são capazes de interagir com o ambiente físico. Utilizando visão computacional, torna-se capaz de fornecer a capacidade de reconhecer imagens a uma máquina, lembrando que, no caso humano, a visão possui limitações, no caso das máquinas, os limites são diferentes, sendo um grande potencial para esta tecnologia. A partir dos sistemas especialistas, pode-se configurar máquinas para tomar decisões inteligentes utilizando inferências e uma base de dados com alto volume de informações sobre um determinado tópico. Por fim, há o aprendizado de máquina, o qual se concentra na criação de algoritmos e modelos estatísticos que permitem que computadores aprendam com o conjunto de dados e, com isso, podendo realizar previsões com base nesses dados.

3.1.1. Machine Learning (ML): etapas de um projeto envolvendo aprendizado de máquina

A criação de um projeto de aprendizado de máquina envolve inúmeras etapas e possui configurações distintas para cada contexto. Para que seja possível aplicar essa técnica, deve-se realizar as seguintes ações (SMOLA, 2008):

- 1) Definição do problema;
- 2) Coleta de dados;
- 3) Pré-processamento de dados;
- 4) Análise exploratória de dados;
- 5) Seleção de algoritmo;
- 6) Treinamento do modelo;
- 7) Validação do modelo;
- 8) Ajuste de hiperparâmetros;
- 9) Avaliação do modelo;
- 10) Implantação;
- 11) Monitoramento e manutenção.

3.1.2. Classificação do Algoritmo: Aprendizagem Supervisionada, Aprendizagem Não Supervisionada e Aprendizagem por Reforço

Para a escolha dos algoritmos a serem utilizados há a existência de 3 sub-grupos que englobam os diferentes tipos de algoritmos. Estes grupos se diferem entre si em como é realizada a aprendizagem do programa. Os três grupos são denominados como: aprendizagem supervisionada, aprendizagem não supervisionada e aprendizagem de reforço.

Na aprendizagem supervisionada os dados de saída são rotulados. É fornecido ao algoritmo pares de entrada e saída conhecidos, nos quais os rótulos podem ser um valor numérico ou uma classe. No caso onde a saída pode assumir

somente um conjunto de rótulos pré-definidos, este programa é chamado de algoritmo de classificação. Para os casos em que é possível assumir um valor real, eles são denominados como algoritmos de regressão (FONTANA, 2020).

Em relação à aprendizagem não supervisionada, ela se difere da anterior pois os dados de saída não são rotulados. Neste método, através da base de dados o algoritmo busca padrões e similaridades, permitindo identificar similaridades com grupos ou itens novos com grupos já definidos. Este método pode ser dividido em algoritmos de agrupamento e de transformação. Os algoritmos de agrupamento, também conhecidos como “clustering” segmentam os dados em grupos com características semelhantes de acordo com os critérios pré-estabelecidos, possibilitando encontrar padrões entre os dados fornecidos. Há inúmeros métodos para que seja aplicado o agrupamento, incluindo a distância geométrica entre os pontos, a distribuição estatística ou levar em conta a densidade de pontos em áreas específicas do conjunto de dados. Por outro lado, os algoritmos de transformação tem o objetivo de criar uma nova representação de um conjunto de dados e que é mais conveniente que a original, seja para facilitar a interpretação humana ou, até mesmo, melhorar o desempenho de outros algoritmos de aprendizagem.

Por fim, o aprendizado por reforço, muito realizado em robótica, possui um sistema composto por três principais figuras: o agente, o ambiente, e a forma de interação entre esses dois. No caso, o agente é o que está sendo treinado e, de alguma forma, o agente realiza ações (pré-programadas) e recebe uma recompensa de acordo com o resultado da ação. A recompensa irá variar de acordo com o objetivo proposto, caso se aproxime do objetivo, esta recompensa será positiva, caso se distancie, a recompensa será negativa. A partir deste mecanismo, o algoritmo irá aprender com seus próprios erros (FONTANA, 2020).

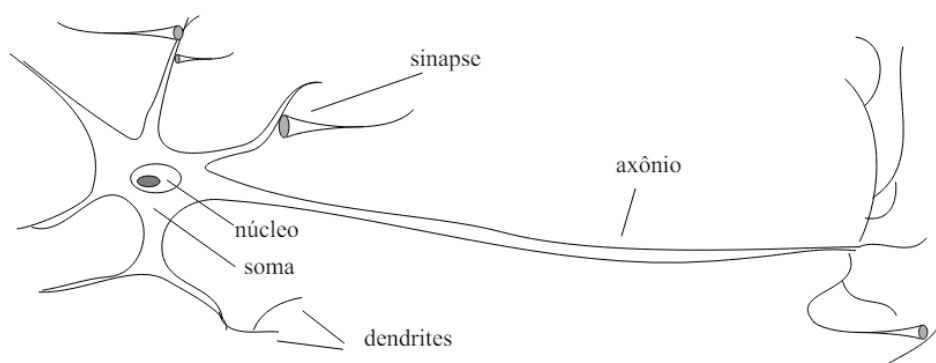
3.1.3. Redes Neurais

Um dos principais subcampos que derivam do aprendizado de máquina são as Redes Neurais. Este método é inspirado na neurociência e tem como objetivo

simular o funcionamento do cérebro humano e replicá-lo em uma máquina. O cérebro humano é uma das máquinas de processamento extremamente potentes e isso se dá por conta de diversas características, como por exemplo: a robustez e tolerância a falhas, capacidade de aprendizagem, processamento de informação incerta e paralelismo.

Se tratando do funcionamento do cérebro humano, a figura principal é representada pelos neurônios, os quais têm como objetivo a transmissão de informações e possuem uma estrutura relativamente simples, sendo uma célula com núcleo e corpo em que reações químicas e elétricas realizam o processamento de informações, as quais serão propagadas através do axônio que serão responsáveis por interligar e distribuir essas informações para neurônios vizinhos. O processo de ligação e passagem de informação para outro neurônio é denominado sinapse. A Figura 1 representa a estrutura básica de um neurônio biológico.

Figura 1 - Neurônio biológico



Fonte: RAUBER (2005)

A aplicação dos conceitos neurológicos em máquina se deu pela primeira vez no ano de 1943 através da apresentação de um modelo de neurônio artificial formulada por McCulloch e Pitts (COZMAN; PLONSKI; NERI, 2021). Este modelo, simulando o paralelismo dos neurônios, possuem unidades que são conectadas por meios de comunicação e que estão associadas a um determinado peso, que

refletem a importância de sua entrada. De acordo com a Figura 2, é possível ilustrar este processo, em que a informação que é fornecida por demais neurônios (processo de sinapse) entram em D entradas x_j no neurônio processador. Este processamento tem fundamento em uma combinação linear de suas entradas, expressa pela Equação 1 em conjunto com função de ativação, representada pela Equação 2.

$$u = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_Dx_D = \sum_{j=1}^D w_jx_j. \quad (1)$$

Onde:

- u é o somatório ponderado das entradas;
- w_j são os pesos associados a cada entrada x_j ;
- x_j são as entradas para o neurônio.

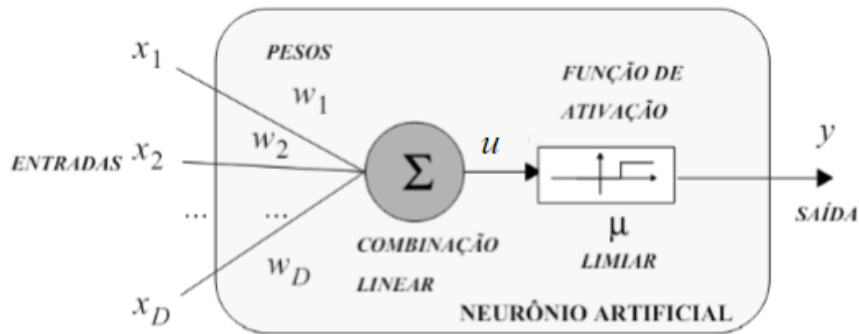
A função de ativação do modelo é dada por:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{se } u > \mu \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

- y é a saída do neurônio;
- μ é o limiar de ativação.

Figura 2 - Modelo de um neurônio de McCulloch e Pitts

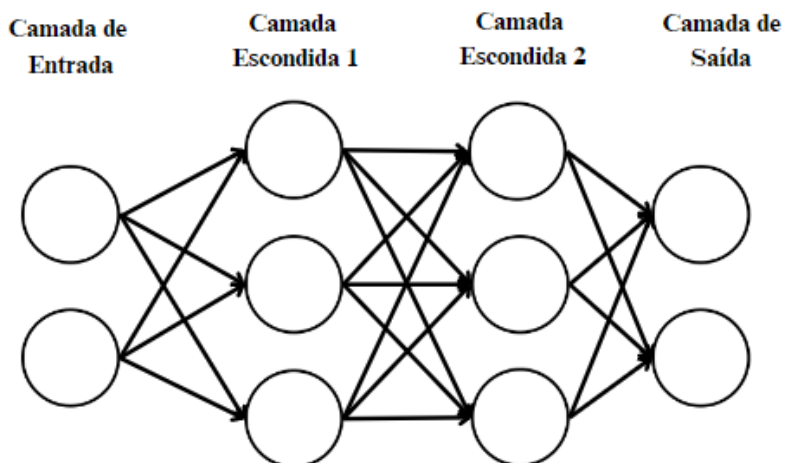


Fonte: RAUBER (2005)

O potencial deste projeto deriva do paralelismo que simula os neurônios. No caso, esse processamento local gera a “inteligência global” da rede, em que um elemento recebe um estímulo nas suas entradas, processa esse sinal e emite um novo sinal de saída para fora, o qual por sua vez é recebido pelos outros elementos.

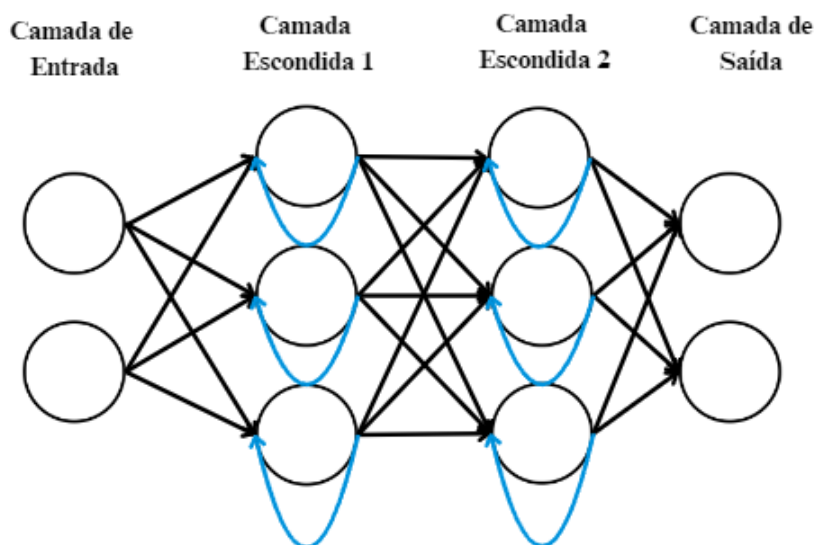
As redes neurais podem ser subdivididas em propagação para frente (*feedforward*) e redes realimentadas (*recurrent*). Em redes de propagação para frente, representada pela Figura 3, o fluxo de informação é unidirecional, em que os neurônios agrupam-se em camadas, as quais podem ser denominadas camadas em caso onde não estejam interligadas às entradas e saídas. No caso de redes realimentada, representada pela Figura 4, estas possuem ligações entre os neurônios sem restrições, não importando a direção dos fluxos das informações.

Figura 3 - Redes Neurais classificadas como “propagação para frente”



Fonte: Autor próprio.

Figura 4 - Redes Neurais classificadas como “retroalimentação”



Fonte: Autor próprio.

Devido ao seu potencial de realizar tarefas complexas e lidar com volumes de dados não estruturados, como imagens, vídeos, áudios e textos, as redes neurais se tornaram destaque nos projetos que envolvem aprendizado de máquina, tornando-se tornando referência no campo da Inteligência Artificial.

3.2. Agronegócio: agricultura, pecuária, economia brasileira e problemas ambientais

O termo agronegócio surgiu no Brasil na década de 1950 em resposta ao progresso tecnológico que estava sendo aplicado no meio rural. Desde o início e até nos dias atuais, este termo aborda um sistema amplo e que faz a conexão de aspectos econômicos, ambientais e sociais que giram em torno da produção agrícola e pecuária. (MELO, 2018)

Dentre os diversos tipos de produção agrícola a que predomina em relação à proporção de produção no Brasil é a agricultura comercial. Este sistema é utilizado para uma produção em larga escala de produtos agrícolas que são destinados, majoritariamente, para o mercado internacional. Além disso, este tipo de agricultura é alvo de investidores, os quais aplicam grande quantidade de capital, permitindo que este negócio acompanhe as revoluções tecnológicas se tornando altamente mecanizado e eficaz (LIMA; SILVA; IWATA, 2019). Em contrapartida a este sistema agrícola mecanizado, há a existência da agricultura familiar, categorizada por utilizar métodos tradicionais, que envolvem alta atuação humana e baixa participação tecnológica, devido à escassez de investimentos. Apesar da baixa quantidade de capital investido, é um tipo de agricultura importante para o Brasil, pois representa, aproximadamente, 70% da produção de alimentos consumidos no país (LIMA; SILVA; IWATA, 2019).

No caso do sistema pecuário, há uma ampla diversificação dos tipos de produção, sendo as mais tradicionais as denominadas “Pecuária de Corte”, “Pecuária Leiteira” e “Pecuária Mista”, em que são produzidos, consecutivamente, carne para consumo, leite, produtos derivados e ambos os produtos. Atualmente, a

produção pecuária no Brasil é composta, majoritariamente, pelo método extensivo, representado por grandes áreas de pastagens e menor utilização de tecnologias. Este tipo de produção se tornou pilar da pecuária no país em decorrência das largas extensões de terra que existem no Brasil, porém, é um método que é frequentemente criticado em decorrência dos seus impactos ambientais e baixa produtividade (RINALDO, 2012).

Apesar das limitações, atualmente o agronegócio no Brasil é uma das principais alavancas do Produto Interno Bruto (PIB), sendo responsável por 24% do PIB nacional no ano de 2023. (CEPEA, 2023). Os commodities predominantes são constituídos pelo seguinte grupo: soja, milho, café, cana-de-açúcar, carne bovina, suína e de frango. Além do impacto econômico direto através das exportações, a agricultura é responsável por gerar outros impactos positivos para a sociedade, por meio do desenvolvimento regional de áreas em que são realizadas as atividades agropecuárias. Em muitos casos, estas regiões estão localizadas em áreas rurais menos desenvolvidas e, a grande inclusão de pessoas novas e capital na região acaba promovendo inclusão social e geração de renda. Além disso, esta atividade econômica é responsável por catalisar inovações tecnológicas em busca de uma maior eficiência.

Apesar dos impactos positivos, o agronegócio é atualmente um dos principais responsáveis em causar danos ambientais. Entre os principais problemas, podemos listar os seguintes: desmatamento, uso de agrotóxicos, erosão do solo, escassez de água e mudanças climáticas. O desmatamento está associado à derrubada de florestas e outros sistemas naturais que dão lugar para uma grande extensão pastagens e plantações agrícolas de monocultura reduzindo a biodiversidade e aumentando as emissões de gases do efeito estufa. No caso dos agrotóxicos, seu uso intensivo pode gerar contaminação dos solos, águas subterrâneas e superficiais, prejudicar a fauna e flora locais e contribuir para problemas de saúde pública. A erosão do solo está associada à prática da monocultura, reduzindo a fertilidade do solo pela falta de rotação de cultura e, além disso, pode gerar a compactação do solo devido a utilização constante de maquinários ou também no

caso de pastagens para bovinos. A escassez de água se dá por conta do uso intensivo e ineficaz deste recurso. Atualmente, a eficiência média de irrigação é de apenas 60% (RADAELLI, 2016). Por fim, o agronegócio está diretamente relacionado à emissão de gases componentes do efeito estufa através da prática do desmatamento, queima para geração de áreas de cultivo e atividades da pecuária.

4. METODOLOGIA

Para que este projeto fosse realizado, a metodologia se baseou na busca de informações em livros, reportagens, artigos, trabalhos acadêmicos, estudos de casos e conferências que abordassem o tema e que fornecessem contribuições para o estudo do assunto.

As informações foram obtidas por meio de plataformas online como a Scielo, Google Acadêmico, Sciencedirect e Scopus. Para a identificação das pesquisas, foram usadas palavras-chave como: “Inteligência Artificial”, “Agronegócio”, “Agricultura comercial”, “Agricultura familiar”, “Pecuária”, “Aprendizado de máquina”, “Economia agronegócio”, “Redes Neurais”, “YOLO”, “Visão computacional”. Para uma identificação mais abrangente, estas palavras foram utilizadas em português e inglês. Além disso, foram retiradas informações de sites como “Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA)” e “Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação (SEMADESC)”. Por fim, também foram utilizados os seguintes livros: “Inteligência Artificial: Avanços e Tendências” e “Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações”.

Em função de cumprir o objetivo desta monografia, foram selecionados seis trabalhos distintos que dedicaram-se à utilização da inteligência artificial ao longo da cadeia produtiva agropecuária, sendo quatro destinados à agricultura e dois projetos referentes à pecuária. Para a seleção dos trabalhos que serão analisados, foram definidos os seguintes critérios que tornam os trabalhos elegíveis para análise: aplicação do aprendizado de máquina na agricultura ou pecuária, descrição do algoritmo utilizado e da eficiência atingida pelo modelo. No caso da utilização na agricultura, é necessário que esta aplicação seja focada nas seguintes etapas: preparo do solo, monitoramento da lavoura, irrigação e colheita. Após selecionados, os trabalhos foram relidos para a compreensão total do estudo. Em seguida, foi realizada uma tabela agrupando e identificando os trabalhos e, além disso, foi construído um resumo que mostra os principais benefícios para o agronegócio. Ao final desta monografia, levando em conta os trabalhos analisados e o contexto

brasileiro, foram apresentados pontos positivos e negativos da utilização da inteligência artificial no agronegócio.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O aumento da eficiência produtiva do agronegócio tem o potencial de amenizar diversos problemas que atingem a população mundial, desde o aumento da geração de alimentos, manejo adequado dos produtos e redução de impactos ambientais, contribuindo para uma produção mais sustentável. Para que haja progresso da eficiência, novas tecnologias são constantemente incorporadas ao processo produtivo e, atualmente, uma das mais fomentadas são tecnologias que envolvem a utilização de inteligência artificial.

Em decorrência da necessidade de acompanhar o estado da arte deste campo, esta etapa da monografia foi dedicada para analisar trabalhos que utilizaram diretamente o aprendizado de máquina no contexto do agronegócio e, através disso, entender seus impactos.

Para isso, foram selecionados cinco trabalhos distintos que dedicaram a utilização desta tecnologia em uma etapa específica da cadeia produtiva da agropecuária. A seção 5.1, representada pela Tabela 1, reúne os trabalhos selecionados indicando a etapa de atuação, tecnologia utilizada e informações de identificação dos trabalhos. A seção 5.2 aborda as principais características, ganhos e dificuldades dos trabalhos selecionados. Por fim, a seção 5.3 discute sobre a aplicação desta tecnologia no contexto brasileiro.

5.1. Trabalhos que utilizaram a inteligência artificial no agronegócio

Tabela 1 - Trabalhos com aplicações de inteligência artificial no agronegócio

(continua)

Título da publicação	Tipo de publicação	Autores	Ano da publicação	Etapa no agronegócio	Tecnologia utilizada
Redes neurais artificiais na estimativa da retenção de água do solo	Artigo	SOARES, F.C.	2014	Preparo do solo	Aprendizado de máquina
Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land	Artigo	Santangi, A., Chen, Y., Klueber, E. et al.	2020	Monitoramento	Aprendizado de máquina, visão computacional e drones
Melhorar a Sustentabilidade da Irrigação Usando Machine Learning.	Tese	RAIMUNDO, F.J.	2021	Irrigação	Aprendizado de máquina
VISÃO COMPUTACIONAL PARA CLASSIFICAR A MATURAÇÃO DOS FRUTOS DE CAFÉ NO PROCESSO DE COLHEITA MECANIZADA	Tese	ZANEL, M.A.	2023	Colheita	Aprendizado de máquina e visão computacional

Tabela 1 - Trabalhos com aplicações de inteligência artificial no agronegócio

					(conclusão)
Título da publicação	Tipo de publicação	Autores	Ano da publicação	Etapa no agronegócio	Tecnologia utilizada
An efficient visual servo tracker for herd monitoring by UAV	Artigo	Luo, W., Zhang, G., Shao, Q. et al	2024	Pecuária	Aprendizado de máquina, visão computacional e drones
Temporal and spatial patterns in the detection of veterinary drug residues in poultry and swine in Brazil	Artigo	PORTZ, A.J. et al	2022	Pecuária	Aprendizado de máquina

Fonte: Autor próprio

5.2. Impactos da aplicação de Inteligência Artificial no agronegócio

Através das análises dos trabalhos expostos na Tabela 1, é possível identificar que a inteligência artificial tem o potencial de estar presente em todas as etapas da produção do agronegócio, permitindo um impacto de forma global no ambiente agrícola.

Tomando como amostra os trabalhos em questão, a maioria dos sistemas foram compostos por redes neurais, as quais apresentaram melhores resultados de eficácia em relação aos algoritmos de aprendizado de máquina que não utilizam os conceitos de redes neurais. Este resultado pode ser justificado por essas aplicações, na maioria dos casos, estarem sendo realizadas em ambientes em que

não há controle de fatores externos, circunstância que demanda algoritmos capazes de lidar com problemas mais complexos (ZANELLA, 2023).

Para uma maior efetividade do algoritmo é necessária a utilização em conjunto de tecnologias que provêm das outras vertentes da inteligência artificial, sendo as mais utilizadas a visão computacional e a robótica. Se tratando de visão computacional, um dos algoritmos mais presentes nos trabalhos é o YOLO (*You Only Look Once*), o qual é referência na detecção de objetos.

As maiores limitações das aplicações se dão por causa da baixa resolução de imagens, heterogeneidade das formas dos itens analisados e presença de objetos poluidores de imagens, como no caso das nuvens em caso específico de captura de imagens por drones. Além disso, outra limitação está relacionada a falta ou a baixa qualidade da internet nos locais, os quais costumam estar situados em áreas remotas. Por fim, há a limitação devido à necessidade de alto capital para construções de sistemas inteligentes, fato responsável por segregar essas tecnologias na agricultura comercial, excluindo a agricultura familiar deste nicho.

Apesar das limitações citadas, nota-se um aumento da eficiência em todas as etapas do processo de cultivo, desde a redução de mão-de-obra humana, ganho de produtividade e capacidade de escalabilidade da operação. Estas melhorias podem ser vistas nos cinco trabalhos descritos na Tabela 1.

No trabalho “Redes neurais artificiais na estimativa da retenção de água do solo” (SOARES, 2014), houve o cálculo da predição da curva característica do solo, o qual apresentou ótima confiabilidade e tem potencial para superar as metodologias tradicionais. Além do potencial de aumento de precisão, este modelo somado a sensores podem trazer rápidos resultados, trazendo agilidade para a operação. Sendo assim, tem a capacidade de auxiliar técnicos e agricultores a realizar um melhor planejamento de uso, manejo e conservação de recursos naturais.

No trabalho “Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land” (SANTANGELI; CHEN; KLUEN, 2020), há a combinação da aeronave remotamente tripuladas (RPA) e de redes neurais, as

quais identificam de maneira semi-automatizada ninhos de pássaros presentes na lavoura. Dessa forma, há a possibilidade de rápida identificação e remanejamento para local adequado do ninho, auxiliando na conservação desta espécie e evitando que haja o abate desse animal por máquinas agrícolas. Apesar deste mecanismo de detecção ter sido utilizado para fins de conservação dos ninhos, esta tecnologia nos permite adequar o uso para outras finalidades, por exemplo, para a identificação de parasitas na lavoura ou de qualquer ser invasor na plantação, auxiliando a uma maior segurança da roça e de um crescimento saudável do vegetal.

No trabalho “Melhorar a Sustentabilidade da Irrigação usando Machine Learning” (RAIMUNDO, 2021), foi realizada a predição de indicadores meteorológicos e do solo para as próximas horas, os quais foram utilizados para estipular a necessidade e duração da rega. Este sistema foi denominado “*machine learning*” e obteve a maior eficácia hídrica ao ser comparado com os sistemas “convencional” e “inteligente”. Sendo o “convencional” o que utiliza de uma forma totalmente manual o cálculo da lâmina de água necessária de acordo com os dados obtidos da estação meteorológica e o cenário “inteligente” o que utiliza dados das estações e de sensores colocados no campo e conta com o processo de aprendizado de máquina para realizar a decisão da necessidade da rega. Mesmo com possíveis erros associados à previsão meteorológica, o sistema deste trabalho apresentou um aumento de eficiência hídrica de 72% e 10% comparado ao sistema “convencional” e “inteligente” respectivamente. Além disso, o sistema de *machine learning* tem custos inferiores ao sistema inteligente tradicional, sendo uma alternativa viável para agricultores de diferentes portes.

No trabalho “VISÃO COMPUTACIONAL PARA CLASSIFICAR A MATURAÇÃO DOS FRUTOS DE CAFÉ NO PROCESSO DE COLHEITA” (ZANELLA, 2023), há a rápida classificação do estado em que o fruto foi colhido. Apesar desse sistema apenas realizar a classificação, é um projeto que tem potencial de agregar muito valor ao mercado, por exemplo, identificando na hora da colheita qual fruto deve ser colhido de acordo com sua maturação, dessa forma, possibilitando o aumento da qualidade do fruto. Além disso, há a possibilidade da

criação de um mecanismo automatizado para a segregação do fruto de acordo com seu estado, contribuindo para uma maior rapidez e precisão durante o processo de armazenamento.

No trabalho “An efficient visual servo tracker for herd monitoring by UAV” (LUO; ZHANG; SHAO, 2024), há a combinação de aeronave remotamente tripulada (RPA) e de redes neurais, as quais possibilitam o acompanhamento do gado de forma remota. Além da rapidez e facilidade de monitoramento, fatores que permitiriam a escalabilidade da operação, esse trabalho pode auxiliar na qualidade de vida das pessoas que trabalham em ambientes extremos, como foi o caso deste estudo que era localizado em uma região de alta altitude e baixa temperatura.

No trabalho “Padrões temporais e espaciais na detecção de resíduos de medicamentos veterinários em aves e suínos no Brasil” (PORTZ et al., 2022), são utilizados dados oficiais do monitoramento de resíduos de medicamentos veterinários do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em tecidos de aves e suínos para verificar padrões ocultos da ocorrência exacerbada de seis medicamentos comumente utilizados neste meio. Os dados utilizados retratam o período de 2002 a 2014 e foram analisados com o objetivo de encontrar padrões temporais, indicando tendências e sazonalidade, ou padrões espaciais, investigando se há algum estado que apresenta uma maior concentração de resíduos. Para estas análises, foram utilizados o algoritmo árvore de decisão, a rede neural SOM (*Self-Organizing Map*) e a rede neural TASOM (*Time-Adaptive Self-Organizing Map*). Apesar da diversificação de algoritmos, nenhum obteve um resultado satisfatório para a identificação de padrões ocultos, o que pode ser justificado pelo excesso de ruídos gerados por dados inconsistentes e pelo baixo número de casos em que houve níveis de medicamentos acima do limite proposto. Apesar de não gerar um resultado satisfatório para a identificação de padrões ocultos, o acompanhamento sugerido é extremamente necessário devido ao potencial problemático que índices acima do limite podem causar. Além de problemas de saúde pública, há possibilidade de identificação pela perícia internacional, impactando negativamente na exportação de carnes, ocasionando uma crise socioeconômica.

Nota-se também impactos positivos para a realização de uma produção mais sustentável, minimizando diversos efeitos colaterais ambientais. Nos casos analisados, é possível destacar ganhos ambientais diretos e rápidos nos trabalhos “Redes neurais artificiais na estimativa da retenção de água do solo” (SOARES, 2014), “Melhorar a Sustentabilidade da Irrigação usando Machine Learning” (RAIMUNDO, 2021) e “Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land” (SANTANGELI; CHEN; KLUEN, 2020), sendo que o primeiro e segundo atuam diretamente no aumento da sustentabilidade da água, a qual, em média, possui uma taxa de desperdício de até 40% na agricultura (RADAELLI, 2016). O terceiro atua diretamente para a conservação da fauna local. Os demais, visam o aumento da eficiência na produção, fator que a longo prazo também irá contribuir para uma maior sustentabilidade, pois poderá evitar novas expansões de terra cultivada para sustentar o aumento da demanda.

5.3. Impactos da aplicação de Inteligência Artificial no agronegócio brasileiro

Por ser considerado um dos produtores alimentícios mais influentes do mundo, o cultivo brasileiro tende a ganhar significativo impacto com as aplicações, fato que irá repercutir diretamente na economia do país, tendo uma consequência globalmente positiva para a população. No entanto, é necessário pontuar que essas aplicações, inicialmente, estão concentradas no agronegócio comercial, já caracterizado como altamente tecnológico e, que possui a maior parte de seu cultivo para exportação. Em contraste, a agricultura familiar, responsável por, aproximadamente, 70% da produção alimentícia destinada ao comércio interno (LIMA; SILVA; IWATA, 2019), ainda se situa estagnada em relação a utilização de tecnologias devido à falta de capital necessário para construir sistemas inteligentes.

Apesar da menor concentração de áreas cultiváveis, a agricultura familiar tem suma importância para o ambiente econômico brasileiro, devido ao controle de preços internos dos alimentos, abastecimento do mercado interno e geração de emprego.

Ainda que a aplicação de inteligência artificial na agricultura familiar esteja em estágio inicial, é possível afirmar que ela também tende a se beneficiar da utilização da tecnologia em sua produção, em decorrência da maior eficiência da produção, contribuindo, conseqüentemente, para a redução de custos de produção e de mercadoria, impulsionando a economia brasileira. Considerando que estas aplicações são inovações, elas ainda possuem um grande valor embutido, no entanto, com o decorrer do tempo, as tecnologias que não são mais novidades tendem a se tornar mais democráticas, reduzindo seus custos e possibilitando a utilização por grande parte da população.

Por fim, é necessário levar em consideração um potencial colateral negativo da mecanização da agricultura familiar, o qual envolve a redução de geração de empregos. Apesar de que, com novas tecnologias surgem novos empregos, os mesmos geralmente estão relacionados a posições que demandam de conhecimentos tecnológicos, no qual muitos brasileiros ainda não têm acesso, principalmente no meio rural familiar, devido a desigualdade social no país.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o presente trabalho foram analisados diversos trabalhos que apresentam a aplicação de conceitos de inteligência artificial no agronegócio.

Através das análises dos trabalhos é possível afirmar que o agronegócio está acompanhando a tendência de incorporação da inteligência artificial na produção. Atualmente já existem trabalhos específicos para cada etapa da produção, permitindo benefícios de forma global para o meio agrícola.

Apesar de ainda existirem limitações tecnológicas, os trabalhos existentes já demonstram serem eficientes e aumentar a eficiência da produção, proporcionando maior lucro e sustentabilidade na operação do agronegócio.

Entre os trabalhos já existentes, se destacam os que utilizam redes neurais, em especial, o algoritmo YOLO (*You Only Look Once*), o qual é referência na detecção de objetos e, no meio agrícola, a visão computacional é uma das maiores demandas de utilização de IA.

Entre as limitações que prejudicam a eficiência do algoritmo, pode-se ser destacados a qualidade das imagens capturadas, irregularidade das formas da produção, e fontes que prejudicam a qualidade das imagens capturadas, as quais podem ser desde a concentração de plantações, até as nuvens, no caso de imagens capturadas por drones. Outro fator limitante era a ausência ou baixa intensidade de sinal de internet, a qual afetava locais mais remotos.

Em vista dessas limitações e considerando o cenário tecnológico futuro de constante evolução, é possível afirmar que parte destes fatores limitantes, como a baixa qualidade de imagens e falta de internet, poderão deixar de serem problemas no futuro. Atualmente estamos vivendo uma era de rápido crescimento tecnológico, por isso a tendência é o aumento da qualidade de captura de imagem, fato que já é presenciado através da comparação com dispositivos de modelos originados de anos anteriores. Como a qualidade de imagem, a presença de internet também tende a crescer e pode ser observada através de projetos como o *Starlink*, o qual

utiliza constelações de satélites para fornecer internet de alta velocidade para qualquer parte do globo, especialmente para áreas remotas e de difícil acesso.

Apesar da aceitação da inteligência artificial no contexto mundial do agronegócio, é preciso olhar a situação brasileira com cautela, pois a mesma apresenta duas realidades distintas. Por um lado, o agronegócio comercial, sendo altamente tecnológico e seguindo a tendência da utilização de inteligência artificial e, por outro lado, a situação da agricultura familiar, que ainda não está inserida no contexto da utilização de inteligência artificial, principalmente pela falta de capital e mão de obra qualificada.

No contexto do agronegócio comercial a inteligência artificial já está em utilização e é responsável por diversos benefícios, como a maior eficiência da operação a qual resulta um maior lucro e, conseqüentemente, uma melhor economia para o país de forma geral, considerando a relevância do agronegócio no PIB brasileiro. Além de uma maior eficiência econômica, o aumento da produção é responsável por tornar o processo agrícola mais sustentável, como por exemplo através da eficiência agrícola e redução da expansão de áreas de cultivo. Por se tratar de uma ferramenta com um potencial grande e diversificado, a inteligência artificial pode auxiliar a sustentabilidade de outras formas, como demonstrado através do projeto “Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land”, o qual auxilia a conservação da flora local.

Se tratando do contexto familiar, a inteligência artificial também pode auxiliar de diversas maneiras, pois, como citado anteriormente, é uma ferramenta muito diversa e que traz eficiência. Aumentando a produtividade da agricultura familiar irá gerar um menor esforço e um maior retorno financeiro que, além de contribuir diretamente com o grupo produtor, tem o poder de influenciar na economia brasileira como um todo, pois 70% do consumo de alimentos internos derivam da agricultura familiar.

Considerando os pontos acima, nota-se importante que haja uma intervenção governamental que auxilie esse processo de automatização da agricultura familiar com o incentivo de capital e, em conjunto, a elaboração de um plano para minimizar

o efeito colateral da redução de empregos gerada pela implementação da inteligência artificial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEPEA: PIB do Agronegócio Brasileiro. [S. l.], 2023. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 2 Set. 2024.

COZMAN, F. G.; PLONSKI, G. A.; NERI, H. **Inteligência Artificial: Avanços e Tendências**. [S. l.]: INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS, 2021. 414 p. Disponível em: <<https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/download/650/579/2181?inline=1>>. Acesso em: 3 Abr. 2024.

FONTANA, E. **Introdução aos Algoritmos de Aprendizagem Supervisionada**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://fontana.paginas.ufsc.br/files/2018/03/apostila_ML.pdf>. Acesso em: 26 Abr. 2024.

GOMES, D. S. Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações. **Revista Olhar Científico**, v. 01, ed. 02, p. 246, 2 out. 2010. Disponível em: <https://www.professores.uff.br/screspo/wp-content/uploads/sites/127/2017/09/ia_intro.pdf>. Acesso em: 1 Set. 2024.

GONZALEZ, F.A. et al. **Machine learning and remote sensing techniques applied to estimate soil indicators** – Review. Machine learning and remote sensing, [s. l.], 01 feb. 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21011821>>. Acesso em: 15 Mai. 2024.

LIMA, A.F.; SILVA, E.G.; IWATA, B.F. **Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura**. AGRICULTURA, Revista Retratos de Assentamentos, v.

22, ed. 1, p. 19, 6 jan. 2019. Disponível em: <<https://retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/332/294>>.

Acesso em: 21 Mai. 2024.

Luo, W., Zhang, G., Shao, Q. et al. **An efficient visual servo tracker for herd monitoring by UAV**. *Sci Rep* 14, 10463 (2024). Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-024-60445-4>>. Acesso em: 21 Mai. 2024.

MELO, T. S. A IDEOLOGIA POR TRÁS DO TERMO AGRONEGÓCIO. **Mundo do Trabalho**, [s. l.], v. 19, ed. 2, 2018. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/view/5708>>. Acesso em: 2 Set. 2024.

OLIVEIRA, L. K. S.; LOPES, R. S.; SANTOS, W. J. C. Relevância do agronegócio na economia brasileira. *AGRONEGÓCIO, Research, Society and Development*, v. 11, ed. 16, p. 6, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/366332009_Relevancia_do_agronegocio_na_economia_brasileira>. Acesso em: 2 Set. 2024.

PORTZ, A.J. et al. Padrões temporais e espaciais na detecção de resíduos de medicamentos veterinários em aves e suínos no Brasil. **Medicina Veterinária, Ciência Animal Brasileira**, 20 jun. 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cab/a/7xH8MM9kmVV4xsChFbLmq3m/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 2 Set. 2024.

RADAELLI, E. Irrigação correta diminui desperdício de água, explica especialista do ES, **Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação**, 28 dez. 2016. Disponível em:

<<https://www.semadesc.ms.gov.br/irrigacao-correta-diminui-desperdicio-de-agua-explica-especialista-do-es/>>. Acesso em: 1 Set. 2024.

RAIMUNDO, F.J. **Melhorar a Sustentabilidade da Irrigação usando Machine Learning**. 2021. Tese (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática) - Instituto Universitário de Lisboa, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/23850/1/master_francisco_negrier_raimundo.pdf>. Acesso em: 16 Mai. 2024.

RAUBER, T.W. **Redes Neurais Artificiais**. IA, Universidade Federal do Espírito Santo, p. 28, 2005.

RINALDO, R. Viabilidade econômica de um sistema de produção de pecuária bovina sob alta lotação: uso na pesquisa e na pecuária comercial. **AGRICULTURA, Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbspa/a/Wkg8vCnKnBnmsM4jb3dcyRK/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 2 Set. 2024.

Santangeli, A., Chen, Y., Klueh, E. et al. **Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land**. *Sci Rep* 10, 10993 (2020). Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-020-67898-3>>. Acesso em: 15 Mai. 2024.

SMOLA, A. **INTRODUCTION TO MACHINE LEARNING**. [S. l.]: Cambridge university press, 2008. 234 p.

SOARES, F.C.; ROBAINA, A.D.; PEITER, M.X.; RUSSI, J.L.; VIVAN, G.A. **Redes neurais artificiais na estimativa da retenção de água do solo**. Retenção de água no solo, *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, ed. 2, 2014. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/cr/a/mRNQ8sPbQPXgkc95w85nR9n/?format=pdf&lang=pt>>.

Acesso em: 23 Mai. 2024.

ZANELLA, M.A. VISÃO COMPUTACIONAL PARA CLASSIFICAR A MATURAÇÃO DOS FRUTOS DE CAFÉ NO PROCESSO DE COLHEITA MECANIZADA. 2023.

Tese (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, [S. l.], 2023. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/56772>>. Acesso em: 15 Mai. 2024.