

Inovações no Reconhecimento e Detecção de Animais: Uma Análise da Literatura com Ênfase em Redes Neurais e Aprendizado de Máquina

Raquel M.A Nolêto¹, Carleandro Nolêto¹, Natanael P.S Santos¹, Aline M.A Madeira¹

¹Universidade Federal do Piauí (UFPI)

{raquel.noleto, carleandro, natanael, aline.madeira}@ufpi.edu.br

Abstract. *The development of new forms of animal recognition in agriculture is challenging and can be considered complex to implement. This article aims to provide a systematic review of the application of convolutional neural networks and machine learning in image recognition of animals. Data were collected from a bibliometric study to map academic production, using the Web of Science (WoS) platform and the Bibliometrix package of R software. With this research it was possible to observe the use of neural networks in livestock and its effectiveness in predicting the production and characteristics of the animals.*

Resumo. *O desenvolvimento de novas formas de reconhecimento de animais na agropecuária é algo desafiador, podendo ser considerado complexo de ser implementado. Este artigo tem por objetivo fornecer uma revisão sistemática da aplicação de redes neurais convolucionais e aprendizado de máquina no reconhecimento de animais por imagens. Os dados foram coletados a partir de um estudo bibliométrico para mapear a produção acadêmica, utilizando a plataforma Web of Science (WoS) e o pacote Bibliometrix do software R. Com essa pesquisa foi possível observar o uso de redes neurais na pecuária e sua eficácia na previsão da produção e características de animais individuais.*

1. Introdução

Nas últimas décadas, a produção animal tem passado por mudanças significativas devido à demanda por produtos sustentáveis e que promovam o bem-estar animal. Isso fortaleceu áreas como ambiência, bem-estar animal e etologia, levando a modificações nas instalações, melhorias no ambiente, enriquecimento ambiental e ajustes no manejo [Turco 2019].

O aumento da preocupação com o bem-estar animal tornou essencial o uso de ferramentas tecnológicas menos invasivas para coletar e analisar dados, pois os métodos não invasivos permitem a obtenção de informações confiáveis, sem causar estresse aos animais. Nesse sentido, essas novas tecnologias possibilitam o gerenciamento e a medição de indicadores comportamentais, fisiológicos e de desempenho, automatizando a coleta de dados e fornecendo suporte à tomada de decisão [Pereira et al. 2015].

Uma das abordagens utilizadas é o processamento digital de imagens por meio de sistemas de visão computacional. Esse método envolve o reconhecimento e a mensuração de características a partir de imagens proporcionando diversas aplicações na produção

animal, como a identificação de animais por meio de imagens, análise de comportamento, avaliação da qualidade da carcaça de animais vivos, inspeção postmortem e previsão de crescimento. Esses sistemas de processamento de imagem têm se mostrado valiosos na produção pecuária, pois fornecem informações precisas em tempo real de forma não invasiva. [Ferraz 2015]. Deste modo, objetivou-se com esta pesquisa fornecer uma análise bibliométrica e revisão sistemática sobre aplicações de redes neurais e aprendizado de máquina no reconhecimento e detecção de animais.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Conceitos de visão computacional

A visão computacional é uma área multidisciplinar da ciência da computação e inteligência artificial que visa ensinar aos computadores a capacidade de entender, interpretar e processar informações visuais, como imagens e vídeos. Ela busca replicar a forma como os seres humanos enxergam o mundo e permite que as máquinas realizem tarefas complexas, como reconhecimento de objetos, detecção de padrões, segmentação de imagens, rastreamento de movimento e muito mais [Neves et al. 2022].

A técnica de detecção de objetos, envolve a localização e identificação de objetos específicos em uma imagem. Algoritmos de detecção de objetos podem ser baseados em CNNs, como o RCNN (Region-based CNN), ou em técnicas mais recentes, como o YOLO (You Only Look Once) [Redmon et al. 2016].

2.2. Redes Neurais Convolucionais

Redes Neurais Convolucionais (CNN) são uma arquitetura de rede neural profunda projetada para processamento de imagens. Elas se destacam na extração de recursos e no aprendizado de padrões em dados visuais [Oliveira 2019]. As CNNs são capazes de aplicar filtros em imagens, fazendo com que exista uma relação de vizinhança entre os pixels da imagem ao longo do processamento da rede, gerando várias camadas. A Figura 1 apresenta um exemplo de uma CNN e suas diferentes camadas.

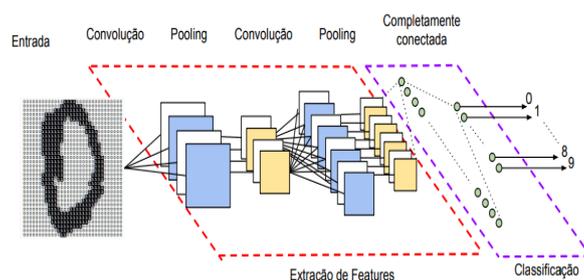


Figura 1. Exemplo de uma CNN [Vargas et al. 2016]

Segundo [Dumoulin and Visin 2016], as entradas ou os tipos dos dados independem da dimensionalidade, podendo ser imagem, som ou uma coleção desordenada de recursos, fazendo com que sejam achatados em um vetor. Essas entradas, por diferentes características que possuam, podem compartilhar propriedades relevantes tais como o armazenamento em matrizes multidimensionais, declarando um ou mais eixos para cada atributo.

3. Procedimentos Metodológicos

Para a realização deste trabalho, os dados foram coletados tomando por base o método de pesquisa bibliométrica e foram desenvolvidos em quatro etapas. Na primeira etapa, selecionou-se a base de dados Web of Science (WoS) e o pacote Bibliometrix do software R, para realizar o desenho do estudo. Na segunda etapa do estudo, a coleta de dados foi realizada por meio da busca de artigos na base de dados Web of Science (WoS) usando a biblioteca virtual Portal de Periódicos da Capes. O período de pesquisa considerado abrangeu de janeiro de 2017 até novembro de 2022. Foram usados os seguintes termos e operadores booleanos na pesquisa: ((ALL=(convolutional neural networks) AND ALL=(machine learning)) AND (ALL=(animal) OR ALL=(animals)) AND (ALL=(recognition) OR ALL=(detection))). A sigla "ALL" indica que a pesquisa pode ser realizada em todos os campos, incluindo título, resumo e palavras-chave. O termo "AND" foi usado quando todos os termos precisavam estar presentes nos resultados, e o operador "OR" foi usado para combinar artigos que continham qualquer um dos termos selecionados, tanto individualmente quanto em conjunto.

A terceira fase envolveu a análise dos dados. Inicialmente, todos os registros encontrados nas publicações da WoS foram selecionados e exportados em formato "Bib-Tex". Em seguida, o software R versão 4.2.2, uma plataforma de computação estatística de código aberto, foi utilizado para conduzir a análise bibliométrica, fazendo uso do pacote bibliometrix. Os dados coletados foram examinados para determinar o número de publicações por ano e identificar os principais países envolvidos na produção científica sobre o tema. A quarta fase do estudo focou na visualização e organização dos dados coletados. Após importar os dados para a biblioteca Bibliometrix, foram utilizadas tabelas e gráficos gerados pelo Bibliometrix R (Biblioshiny) e ajustados no Excel para organizar e apresentar os resultados.

4. Resultados da pesquisa bibliométrica

A partir da busca na plataforma Web of Science sobre o reconhecimento e detecção de animais com base em redes neurais e aprendizado de máquina nos últimos 6 anos, foram encontrados 127 artigos com contribuições de autores de diversos países, incluindo os Estados Unidos, China, Brasil, Alemanha, entre outros. No total, 452 pesquisadores colaboraram nesses estudos, publicado em 94 periódicos.

O estudo também analisou a distribuição das publicações ao longo dos anos e destacou que o número de artigos cresceu desde 2017, com um pico de 36 publicações em 2022. Esse aumento pode ser atribuído à crescente busca por algoritmos de Inteligência Artificial (IA), que têm impacto significativo na área de produção animal, melhorando a eficiência e o bem-estar dos animais. Os resultados são mostrados na Figura 2.

No que diz respeito à distribuição de publicações por países, os Estados Unidos e a China lideram, devido aos seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento em IA, incluindo redes neurais e aprendizado de máquina (Figura 3). Outros países também estão ativos nesse campo, à medida que a tecnologia avança e os benefícios são reconhecidos globalmente.

Neste contexto, realizou-se uma revisão sistemática com o objetivo de compilar informações sobre o reconhecimento de animais através de imagens. Para serem incluídos, os artigos deveriam apresentar detalhadamente as ferramentas utilizadas para a



Figura 2. Distribuição, por ano, das publicações sobre reconhecimento de animais por meio de redes neurais e aprendizado de máquina.

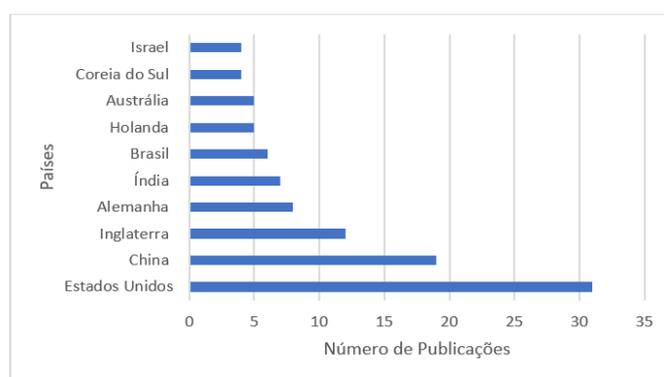


Figura 3. Número de publicações por autores principais por países.

identificação dos animais a partir de imagens e não apenas mencioná-las no texto. A seleção dos artigos foi realizada com base na leitura do resumo e conclusão de todos os 127 artigos encontrados na base de dados WoS. Após a triagem dos artigos, foram elegidos 15 artigos que realmente falavam sobre reconhecimento de animais por meio de imagens, e que tiveram uma grande relevância para este estudo, cujos os autores e títulos estão listados na Tabela 1.

Os dois trabalhos iniciais ([Hansen et al. 2018] e [Taheri and Toygar 2018]) utilizaram técnicas de reconhecimento de expressão facial em animais para avaliar seu bem-estar. No primeiro trabalho [Hansen et al. 2018], os autores treinaram uma CNN para distinguir suínos estressados de não estressados usando imagens frontais dos animais. O método alcançou alta precisão de 96,7% em animais não vistos anteriormente. No entanto, foi observada uma alta taxa de falsos positivos (cerca de 10%), atribuída às condições de saúde subclínicas ou questões sociais dentro do grupo, as razões para o estresse dos animais. O segundo trabalho [Taheri and Toygar 2018] explorou diferentes métodos de reconhecimento facial em animais, incluindo abordagens baseadas em características locais, aparência e características biológicas. Os autores propuseram um método que combinava recursos de uma CNN pré-treinada com análise discriminante Kernel Fisher, alcançando alta taxa de precisão de 95,31% no conjunto de dados LHI-Animal-Faces. O método proposto superou outros métodos existentes na literatura, apresentando maior precisão e desempenho. Contudo, o estudo levantou a possibilidade de que o método não fosse inovador, mas sim uma tentativa de melhorar a classificação de imagens de animais em comparação com abordagens já existentes.

Tabela 1. Autores e título dos 15 artigos selecionados.

	Autores	Título do Artigo
1	[Hansen et al. 2018]	Towards on-farm pig face recognition using convolutional neural networks
2	[Taheri and Toygar 2018]	Animal classification using images with score level fusion.
3	[Nasirahmadi et al. 2019]	Deep learning and machine vision approaches to individual pig posture detection
4	[Barbedo et al. 2019]	A Study on the Detection of Cattle in UAV Images Using Deep Learning
5	[Li et al. 2019]	Mounting Behaviour Recognition for Pigs Based on Deep Learning
6	[Shah et al. 2019]	Fish-Pak: Fish species dataset from Pakistan for visual features based classification
7	[Achour et al. 2020]	Image analysis for individual identification and feeding behaviour monitoring of dairy cows based on Convolutional Neural Networks (CNN)
8	[Chen et al. 2020]	Recognition of aggressive episodes of pigs based on convolutional neural network and long short-term memory
9	[Geffen et al. 2020]	A machine vision system to detect and count laying hens in battery cages
10	[Salau and Krieter 2020]	Instance Segmentation with Mask R-CNN Applied to Loose-Housed Dairy Cows in a Multi-Camera Setting
11	[Wutke et al. 2020]	Investigation of Pig Activity Based on Video Data and Semi-Supervised Neural Networks
12	[Andersen et al. 2021]	Towards Machine Recognition of Facial Expressions of Pain in Horses
13	[Hansen et al. 2021]	Towards Facial Expression Recognition for On-Farm Welfare Assessment in Pigs
14	[de Silva et al. 2022]	Feasibility of using convolutional neural networks for individual identification of wild Asian elephants
15	[Teoh et al. 2022]	Deep learning for behaviour classification in a preclinical brain injury model

Em 2019, quatro artigos relevantes foram publicados sobre o reconhecimento de animais por meio de imagens. O primeiro deles, de [Nasirahmadi et al. 2019], discute o uso de técnicas de aprendizado profundo e visão computacional para detectar posturas de porcos em condições de fazenda comercial, alcançando alta precisão. O segundo artigo, de [Barbedo et al. 2019], explora o uso de veículos aéreos não tripulados (UAVs) para monitorar o gado, obtendo resultados robustos e confiáveis. O terceiro artigo, de [Li et al. 2019], descreve um algoritmo eficiente de aprendizado de máquina para detectar comportamento de montagem em porcos, com alta precisão e sensibilidade. O quarto artigo, de [Shah et al. 2019], apresenta o Fish-Pak, um conjunto de dados com imagens de seis espécies de peixes capturados em piscinas próximas ao rio Chenab, no Paquistão, que pode ser usado para estudar a ecologia subaquática e o comportamento dos peixes. Ainda assim, é importante considerar as limitações e representatividade dos conjuntos de dados utilizados nos estudos.

Em 2020, cinco artigos importantes se destacaram no campo do reconhecimento

de animais por meio de imagens. O primeiro artigo [Achour et al. 2020] apresentou um sistema não invasivo baseado em CNN para monitorar o comportamento alimentar e a identificação individual de vacas leiteiras. O método mostrou alta precisão de 97% e promete melhorar a gestão da pecuária leiteira. O segundo artigo [Chen et al. 2020] destacado abordou o reconhecimento de episódios agressivos de porcos usando CNN e redes de memória de curto prazo, alcançando alta precisão na detecção de comportamento agressivo, porém, o método ainda requer melhorias e refinamentos. O terceiro artigo [Geffen et al. 2020] focou em um sistema de visão computacional para contar galinhas poedeiras em gaiolas de bateria, com uma precisão de 89,6%. O sistema pode ajudar na estimativa do número de aves e garantir conformidade com regulamentações. O quarto artigo [Salau and Krieter 2020] tratou do uso de técnicas de aprendizado profundo e visão computacional para analisar o comportamento e a saúde de vacas leiteiras em ambiente externo, proporcionando uma base técnica sólida para a avaliação automática de tarefas administrativas. Por fim, o quinto artigo [Wutke et al. 2020] explorou o uso de redes neurais semi-supervisionadas para detectar comportamentos anormais em suínos, com uma taxa de sucesso de 91% na identificação de anomalias. Todos esses artigos mostraram avanços promissores no uso de técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina para o reconhecimento e monitoramento de animais, trazendo benefícios para a pecuária e o bem-estar animal.

Em 2021, foram publicados dois artigos relevantes sobre o reconhecimento de animais por meio de imagens. O primeiro artigo, de [Andersen et al. 2021], é uma revisão que aborda os desafios da percepção da dor em cavalos usando visão computacional e aprendizado de máquina. O estudo propõe dois métodos para a detecção automática de dor em cavalos, ambos com resultados promissores, mas que ainda requerem mais pesquisas antes de serem aplicados em larga escala. O artigo destaca ainda a importância de reconhecer e tratar a dor em cavalos para promover o bem-estar animal. O segundo artigo, de [Hansen et al. 2021], explora o uso de características avançadas para determinar o bem-estar de suínos. Os autores treinaram uma rede neural convolucional (CNN) para distinguir entre suínos estressados e não estressados usando imagens dos animais, alcançando alta precisão. O artigo também discute a análise de expressões faciais em suínos e o uso da escala de dor baseado nessas expressões. Além disso, os autores abordam o potencial do uso de expressões emocionais para avaliar o estresse e as reações emocionais em porcos. O trabalho conclui com uma discussão sobre as limitações e direções futuras do uso do reconhecimento facial na avaliação do bem-estar animal.

Em 2022, dois trabalhos ([de Silva et al. 2022] e [Teoh et al. 2022]) destacaram-se no reconhecimento de animais por meio de imagens. O primeiro artigo [de Silva et al. 2022] aborda a identificação individual de elefantes asiáticos selvagens usando CNNs, onde diferentes modelos foram testados para identificar elefantes com base em imagens de três tipos diferentes (corpo inteiro, rosto e orelhas). O método alcançou diversos níveis de acurácia, com destaque para identificação usando imagens do conjunto de dados da região das orelhas do animal. No entanto, a abordagem pode ser ineficiente para monitorar grandes populações selvagens devido à necessidade de interpretação manual das imagens. O segundo trabalho [Teoh et al. 2022] trata do uso de aprendizado profundo para classificação de lesões respiratórias em camundongos. O estudo usou uma arquitetura de CNN integrada com memória de curto e longo prazo para prever a presença de lesão cerebral traumática em camundongos. O modelo apresentou um bom desempe-

no na detecção de lesões, superando outros métodos de aprendizado de máquina. O artigo ressalta ainda, a importância do processamento profundo e técnicas como análise de Wavelet e análise de componentes principais, no entanto, expressa ser prudente evitar o overfitting e abordagens otimistas ao lidar com conjuntos de dados desequilibrados.

5. Conclusão

A pesquisa aplicou análise bibliométrica para combinar dados científicos da Web of Science (WoS) com o uso de redes neurais e aprendizado de máquina, visando a identificação de animais por meio de imagens. O estudo destacou o crescimento notável das redes neurais nos últimos anos e seu impacto positivo na pecuária, possibilitando prever a produção e características dos animais, especialmente na fenotipagem e identificação animal. A automação desse método resulta em custos reduzidos, alta precisão e melhoria no bem-estar dos animais. A pesquisa revelou a promissora e crescente natureza desse campo, ressaltando a necessidade de profissionais capacitados.

Como trabalho futuro pretende-se desenvolver um sistema para reconhecimento e treinamento de uma CNN utilizando dispositivos móveis. Pretende-se ainda realizar avaliações de usabilidade e verificação da precisão do algoritmo de reconhecimento.

Referências

- Achour, B., Belkadi, M., Filali, I., Laghrouche, M., and Lahdir, M. (2020). Image analysis for individual identification and feeding behaviour monitoring of dairy cows based on convolutional neural networks (cnn). *Biosystems Engineering*, 198:31–49.
- Andersen, P. H., Broomé, S., Rashid, M., Lundblad, J., Ask, K., Li, Z., Hernlund, E., Rhodin, M., and Kjellström, H. (2021). Towards machine recognition of facial expressions of pain in horses. *Animals*, 11(6):1643.
- Barbedo, J. G. A., Koenigkan, L. V., Santos, T. T., and Santos, P. M. (2019). A study on the detection of cattle in uav images using deep learning. *Sensors*, 19(24):5436.
- Chen, C., Zhu, W., Steibel, J., Siegford, J., Wurtz, K., Han, J., and Norton, T. (2020). Recognition of aggressive episodes of pigs based on convolutional neural network and long short-term memory. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169:105166.
- de Silva, E. M., Kumarasinghe, P., Indrajith, K. K., Pushpakumara, T. V., Vimukthi, R. D., de Zoysa, K., Gunawardana, K., and de Silva, S. (2022). Feasibility of using convolutional neural networks for individual-identification of wild asian elephants. *Mammalian Biology*, 102(3):931–941.
- Dumoulin, V. and Visin, F. (2016). A guide to convolution arithmetic for deep learning. *arXiv preprint arXiv:1603.07285*.
- Ferraz, E. d. O. (2015). Composição química e atividade biológica de espécies de nectandra e stevia rebaudiana.
- Geffen, O., Yitzhaky, Y., Barchilon, N., Druyan, S., and Halachmi, I. (2020). A machine vision system to detect and count laying hens in battery cages. *animal*, 14(12):2628–2634.
- Hansen, M. F., Baxter, E. M., Rutherford, K. M., Futro, A., Smith, M. L., and Smith, L. N. (2021). Towards facial expression recognition for on-farm welfare assessment in pigs. *Agriculture*, 11(9):847.

- Hansen, M. F., Smith, M. L., Smith, L. N., Salter, M. G., Baxter, E. M., Farish, M., and Grieve, B. (2018). Towards on-farm pig face recognition using convolutional neural networks. *Computers in Industry*, 98:145–152.
- Li, D., Chen, Y., Zhang, K., and Li, Z. (2019). Mounting behaviour recognition for pigs based on deep learning. *Sensors*, 19(22):4924.
- Nasirahmadi, A., Sturm, B., Edwards, S., Jeppsson, K.-H., Olsson, A.-C., Müller, S., and Hensel, O. (2019). Deep learning and machine vision approaches for posture detection of individual pigs. *Sensors*, 19(17):3738.
- Neves, L. A. P., Jesus, A., Otemaier, K. R., Feger, J. E., da Costa, M. V., and da Silveira, R. D. (2022). Nexos entre visão computacional e computação afetiva para o desenvolvimento da robótica nexuses between computer vision and affective computing for robotics development. *Brazilian Journal of Development*, 8(4):24991–25005.
- Oliveira, P. D. S. d. (2019). Uso de aprendizagem de máquina e redes neurais convolucionais profundas para a classificação de áreas queimadas em imagens de alta resolução espacial.
- Pereira, L. G. R., Paiva, C. A. V., Ribas, M. N., and Ferreira, A. L. (2015). Pecuária leiteira de precisão: conceitos e tecnologias disponíveis. *Zootecnia de Precisão em Bovinocultura de Leite. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, (79):10.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., and Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 779–788.
- Salau, J. and Krieter, J. (2020). Instance segmentation with mask r-cnn applied to loose-housed dairy cows in a multi-camera setting. *Animals*, 10(12):2402.
- Shah, S. Z. H., Rauf, H. T., IkramUllah, M., Khalid, M. S., Farooq, M., Fatima, M., and Bukhari, S. A. C. (2019). Fish-pak: Fish species dataset from pakistan for visual features based classification. *Data in brief*, 27:104565.
- Taheri, S. and Toygar, Ö. (2018). Animal classification using facial images with score-level fusion. *IET computer vision*, 12(5):679–685.
- Teoh, L., Ihalage, A. A., Harp, S., F. Al-Khateeb, Z., Michael-Titus, A. T., Tremoleda, J. L., and Hao, Y. (2022). Deep learning for behaviour classification in a preclinical brain injury model. *PLoS one*, 17(6):e0268962.
- Turco, S. H. N. (2019). Ferramentas para o monitoramento de respostas comportamentais, fisiológicas e de desempenho animal a campo.
- Vargas, A. C. G., Paes, A., and Vasconcelos, C. N. (2016). Um estudo sobre redes neurais convolucionais e sua aplicação em detecção de pedestres. In *Proceedings of the xxix conference on graphics, patterns and images*, volume 1. sn.
- Wutke, M., Schmitt, A. O., Traulsen, I., and Gültas, M. (2020). Investigation of pig activity based on video data and semi-supervised neural networks. *AgriEngineering*, 2(4):581–595.