

APLICAÇÕES DA LÓGICA FUZZY, SENSORIAMENTO E TECNOLOGIAS IOT NO MONITORAMENTO DA AMBIÊNCIA EM AVIÁRIOS DE POSTURA: UMA REVISÃO DE ESCOPO

APPLICATIONS OF FUZZY LOGIC, SENSING, AND IOT TECHNOLOGIES IN THE MONITORING OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN LAYER POULTRY HOUSES: A SCOPING REVIEW

APLICACIONES DE LA LÓGICA DIFUSA, EL SENSADO Y LAS TECNOLOGÍAS IOT EN EL MONITOREO DEL AMBIENTE EN GALLINEROS DE POSTURA: UNA REVISIÓN DE ALCANCE

 <https://doi.org/10.56238/arev7n12-265>

Data de submissão: 19/11/2025

Data de publicação: 19/12/2025

Leandro Calixto Tenório de Albuquerque

Doutorando em Agronegócio e Desenvolvimento

Instituição: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Câmpus de Tupã

E-mail: tenorio.albuquerque@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4654-5166>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9136613270232315>

Alisson Rodolfo Leite

Doutor em Agronegócio e Desenvolvimento

Instituição: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Câmpus de Tupã

E-mail: alisson.rodolfo@ifsp.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0838-4566>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0525044981400057>

Luís Roberto Almeida Gabriel Filho

Livre-Docente em Matemática Aplicada e Computacional

Instituição: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Câmpus de Tupã

E-mail: gabriel.filho@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7269-2806>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5255054247692798>

Camila Pires Cremasco Gabriel

Livre-Docente em Matemática Aplicada

Instituição: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Câmpus de Tupã

E-mail: camila.cremasco@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2465-1361>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9951953532998797>

RESUMO

Considerando a relevância da avicultura de postura para o agronegócio brasileiro e a necessidade de assegurar condições ambientais adequadas ao bem-estar e ao desempenho produtivo das aves, torna-se pertinente investigar como tecnologias e modelos inteligentes têm sido aplicados na ambiência de aviários. O objetivo deste estudo é identificar, mapear e caracterizar pesquisas que integram, de forma

isolada ou combinada, lógica fuzzy, sensoriamento ambiental e tecnologias IoT no monitoramento da ambiência em aviários de postura. Para tanto, realizou-se uma revisão de escopo conforme metodologias do JBI e PRISMA-ScR, com buscas em bases científicas, seleção criteriosa e extração de dados. Foram incluídos 52 estudos publicados entre 2020 e 2025. Observou-se predominância de pesquisas conduzidas na Indonésia e na China, com maior ocorrência de estudos de campo. Temperatura e umidade foram as variáveis mais monitoradas, enquanto a medição de gases apareceu em menor escala. Sensores de baixo custo das séries DHT e MQ e plataformas como ESP e Arduino foram majoritariamente empregados. A lógica fuzzy foi a técnica de inteligência artificial predominante, embora muitos sistemas tenham operado sem modelos inteligentes. A maioria das propostas integrou-se à nuvem, mas poucas utilizaram redes sem fio de longa distância. Identificaram-se ainda muitos estudos para frangos de corte, baixa adoção de classificação ambiental e quase inexistência de validação por índices reconhecidos. Conclui-se que, apesar dos avanços tecnológicos observados, persistem lacunas relacionadas à classificação e validação ambiental, uso de inteligência artificial, monitoramento de gases, comunicação de longo alcance e desenvolvimento de soluções específicas para aviários de postura.

Palavras-chave: Lógica Fuzzy. Ambiência Animal. Internet das Coisas (IoT). Avicultura de Postura. Sensoriamento Ambiental.

ABSTRACT

Given the relevance of layer poultry farming to Brazilian agribusiness and the need to ensure adequate environmental conditions for bird welfare and productive performance, it is pertinent to investigate how technologies and intelligent models have been applied to the housing environment of poultry facilities. This study aims to identify, map, and characterize research that integrates, individually or in combination, fuzzy logic, environmental sensing, and IoT technologies in the monitoring of the environment in layer poultry houses. A scoping review was conducted according to JBI methodology and PRISMA-ScR guidelines, including database searches, rigorous study selection, and data extraction. A total of 52 studies published between 2020 and 2025 were included. Most research was carried out in Indonesia and China, with a predominance of field studies. Temperature and humidity were the most frequently monitored variables, whereas gas measurements appeared less frequently. Low-cost sensors from the DHT and MQ families and hardware platforms such as ESP and Arduino were predominantly employed. Fuzzy logic was the main artificial intelligence technique identified, although many systems operated without intelligent models. Most proposals were integrated with cloud-based solutions, but few employed long-range wireless networks. The review also identified many studies focused on broiler chickens, limited adoption of environmental classification, and an almost complete absence of validation using recognized environmental indices. It is concluded that, despite the technological advances observed, important gaps remain regarding environmental classification and validation, the use of artificial intelligence, gas monitoring, long-range communication, and the development of solutions specifically tailored to layer poultry houses.

Keywords: Fuzzy Logic. Animal Environment. Internet of Things (IoT). Layer Poultry Farming. Environmental Sensing.

RESUMEN

Considerando la relevancia de la avicultura de postura para el agronegocio brasileño y la necesidad de asegurar condiciones ambientales adecuadas para el bienestar y el desempeño productivo de las aves, resulta pertinente investigar cómo las tecnologías y los modelos inteligentes se han aplicado a la ambiencia de los aviarios. El objetivo de este estudio es identificar, mapear y caracterizar investigaciones que integren, de forma aislada o combinada, lógica difusa, sensoriamento ambiental y

tecnologías IoT en el monitoreo de la ambienca en aviarios de postura. Para ello, se llevó a cabo una revisión de alcance conforme a las metodologías del JBI y PRISMA-ScR, con búsquedas en bases científicas, selección rigurosa y extracción de datos. Se incluyeron 52 estudios publicados entre 2020 y 2025. Se observó predominio de investigaciones realizadas en Indonesia y China, con mayor ocurrencia de estudios de campo. La temperatura y la humedad fueron las variables más monitoreadas, mientras que la medición de gases apareció en menor escala. Sensores de bajo costo de las series DHT y MQ y plataformas como ESP y Arduino fueron empleados de forma predominante. La lógica difusa fue la principal técnica de inteligencia artificial identificada, aunque muchos sistemas funcionaron sin modelos inteligentes. La mayoría de las propuestas se integró a la nube, pero pocas utilizaron redes inalámbricas de largo alcance. Asimismo, se identificó un número elevado de estudios con pollos de engorde, baja adopción de clasificación ambiental y casi inexistente validación mediante índices reconocidos. Se concluye que, a pesar de los avances tecnológicos observados, persisten brechas relacionadas con la clasificación y la validación ambiental, el uso de inteligencia artificial, el monitoreo de gases, la comunicación de largo alcance y el desarrollo de soluciones específicas para aviarios de postura.

Palabras clave: Lógica Difusa. Ambienca Animal. Internet de las Cosas (IoT). Avicultura de Postura. Sensado Ambiental.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de postura destaca-se como uma das mais importantes atividades do setor pecuário brasileiro, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e para a economia nacional. Em 2024, o Brasil produziu 57,6 bilhões de ovos, alcançando um consumo per capita de 269 unidades por habitante, posicionando-se como o quinto maior produtor mundial, com um valor bruto de produção de R\$ 26,1 bilhões (Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA, 2025). Esses dados evidenciam a relevância da atividade e, por conseguinte, a necessidade de aprimoramento dos processos que envolvem o bem-estar animal e a produtividade.

O desempenho produtivo das aves está fortemente condicionado às variáveis ambientais presentes no interior dos galpões avícolas. Segundo Baêta e Souza (2010), variáveis como temperatura, umidade, radiação e ventilação compõem o ambiente térmico e influenciam o conforto e a saúde das aves. Situações de estresse térmico ou de má qualidade do ar podem comprometer funções fisiológicas importantes, afetando o crescimento, a resistência imunológica e a eficiência alimentar das galinhas poedeiras. A manutenção da homeotermia, especialmente dentro da zona de termoneutralidade, faixa ideal de temperatura ambiente para máxima eficiência produtiva, é crucial para evitar perdas na produção e garantir o bem-estar animal (Silva, 2001).

A criação de galinhas poedeiras é dividida em três fases distintas, cria, recria e produção, cada uma com exigências específicas quanto ao bem-estar animal e à ambiência ideal. As faixas recomendadas de temperatura, umidade e concentração de gases variam conforme a idade das aves, no entanto a literatura técnica apresenta divergências nesses valores, o que reforça a necessidade de uma abordagem criteriosa e padronizada para o controle ambiental (Silva; Abreu; Mazzuco, 2020).

Frente a esses desafios, o uso de tecnologias digitais e inteligentes na avicultura tem ganhado destaque. Sensores, atuadores, microcontroladores, redes sem fio e softwares têm sido integrados à produção avícola para o monitoramento contínuo da ambiência e da saúde das aves. No campo da inteligência artificial, modelos de inferência fuzzy vêm sendo aplicados com sucesso para lidar com incertezas e auxiliar na tomada de decisão baseada em dados, com potencial para simular o raciocínio humano e gerar respostas adaptativas em tempo real (Simões; Shaw, 2007; Abreu, 2022).

Apesar dos avanços alcançados por essas soluções, a literatura técnico-científica ainda apresenta considerável heterogeneidade quanto aos modelos fuzzy empregados, às tecnologias de monitoramento adotadas, às variáveis ambientais analisadas e às faixas ideais recomendadas para essas variáveis. Em especial, verifica-se que o uso de lógica fuzzy integrada a sensores ambientais, transmissão de dados por tecnologias como rede LoRa e armazenamento em nuvem, ainda não foi mapeado de forma abrangente na produção avícola, sobretudo em aviários de galinhas poedeiras.

Diante disso, uma revisão de escopo mostra-se necessária e adequada para identificar, mapear e caracterizar os estudos existentes, permitindo compreender a extensão e a natureza da produção científica sobre o tema, além de revelar oportunidades de avanço em áreas ainda em consolidação.

Foi realizada uma busca preliminar para identificar revisões de escopo e revisões sistemáticas existentes sobre o uso de lógica fuzzy, sensoriamento e tecnologias IoT aplicadas ao monitoramento da ambiência em aviários de galinhas poedeiras. Essa busca ocorreu em 29 de agosto de 2025, utilizando as seguintes plataformas e bases de dados científicas: IEEE Xplore, Scopus, Science Direct, Scielo, Web of Science, Periódicos CAPES e Google Scholar. Não foram identificadas revisões que abordassem esses elementos de maneira integrada, o que evidencia a originalidade e a relevância da presente proposta.

Portanto, o objetivo desta revisão de escopo é identificar, mapear e caracterizar estudos que integrem lógica fuzzy, sensores ambientais e tecnologias de transmissão e análise de dados, no monitoramento da ambiência em aviários de galinhas poedeiras, buscando compreender como esses elementos têm sido combinados na literatura científica e quais lacunas ainda persistem para subsidiar futuras inovações e pesquisas na área.

2 METODOLOGIA

A presente revisão de escopo foi conduzida conforme a metodologia proposta pelo Joanna Briggs Institute (JBI) (Peters *et al.*, 2020), seguindo as diretrizes do PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews) (Tricco *et al.*, 2018). O protocolo completo desta revisão foi previamente registrado na plataforma Open Science Framework (OSF), sob o DOI: 10.17605/OSF.IO/YQ6BG.

Segundo Arksey e O’Malley (2005), as revisões de escopo visam mapear de forma abrangente a literatura, caracterizando tendências e identificando lacunas em campos amplos ou pouco explorados, assim oferecem uma visão abrangente do estado da arte e orientam futuras pesquisas, no entanto, geralmente não avaliam a qualidade metodológica dos estudos. Sua condução segue cinco etapas: (1) formulação da questão de pesquisa; (2) identificação dos estudos relevantes; (3) seleção dos estudos; (4) mapeamento e extração dos dados; e (5) síntese e apresentação dos resultados.

Conforme orienta o Joanna Briggs Institute, o acrônimo PCC (População, Conceito e Contexto) foi utilizado para elaboração da pergunta de pesquisa. Nesse modelo, a População refere-se às galinhas poedeiras; o Conceito abrange o monitoramento da ambiência associado ao uso de lógica fuzzy, sensoriamento ambiental, tecnologias IoT de baixo custo, transmissão de dados e armazenamento em nuvem; e o Contexto corresponde aos aviários comerciais destinados à produção de postura. Dessa

forma, definiu-se a seguinte questão de pesquisa: Quais são as abordagens, tecnologias e parâmetros utilizados em estudos que aplicam lógica fuzzy e tecnologias IoT no monitoramento da ambiência de aviários de postura? Perguntas adicionais também foram formuladas, sendo elas: Quais variáveis ambientais (temperatura, umidade, gases) são mais frequentemente monitoradas? Como os dados ambientais são coletados, transmitidos e processados nesses estudos?

A etapa de identificação dos estudos relevantes foi conduzida de forma abrangente, mediante buscas em bases de dados científicas reconhecidas pelo rigor acadêmico, incluindo IEEE Xplore, Scopus, Science Direct, SciELO, Web of Science e o portal Periódicos CAPES, além de literatura cinzenta, como o Google Scholar, a fim de capturar estudos não indexados em bases tradicionais. As consultas foram realizadas em 29 de agosto de 2025, utilizando os filtros de publicação entre 2020 e 2025 e inclusão de textos em português, inglês ou espanhol. A estratégia de busca foi elaborada com base nos elementos do acrônimo PCC, empregando descritores combinados por operadores booleanos, tais como: (fuzzy) AND (chickens OR laying OR hens OR broilers OR poultry house OR layer house OR poultry shed) AND (temperature OR humidity OR environmental OR conditions OR monitoring OR thermal OR comfort) AND (iot OR sensing OR sensor OR smart OR wireless OR lora OR network OR communication OR cloud OR computing OR processing). Conforme as especificidades de cada base de dados, alguns termos e operadores precisaram ser adaptados, tal como descrito no protocolo desta revisão.

Os critérios de elegibilidade foram definidos para assegurar a seleção de estudos alinhados ao objetivo proposto. Como critério de inclusão, foram considerados estudos que abordem o monitoramento da ambiência em aviários mediante o uso de lógica fuzzy, sensoriamento ou transmissão de dados, de forma isolada ou combinada. Por sua vez, o critério de exclusão compreendeu estudos que não tratem do monitoramento da ambiência de aviários com aplicação de lógica fuzzy ou de tecnologias de sensoriamento ou transmissão de dados, bem como artigos de revisão, textos sem acesso ao conteúdo integral e publicações duplicadas.

Embora o foco desta revisão de escopo seja o monitoramento da ambiência em aviários de postura, optou-se por incluir estudos conduzidos em sistemas de frango de corte sempre que estes abordassem tecnologias, métodos de sensoriamento, arquiteturas de IoT ou modelos computacionais aplicáveis ao controle ambiental em instalações avícolas. Essa decisão metodológica foi adotada devido à reconhecida similaridade dos requisitos ambientais (temperatura, umidade, gases e ventilação) entre os sistemas produtivos, bem como à escassez de estudos específicos direcionados à avicultura de postura identificada durante a fase de busca.

Na etapa de seleção de estudos, todos os registros obtidos nas buscas realizadas nas bases de dados, foram importados para o software gratuito StArt (State of the Art through Systematic Review), desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software da UFSCAR (LAPES, 2025), que auxiliou na organização e no gerenciamento do processo de triagem. A seleção ocorreu em duas fases: na primeira, foram avaliados títulos, resumos e palavras-chave para verificar a aderência aos critérios de inclusão; na segunda, os estudos potencialmente relevantes foram analisados na íntegra para confirmação de elegibilidade. Todo o procedimento foi realizado por dois pesquisadores independentes, sendo eventuais discordâncias solucionadas por consenso ou com o auxílio de um terceiro pesquisador.

A etapa de mapeamento e extração dos dados foi realizada com base nos estudos incluídos, utilizando-se tabelas de extração estruturadas e elaboradas pelos próprios autores. Essas tabelas contemplaram os seguintes campos: autor, ano de publicação, país de origem, objetivo do estudo, delineamento metodológico (experimental, de campo ou estudo de caso), tecnologias empregadas (como microcontroladores, sensores, redes de comunicação e sistemas de armazenamento em nuvem), variáveis ambientais monitoradas (temperatura, umidade e gases), técnicas de inteligência artificial utilizadas (lógica fuzzy, redes neurais ou árvore de decisão), controle de atuadores, classificação ambiental, espécie avaliada (galinhas poedeiras ou de corte) e principais resultados observados. A extração dos dados foi conduzida de forma independente por dois pesquisadores, e eventuais divergências foram solucionadas por consenso ou, quando necessário, com a mediação de um terceiro avaliador.

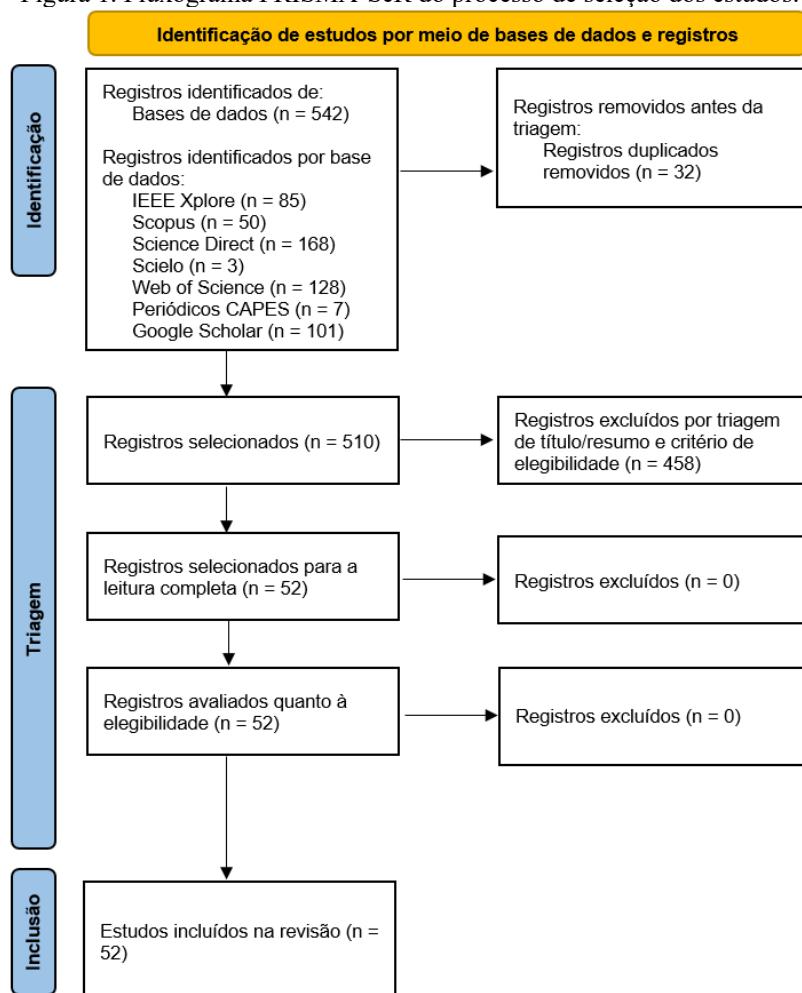
Na etapa de síntese e apresentação dos resultados, os dados extraídos foram organizados e apresentados em tabelas e gráfico, em consonância com o objetivo da revisão e com as questões norteadoras estabelecidas. A análise descritiva contemplou a interpretação dos resultados, a caracterização metodológica dos estudos incluídos e a identificação de lacunas presentes na literatura científica. Esse processo envolveu a identificação das variáveis ambientais mais monitoradas, dos tipos de sensores e tecnologias IoT empregados, das técnicas de inteligência artificial utilizadas e das estratégias de coleta, transmissão e processamento das informações ambientais.

3 RESULTADOS

A busca realizada nas bases de dados e nas fontes de literatura cinzenta identificou um total de 542 registros. Após a remoção de 32 registros duplicados, foram mantidos 510 estudos para a triagem inicial por título e resumo, da qual 458 foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Em seguida, 52 artigos foram avaliados na íntegra, resultando na inclusão final de 52

estudos que compuseram o conjunto de estudos incluídos nesta revisão. A Figura 1 apresenta o fluxograma PRISMA-ScR que descreve de maneira detalhada o processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão das fontes de evidência.

Figura 1. Fluxograma PRISMA-ScR do processo de seleção dos estudos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Entre os estudos selecionados, observou-se que parte das pesquisas foi voltada para frangos de corte. Apesar de não representarem diretamente a população alvo desta revisão, tais estudos foram mantidos por atenderem aos critérios de elegibilidade, especialmente no que se refere ao uso de lógica fuzzy, sensoriamento e tecnologias IoT aplicadas ao monitoramento da ambiência. Esses trabalhos contribuíram para ampliar a compreensão das soluções tecnológicas disponíveis no setor avícola.

A Tabela 1 apresenta a caracterização geral dos 52 estudos incluídos, no que se refere à distribuição por país, a maioria dos estudos foi realizada na Indonésia, com 23 trabalhos (44,2%), seguida pela China, com 8 (15,4%). Brasil, Índia e Marrocos apresentaram 4 estudos cada (7,7%). A

Malásia contribuiu com 3 estudos (5,7%), enquanto Paquistão e Bangladesh registraram 2 cada (3,9%). Colômbia e Chipre apareceram com apenas 1 estudo cada (1,9%).

Quanto ao delineamento metodológico, observou-se que a maioria dos trabalhos incluídos correspondeu a estudos de campo, totalizando 27 estudos (51,9%). Em seguida, identificaram-se estudos experimentais, representados por 23 trabalhos (44,3%). Apenas um estudo foi classificado como estudo de caso (1,9%) e outro como estudo de modelagem e simulação (1,9%).

Em relação às bases de dados consultadas, verificou-se que a maior parte dos estudos incluídos foi identificada no Google Scholar, que reuniu 36 trabalhos (69,2%). A IEEE Xplore contribuiu com 10 estudos (19,2%), enquanto a Scopus apresentou 4 (7,8%) e os Periódicos CAPES registraram 2 estudos (3,8%). Não foram selecionados estudos provenientes das bases Science Direct, SciELO ou Web of Science.

Tabela 1. Caracterização geral dos artigos incluídos.

Autor / Ano / País	Objetivo do Estudo	Principais Resultados
Liani <i>et al.</i> , 2021 Indonésia	Monitorar temperatura e umidade em aviários usando LoRaWAN e lógica fuzzy para avaliar o conforto térmico de frangos de corte.	O sistema transmitiu dados de temperatura e umidade via LoRaWAN, e o modelo fuzzy identificou condições térmicas ideais para as aves de corte.
Lashari <i>et al.</i> , 2023 Paquistão	Implementar um sistema IoT para monitorar temperatura, umidade, O ₂ , CO ₂ , CO e NH ₃ em aviários de corte.	O sistema IoT monitorou seis parâmetros ambientais em cenário real, detectando níveis aceitáveis de O ₂ , CO ₂ , NH ₃ e CO.
Silva <i>et al.</i> , 2025 Brasil	Desenvolver um sistema fuzzy embarcado com aplicação web para controle térmico de aviários de frangos de corte.	O sistema IoT com lógica fuzzy atingiu 98% de acurácia e realizou controle térmico automático via web
Ali <i>et al.</i> , 2024 Paquistão	Desenvolver um sistema inteligente de controle ambiental para aviários, baseado em IoT e machine learning.	O modelo Decision Tree alcançou 99,97% de acurácia e permitiu automatizar o controle de temperatura, umidade, água, luz e gases no avião.
Malika <i>et al.</i> , 2021 Malásia	Desenvolver um sistema IoT para monitorar temperatura e umidade em aviários com acionamento automático.	O sistema monitorou temperatura, umidade e acionou aquecimento e ventilação automaticamente, enviando alertas ao usuário.
Lehaa T. <i>et al.</i> , 2025 Índia	Desenvolver um sistema IoT para monitorar e controlar temperatura, umidade, gás amônia e água em aviários.	O sistema manteve temperatura e umidade dentro da faixa ideal; reduziu amônia e automatizou atuadores com precisão.
Adha <i>et al.</i> , 2022 Malásia	Propor e testar um framework IoT para monitorar temperatura, umidade e amônia em aviários.	O protótipo validou as leituras dos sensores, com dados exibidos no website de forma estável e confiável.
Reddy <i>et al.</i> , 2024 Índia	Desenvolver um sistema IoT - CNN para otimizar temperatura, umidade e qualidade do ar em aviários.	A CNN reduziu desvios ambientais, aumentou estabilidade e superou os métodos PID, Fuzzy e MPC.
Liu <i>et al.</i> , 2022 China	Avaliar a qualidade ambiental de aviários usando lógica fuzzy e correlacionar com taxa de postura.	A lógica fuzzy revelou variações ambientais e forte correlação com a taxa de postura.
Pranta; Islam; Khan, 2025 Bangladesh	Criar e testar um modelo on-line de IA baseado em árvore de decisão integrado a sensores para controlar o estresse térmico em poedeiras.	O sistema reduziu a temperatura e o ITU, aumentou a produção de ovos (14,5%) e atuou com 100% de precisão e baixo custo.

Santos; Borges, 2022 Brasil	Desenvolver um sistema IoT de baixo custo para monitorar temperatura e umidade em aviários de pequeno porte.	O sistema monitorou temperatura e umidade, enviou dados para visualização local e remota, demonstrando viabilidade prática.
Rubio; Ortiz, 2021 Colômbia	Implementar um sistema IoT para monitorar e controlar variáveis ambientais em aviários.	O sistema monitorou temperatura, umidade, ventilação, gás NH ₃ e automatizou nebulização e bebedouros, enviando dados à nuvem.
Husein; Kharisma, 2020 Indonésia	Desenvolver um sistema fuzzy-IoT para controlar temperatura e umidade em galpões de frangos de corte.	O sistema manteve a temperatura e umidade próximas do ideal, exibiu dados em tempo real e melhorou a uniformidade de peso dos frangos.
Prasetya; Dahlan; Lifwarda, 2024 Indonésia	Desenvolver um sistema IoT para monitorar temperatura e umidade em galinheiros de frango de corte.	O sistema com microcontrolador e sensor, monitorou temperatura, umidade, acionou ventilação, luz e buzzer conforme variações, mantendo condições próximas do ideal.
Sanjaya; Fadlil, 2023 Indonésia	Desenvolver um sistema IoT para monitorar e controlar temperatura e umidade em galpões de frango de corte.	O sistema acionou ventilação, nebulização e aquecimento conforme temperatura e umidade, apresentou baixo erro de leitura e enviou dados à nuvem.
Perdanasari; Etikasari; Rukmi, 2023 Indonésia	Desenvolver um sistema IoT para monitorar e controlar temperatura, umidade e amônia em tempo real em aviários de postura.	O sistema monitorou temperatura, umidade e gás NH ₃ de forma estável por 16 dias, com acionamento automático dos atuadores e leituras consistentes dos sensores.
Suprianto; Pristiyaningrum; Prasetyo, 2022 Indonésia	Desenvolver um sistema IoT com lógica fuzzy (Sugeno) para controlar temperatura e umidade em um protótipo de aviário de frangos de corte.	O sistema manteve a temperatura em torno de 30,3 °C e a umidade em torno de 70,5%, controlando os atuadores por lógica fuzzy e exibindo os dados ambientais em tempo real.
Fahrurrozi <i>et al.</i> , 2024 Indonésia	Desenvolver sistema IoT integrado a modelo Random Forest para prever condições ambientais do aviário.	O modelo de IA Random Forest com variáveis temporais alcançou 96,66% de acurácia e funcionou integrado ao sistema web.
Ishak <i>et al.</i> , 2024 Indonésia	Desenvolver sistema IoT para monitorar temperatura, umidade e amônia em diferentes pontos da granja, avaliando precisão e usabilidade.	O sistema mediou temperatura, umidade e amônia com baixo erro (0,5–3,1%), detectou picos de concentração de NH ₃ e registrou tudo em tempo real no dashboard e no LCD.
Shanmugapriya; Sangeethadevi; Kalaivani, 2022 Índia	Desenvolver um sistema IoT com rede de sensores sem fio para monitorar temperatura, umidade, qualidade do ar e segurança em aviário.	O sistema manteve temperatura próxima de 32 °C e umidade estável em torno de 60%; o exaustor reduziu poluentes e os alertas e o dashboard funcionaram em tempo real.
Susanto <i>et al.</i> , 2023 Indonésia	Projetar sistema IoT para monitorar temperatura e acionar lâmpada automaticamente em faixas pré-definidas.	O sistema mediou a temperatura com precisão; a lâmpada ligou abaixo de 28 °C e desligou acima de 31 °C; e o controle operou de forma estável pelo ThingSpeak.
Syafar; Anwar; Ridwansyah, 2021 Indonésia	Desenvolver um sistema IoT para monitorar temperatura, umidade e amônia, enviando dados ao smartphone.	O sistema monitorou temperatura, umidade e amônia com os sensores DHT22 e MQ-135; enviou os dados via GSM ao smartphone; e acionou exaustor, aquecimento e resfriamento.
Nalendra <i>et al.</i> , 2021 Indonésia	Avaliar a eficácia de um sistema IoT para monitorar temperatura, umidade e gás, observando a reação das aves.	O sistema mediou temperatura, umidade e gás com sensores; apresentou pequenas diferenças para o termohigrômetro; e manteve condições adequadas, com reação normal das aves.
Budiarto <i>et al.</i> , 2020 Indonésia	Implementar sistema IoT para monitorar temperatura, amônia e alimento, com alertas automáticos.	O sistema controlou a temperatura por lógica fuzzy, monitorou amônia e alimento com precisão e enviou dados ao servidor, com alertas por SMS.
Setiadi; Arifiandi, 2024 Indonésia	Desenvolver alimentador automático e sistema IoT para monitorar temperatura em aviário.	O sistema liberou ração nos horários definidos, exibiu temperatura e umidade no LCD, acionou ventilador acima de 30 °C e lâmpada abaixo de 25 °C, e manteve conexão Wi-Fi até 10 m.
Saputra <i>et al.</i> , 2020 Indonésia	Implementar controle fuzzy em módulo IoT para regular temperatura e umidade em	O sistema enviou dados à nuvem; os atuadores foram controlados por lógica fuzzy; e o PWM do ventilador e do aquecedor apresentou erro

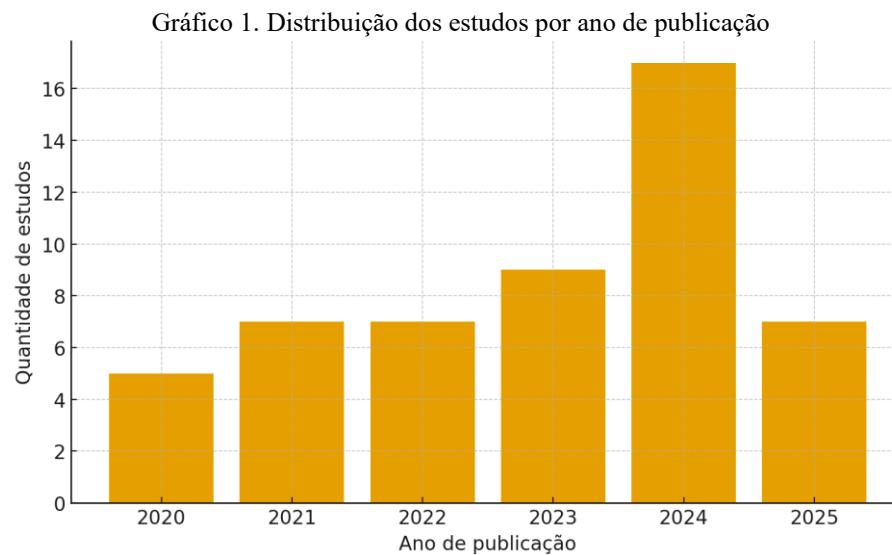
	ambiente simulado de aquecimento para pintinhos.	baixo (0,11% e 0,22%) em relação ao MATLAB.
Adek <i>et al.</i> , 2024 Indonésia	Desenvolver e avaliar um sistema IoT com controlador fuzzy para regular temperatura, umidade e amônia em caixa de criação para pintinhos.	O controle fuzzy manteve temperatura e umidade com baixo erro, estabilizou a amônia entre 8–12 ppm e reduziu o consumo de energia, melhorando o desempenho dos pintinhos.
Arief; Damayanti, 2022 Indonésia	Desenvolver um sistema fuzzy para otimizar a temperatura na fase inicial de criação de pintinhos	O controle fuzzy manteve a temperatura de referência por 14 dias, apresentou respostas próximas ao MATLAB e regulou a temperatura de forma eficaz com aquecimento e resfriamento.
Fadhlana; Suryawan; Ariyadi, 2021 Indonésia	Desenvolver um sistema fuzzy em microcontrolador para controlar temperatura e umidade em gaiola de codornas.	O sistema apresentou diferença mínima entre MATLAB e Arduino, ajustou temperatura e umidade conforme as regras fuzzy e obteve desvio médio muito baixo (0,0438).
Mulya <i>et al.</i> , 2024 Indonésia	Avaliar o desempenho de um sistema IoT em granja real para monitorar temperatura, umidade, tensão elétrica e imagens por CFTV.	O sistema coletou dados em tempo real, exibiu medições e vídeos na web e registrou temperatura de 27–35 °C, umidade de 60–90% e tensão de 143–218V.
Rosikin <i>et al.</i> , 2023 Indonésia	Desenvolver um sistema fuzzy para automatizar o controle de temperatura, umidade e amônia com acionamento por pulverização.	O sistema controlou as variáveis por lógica fuzzy, enviou dados a nuvem e apresentou precisão de 100%, mas sensibilidade e acurácia baixas, indicando necessidade de melhorias.
Manju <i>et al.</i> , 2024 Índia	Desenvolver um sistema IoT para monitorar e controlar temperatura, umidade, nível de água, amônia e resíduos em granja.	O sistema monitorou as variáveis em tempo real, acionou ventilação, exaustão e reposição de água, enviou dados à web e operou de forma estável, reduzindo a intervenção manual.
Praing <i>et al.</i> , 2025 Indonésia	Desenvolver um sistema IoT com fuzzy para controlar automaticamente a temperatura em galpão de frangos de corte.	O sistema ajustou ventilador e lâmpada conforme as regras fuzzy, exibiu os dados na nuvem, o sensor DHT22 mostrou alta precisão e o controle manteve a temperatura adequada.
Lahlouh <i>et al.</i> , 2020 Marrocos	Implementar e avaliar um controlador fuzzy para regular temperatura, umidade e gases em sistema de criação de frangos.	O controlador fuzzy reduziu erros e oscilação, diminuiu os gases CO ₂ e NH ₃ , aumentou o ganho de peso das aves e reduziu o consumo de energia em até 43%.
Liu <i>et al.</i> , 2024 China	Desenvolver e testar uma plataforma inteligente IoT para monitoramento e gestão ambiental em aviários.	A plataforma operou por mais de 500 dias com alta integridade e validade dos dados (>94%), monitorou ambiente, consumo e produção, enviou alertas e manteve integração web estável.
De-Sousa <i>et al.</i> , 2023 Brasil	Desenvolver e validar um modelo fuzzy para classificar a vulnerabilidade de sistemas de frango de corte ao estresse por calor.	O modelo fuzzy apresentou alta precisão e sensibilidade (>0,9) em conforto e alto estresse, desempenho moderado em desconforto térmico e previsões coerentes com a literatura e as previsões meteorológicas.
Panagi <i>et al.</i> , 2025 Chipre	Desenvolver e validar uma plataforma integrada com IA e múltiplos sensores para monitoramento ambiental e comportamental, previsão de produtividade e apoio à decisão em granjas de postura.	O sistema monitorou temperatura, umidade, áudio e vídeo; gerou alertas e previsões ambientais; e módulos de IA apresentaram alta acurácia, incluindo contagem de ovos com 100% de precisão no campo.
Zheng <i>et al.</i> , 2021 China	Desenvolver um sistema de gestão avícola baseado em sensores e nuvem para monitoramento ambiental e operacional.	O sistema integrou sensores ambientais, transmitiu dados via WSN para nuvem, permitiu monitoramento em tempo real e diagnóstico de doenças.
Kaimujjaman; Hossain; Khatun, 2023 Bangladesh	Desenvolver e testar um sistema automático para monitorar e controlar temperatura e umidade em aviários de frangos de corte.	O sistema controlou temperatura e umidade, reduziu a mortalidade e melhorou a conversão alimentar, a eficiência produtiva e o desempenho econômico em relação ao sistema convencional.

Aulia; Kurniawan, 2024 Indonésia	Desenvolver um sistema automático com lógica fuzzy para controlar a temperatura em um mini aviário para pintinhos recém-nascidos.	O sistema estabilizou a temperatura usando aquecimento e ventilação automáticos e apresentou alta precisão do sensor (99,62%).
Kandarsamy; Mashori, 2024 Malásia	Desenvolver um galinheiro inteligente com automação para monitorar e controlar temperatura, umidade, luz, alimentação, água e limpeza.	O sistema manteve condições ambientais adequadas, automatizou alimentação, água e limpeza, melhorou segurança e sustentou bom crescimento das aves.
Wijaya; Hartati, 2024 Indonésia	Implementar controle automático de temperatura e umidade usando lógica fuzzy para melhorar o conforto térmico de frangos de corte.	O sistema reduziu temperatura e umidade, melhorou o ITU de 27,6% para 50,56%, elevou o desempenho produtivo das aves e armazenou os dados em nuvem.
Lorençena <i>et al.</i> , 2020 Brasil	Propor um sistema para controle automático e supervisão ambiental de aviários.	O sistema controlou temperatura e umidade, melhorou a distribuição térmica em simulações e permitiu supervisão remota.
Yu <i>et al.</i> , 2025 China	Construir um sistema de monitoramento ambiental e propor um modelo fuzzy para avaliar o conforto de galpões de postura.	O sistema monitorou seis variáveis ambientais e gerou avaliações fuzzy em tempo real; condições adequadas aumentaram a postura.
Gao <i>et al.</i> , 2022 China	Construir modelo microclimático de aviário de recria e desenvolver estratégia de controle fuzzy desacoplado.	O modelo reproduziu temperatura e umidade com boa acurácia, e o controle fuzzy reduziu os desvios ambientais em comparação ao controle manual.
Zhang; Ma; Khadka, 2024 China	Desenvolver um sistema adaptativo para prever múltiplos fatores ambientais em aviários usando Multif-LSTM.	O Multif-LSTM previu temperatura, umidade e NH ₃ com maior acurácia, reduzindo os erros e elevando o R ² em relação aos modelos RNN e LSTM.
Lahlouh <i>et al.</i> , 2024 Marrocos	Desenvolver e validar um modelo em espaço de estados para prever temperatura e umidade em aviários mecanicamente ventilados.	O modelo previu temperatura e umidade com alta acurácia (R ² 0,93–0,95) e baixos erros, reproduzindo bem as variações ambientais em diferentes idades e modos de ventilação.
Li <i>et al.</i> , 2023 China	Aplicar fusão adaptativa e a Teoria da Evidência de Dempster–Shafer para integrar múltiplos sensores e melhorar a avaliação ambiental em aviário de postura.	O sistema de fusão multissensorial monitorou temperatura, umidade, luz e NH ₃ , e os algoritmos adaptativo e de evidência aumentaram a precisão da avaliação ambiental.
Elghardouf <i>et al.</i> , 2023 Marrocos	Desenvolver e validar modelos matemáticos para velocidade do ar e pressão diferencial em aviário climatizado.	Modelo previu velocidade do ar e pressão com alta precisão (erro < 1,1%), e as medições em aviário real mostraram bom ajuste nos modos natural, misto e túnel.
Elghardouf <i>et al.</i> , 2024 Marrocos	Desenvolver e comparar estratégias de controle ambiental otimizadas por algoritmos evolutivos para regular temperatura, umidade, NH ₃ e CO ₂ em aviário.	O controle por rejeição ativa de distúrbios, otimizado por enxame de partículas, apresentou melhor desempenho que o controle proporcional integral derivativo. Os algoritmos genéticos e de lobo cinzento trouxeram ganhos menores.
Rachmanita <i>et al.</i> , 2025 Indonésia	Implementar um sistema de controle ambiental alimentado por energia solar e integrado a IoT em aviário de frangos de corte.	O sistema monitorou temperatura, umidade e NH ₃ em tempo real, acionou exaustores, reduziu custos de energia em torno de 10% e melhorou produtividade e mortalidade.
Li <i>et al.</i> , 2024 China	Aplicar análise multivariada para caracterizar o microclima de aviários no inverno usando dados de múltiplos sensores.	Identificou variáveis-chave e, com análise de componentes principais e agrupamento fuzzy, caracterizou áreas internas pela qualidade do ar com maior precisão.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em 2020 foram identificados 5 estudos (9,5%), número que aumentou para 7 estudos em 2021 (13,5%) e se manteve igual em 2022, também com 7 estudos (13,5%). Em 2023 foram publicados 9 estudos (17,3%), enquanto 2024 apresentou o maior volume, com 17 estudos (32,7%). Por fim, 2025

registrou 7 estudos (13,5%). O Gráfico 1 mostra a distribuição dos 52 estudos incluídos por ano de publicação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 2 apresenta uma síntese geral dos 52 estudos selecionados, contemplando os seguintes indicadores: espécie avícola avaliada, variáveis ambientais monitoradas, tipo de sensor ambiental empregado, tipo de plataforma de hardware utilizada, tipo de rede de transmissão de dados sem fio, tipo de técnica de inteligência artificial aplicada, utilização de sistemas de armazenamento e/ou consulta de dados em nuvem, realização de controle automático de atuadores, realização de classificação ambiental e validação dos resultados com índices reconhecidos de ambiência. Cabe destacar que um mesmo estudo pode empregar mais de um indicador dentro de cada categoria, por exemplo, combinar diferentes plataformas de hardware ou múltiplos tipos de rede. Dessa forma, as frequências e porcentagens apresentadas refletem o número de ocorrências e não necessariamente totalizam 100% dentro de cada grupo.

Tabela 2. Síntese geral dos estudos selecionados.

Indicadores de coleta	Principais achados
Tipo de espécie avaliada.	Galinha de postura – 13 (25%) Frango de corte – 39 (75%)
Variáveis ambientais monitoradas.	Temperatura – 52 (100%) Umidade – 49 (94,2%) Gases – 26 (50%) Outras – 17 (32,7%)
Tipo de sensor ambiental utilizado.	Série DHT (temperatura/umidade) – 29 (55,7%) Série SHT (temperatura/umidade) – 3 (5,7%) Série MQ (gás) – 18 (34,6%) Outros – 25 (48%) Nenhum – 6 (11,5%)

Tipo de plataforma de hardware utilizada.	Série ESP – 22 (42,3%) Arduino – 18 (34,6%) Raspberry – 9 (17,3%) Outros – 10 (19,2%) Nenhum – 7 (13,4%)
Tipo de rede de transmissão de dados sem fio utilizada.	Wi-Fi – 26 (50%) LoRa – 4 (7,7%) Celular (3G/4G/5G) – 4 (7,7%) Outros – 3 (5,7%) Nenhum – 18 (34,6%)
Tipo de técnica de inteligência artificial utilizada.	Lógica fuzzy – 19 (36,5%) Redes neurais – 2 (3,8%) Árvores de decisão – 2 (3,8%) Outros – 10 (19,2%) Nenhum – 21 (40,3%)
Utilizou sistema de armazenamento e/ou consulta de dados em nuvem?	Sim – 32 (61,5%) Não – 20 (38,5%)
O sistema realizou controle automático de atuadores?	Sim com Inteligência Artificial – 17 (32,7%) Sim sem Inteligência Artificial – 21 (40,4%) Não realizou – 14 (26,9%)
O sistema fez classificação ambiental (ex.: bom, moderado, crítico)?	Sim com Inteligência Artificial – 13 (25%) Sim sem Inteligência Artificial – 5 (9,6%) Não fez – 34 (65,4%)
Houve validação dos resultados com índices reconhecidos de ambiência?	Sim – 2 (3,8%) Não – 50 (96,2%)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A síntese dos principais indicadores levantados nos estudos incluídos, permitiu visualizar a diversidade de abordagens tecnológicas aplicadas ao monitoramento ambiental em sistemas avícolas. Observou-se que várias pesquisas utilizaram mais de uma plataforma de hardware, sensor ambiental ou tecnologia de comunicação simultaneamente. De modo geral, temperatura e umidade foram as variáveis mais monitoradas, seguidas pela detecção de gases, enquanto a série ESP e o Arduino se destacaram entre as plataformas de hardware empregadas. Quanto aos sensores, predominou o uso da série DHT e MQ, embora outros sensores ambientais também tenham sido aplicados. Verificou-se ainda que a distribuição dos estudos evidencia uma predominância de pesquisas realizadas em sistemas de frango de corte (75%), enquanto apenas 25% abordam diretamente aviários de postura. Esse resultado aponta uma lacuna relevante na literatura científica, indicando que, apesar da importância econômica e produtiva da avicultura de postura, há menor investimento em pesquisas voltadas especificamente ao monitoramento automatizado da ambiência nesse sistema produtivo.

A rede Wi-Fi foi o meio de transmissão de dados mais recorrente, embora alguns estudos tenham explorado a comunicação LoRa ou conexões celulares. A lógica fuzzy foi a técnica de inteligência artificial mais empregada, seja para classificação ambiental, seja para apoio ao controle de atuadores, enquanto uma parcela dos estudos limitou-se ao monitoramento sem aplicação de método de inteligência artificial. Além disso, observou-se que a maioria dos sistemas incorporaram

armazenamento em nuvem e que poucos trabalhos validaram seus resultados com índices reconhecidos de ambiência. Esses achados fornecem um panorama tecnológico e metodológico dos estudos analisados, servindo de base para a discussão na seção seguinte.

4 DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão de escopo evidenciam um crescimento expressivo das pesquisas envolvendo lógica fuzzy, sensoriamento e tecnologias IoT aplicadas ao monitoramento da ambiência em sistemas avícolas entre 2020 e 2025. Observou-se um aumento gradual do número de publicações ao longo do período, com destaque para o ano de 2024, que concentrou a maior quantidade de estudos incluídos. Esse comportamento sugere que o tema acompanha a expansão recente das soluções digitais e inteligentes na produção animal, bem como o interesse crescente por sistemas de monitoramento contínuo e tomada de decisão baseada em dados em granjas comerciais.

Do ponto de vista geográfico, a distribuição dos estudos revelou forte concentração especialmente na Indonésia e na China, seguidas por Brasil, Índia, Marrocos e outros países. Essa predominância pode estar relacionada à importância econômica da avicultura nessas regiões, ao avanço de políticas de incentivo à agricultura 4.0 e à maior disponibilidade de mão de obra técnica para desenvolvimento de protótipos e plataformas IoT de baixo custo. Ao mesmo tempo, a menor representatividade de outros países produtores de ovos e carne de frango, indica uma oportunidade para ampliar investigações em contextos de ambiência e produção, particularmente em sistemas de postura.

Embora o foco desta revisão sejam os aviários de postura, boa parte dos estudos incluídos foi conduzida com frangos de corte, como exemplificado por Liani *et al.* (2021), Husein e Kharisma (2020) e Sanjaya e Fadlil (2023), entre outros. Em contrapartida, um número menor de investigações abordou galinhas poedeiras, como nos trabalhos de Liu *et al.* (2022), Perdanasari, Etikasari e Rukmi (2023) e Panagi *et al.* (2025). Essa assimetria evidencia uma importante lacuna, considerando que a longevidade das aves, sua sensibilidade às variações ambientais e as demandas específicas de bem-estar nos aviários de postura, justificam a necessidade de ampliação de soluções tecnológicas dedicadas a esse segmento.

Quanto ao delineamento metodológico, predominam os estudos de campo, como demonstrado por Lashari *et al.* (2023), Fahrurrozi *et al.* (2024) e Mulya *et al.* (2024). Em seguida, destacam-se as pesquisas experimentais, realizadas em ambientes controlados, como em Lehaa *et al.* (2025), Silva *et al.* (2025) e Adha *et al.* (2022). Identificou-se ainda um estudo de caso (Malika *et al.*, 2021) e outro baseado em modelagem e simulação (Elghardouf *et al.*, 2024). Esse perfil indica que grande parte das

propostas tecnológicas tem sido testada em condições reais de produção, o que favorece a validação prática dos sistemas de monitoramento e controle. Ao mesmo tempo, a presença relevante de estudos experimentais e de simulação demonstra a importância das etapas de prototipagem e calibração em ambientes controlados, antes da implementação em escala comercial. A combinação de ambos os delineamentos fortalece a confiabilidade dos resultados, mas também evidencia a necessidade de descrições metodológicas detalhadas para permitir replicação e comparação entre estudos.

No que se refere às variáveis ambientais monitoradas, observou-se que temperatura e umidade estão presentes em praticamente todos os estudos, enquanto a medição de gases, como amônia e dióxido de carbono, ainda é menos frequente. Essa predominância era esperada, pois a temperatura e a umidade relativa compõem os principais indicadores do conforto térmico e são relativamente simples de medir com sensores amplamente disponíveis. Contudo, a menor ênfase na monitoração de gases representa um ponto crítico, uma vez que a qualidade do ar está diretamente relacionada à saúde respiratória das aves, ao desempenho produtivo e às condições de trabalho dos colaboradores. Nesse sentido, a ampliação do uso de sensores específicos para NH₃, CO₂ e outros contaminantes, bem como a integração desses parâmetros em modelos de decisão, configura uma direção importante para futuras pesquisas.

A análise dos tipos de sensores e das plataformas de hardware empregados, revela preferência por sensores de baixo custo amplamente disponíveis, principalmente das séries DHT e MQ, e por microcontroladores acessíveis, como ESP32 e Arduino, conforme observado em Syafar, Anwar e Ridwansyah (2021), Nalendra *et al.* (2021) e Ishak *et al.* (2024). Essa combinação reflete a busca por soluções acessíveis, de fácil programação e com boa integração a redes sem fio, o que favorece a construção de sistemas IoT modulares e escaláveis. No entanto, a adoção de sensores mais precisos da série SHT e de arquiteturas de hardware mais robustas, pode ser necessária em aplicações que exijam maior confiabilidade de precisão, estabilidade de leitura e vida útil.

No campo das tecnologias de comunicação, a rede Wi-Fi foi a forma de transmissão sem fio mais utilizada, aparecendo em estudos como o de Shanmugapriya, Sangeethadevi e Kalaivani (2022), Setiadi e Arifiandi (2024) e Prasetia, Dahlan e Lifwarda (2024). Enquanto redes de longo alcance e baixo consumo, como LoRa, surgiram em proporção muito menor, sendo mencionadas em poucos trabalhos, como o de Liani *et al.* (2021), Santos e Borges (2022) e Rubio e Ortiz (2021). Esse cenário indica que muitos sistemas ainda dependem da rede local de alcance restrito. A baixa adoção de LoRaWAN revela um espaço para avanços, especialmente em propriedades de conectividade limitada ou extensas com múltiplos galpões. A ampliação do uso de rede LoRa ou outras tecnologias pode ajudar a superar essas limitações e ampliar a cobertura do monitoramento em tempo real.

A exemplo de Suprianto, Pristyaningrum e Prasetyo (2022), Saputra *et al.* (2020) e Adek *et al.* (2024), a lógica fuzzy se destacou como técnica de inteligência artificial amplamente utilizada, tanto para classificação de condições ambientais quanto para o suporte ao acionamento automático de atuadores. Outros modelos inteligentes, como redes neurais e árvores de decisão, apareceram em quantidade bastante menor, registrados em Zhang, Ma e Khadka (2024), Reddy *et al.* (2024) e Pranta, Islam e Khan (2025). Contudo, um número expressivo de estudos não empregou inteligência artificial, limitando-se ao monitoramento e à automação por regras fixas, como ocorre em Susanto *et al.* (2023), Manju *et al.* (2024) e Zheng *et al.* (2021). Esse resultado evidencia que, embora a lógica fuzzy esteja consolidada como ferramenta promissora para tratar incertezas e traduzir o conhecimento de especialistas em sistemas de inferência, seu uso ainda não é predominante em todo o conjunto de aplicações IoT na avicultura, assim indicando que a transição para sistemas realmente inteligentes ainda está em andamento. Ademais, a integração entre lógica fuzzy e outros métodos de inteligência artificial, como modelos preditivos baseados em séries temporais ou algoritmos de classificação multivariada, aparece em poucos estudos, o que abre espaço para propostas híbridas mais sofisticadas.

Conforme demonstrado em Kandarsamy e Mashori (2024), Aulia e Kurniawan (2024) e Kaimujjaman, Hossain e Khatun (2023), constatou-se que a maioria dos sistemas descritos nos estudos realiza controle automático de atuadores. Dentre esses, uma parcela ligeiramente maior emprega técnicas de inteligência artificial para apoiar o processo de decisão, enquanto outra parte executa os acionamentos apenas com base em limiares fixos de temperatura e umidade, sem uso de inteligência artificial.

Em relação à classificação ambiental, identificada nas pesquisas de Liu *et al.* (2022), Pranta, Islam e Khan (2025) e De-Sousa *et al.* (2023), apenas uma pequena parcela dos trabalhos fez a categorização explícita das condições, adotando termos como “confortável”, “moderada” ou “crítica”. Entre esses trabalhos, alguns utilizaram técnicas de inteligência artificial, como lógica fuzzy ou outros modelos, enquanto os demais realizaram a classificação sem suporte de inteligência artificial. Essa lacuna é significativa, pois a tradução de dados numéricos em classes linguísticas comprehensíveis é fundamental para apoiar a tomada de decisão por técnicos e produtores. Esse processo torna-se ainda mais eficiente quando realizado com apoio de técnicas de inteligência artificial, que permitem converter informações contínuas em categorias interpretáveis de forma consistente e adaptativa, além de facilitar a integração dessas saídas em interfaces web e aplicativos móveis.

Outro ponto identificado é que uma quantidade muito pequena de estudos fez a validação dos resultados com índices reconhecidos de conforto térmico ou qualidade ambiental, como aconteceu nos trabalhos de Wijaya e Hartati (2024) e Pranta, Islam e Khan (2025). Poucas pesquisas compararam as

respostas de seus sistemas com índices da literatura, o que limita a comparabilidade entre abordagens e dificulta avaliar o impacto real das tecnologias propostas sobre o bem-estar animal e o desempenho produtivo.

Por fim, destaca-se que a maioria dos estudos implementou algum tipo de armazenamento ou consulta de dados em nuvem (Liani *et al.*, 2021; Lashari *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2025), o que reforça a tendência de digitalização e centralização das informações ambientais em plataformas acessíveis remotamente. Ainda assim, uma fração importante dos trabalhos permanece limitada a soluções locais, sem a exploração remota dos dados em tempo real (Ali *et al.*, 2024; Malika *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2022).

De forma geral, os estudos analisados demonstram avanços significativos na área da ambiência em galpões avícolas, mas também revelam desafios importantes identificados. Assim, os achados desta revisão, fornecem uma base sólida para orientar e apoiar futuras investigações no desenvolvimento de sistemas inteligentes de monitoramento ambiental em aviários.

5 CONCLUSÃO

Esta revisão de escopo evidenciou três achados quantitativos centrais. Primeiramente, apenas 25% dos estudos analisados abordam diretamente aviários de postura, enquanto 75% concentram-se em sistemas de frango de corte, indicando uma lacuna relevante na literatura científica voltada especificamente à produção de ovos. Em segundo lugar, constatou-se que praticamente 100% dos estudos monitoraram as variáveis ambientais temperatura e umidade, ao passo que 50% dos trabalhos também acompanham parâmetros relacionados à qualidade do ar, como gases e material particulado, indicando uma crescente preocupação com os impactos ambientais e o bem-estar animal. Por fim, observou-se que cerca de 40,3% dos estudos não empregam técnicas de inteligência artificial ou aprendizado de máquina, limitando-se a análises descritivas ou a sistemas de monitoramento sem suporte decisório automatizado.

No campo tecnológico, verificou-se o uso majoritário de sensores de temperatura, umidade e gases de baixo custo, especialmente das séries DHT e MQ, além de plataformas de hardware acessíveis, como microcontroladores da série ESP e placas Arduino, geralmente associados à comunicação via Wi-Fi. Tecnologias de transmissão de dados de longo alcance e baixo consumo, como rede LoRa, foram pouco exploradas, apontando para oportunidades de avanço em cenários rurais com múltiplos galpões e conectividade restrita. A lógica fuzzy destacou-se como a técnica de inteligência artificial mais empregada, entretanto, uma quantidade considerável dos sistemas ainda opera sem utilizar modelos inteligentes tanto para o controle automático de atuadores quanto para a classificação

ambiental. A classificação, em particular, foi muito pouco utilizada nos trabalhos analisados, apesar de sua importância para traduzir dados numéricos em categorias linguísticas compreensíveis, como “confortável”, “moderada” ou “crítica”. Esse tipo de classificação torna a leitura das condições ambientais mais intuitiva para técnicos e produtores, fortalecendo o processo de tomada de decisão. Observou-se também que, embora muito dos sistemas integre soluções de armazenamento e consulta de dados em nuvem, essa prática ainda não é universal entre as pesquisas. A implementação de plataformas em nuvem possibilita o acompanhamento remoto em tempo real e favorece análises históricas dos dados, portanto, a utilização dessa tecnologia é uma importante oportunidade para fortalecer a gestão inteligente de aviários.

Quanto à validação dos resultados por meio de índices reconhecidos de conforto térmico ou qualidade ambiental, apurou-se que essa prática esteve praticamente ausente entre os estudos analisados. Tal lacuna compromete a comparabilidade das abordagens e dificulta a avaliação do impacto real das soluções sobre o bem-estar animal e o desempenho produtivo.

Diante desses achados, conclui-se que o objetivo desta revisão de escopo, que consiste em identificar, mapear e caracterizar estudos que integrem, de forma isolada ou combinada, lógica fuzzy, sensores ambientais e tecnologias IoT no monitoramento da ambiência em aviários de postura, foi alcançado. Entretanto, recomenda-se que futuras investigações priorizem: (i) a ampliação da monitoração de variáveis relacionadas à qualidade do ar; (ii) o uso integrado de lógica fuzzy com outras técnicas de inteligência artificial para predição, classificação e tomada de decisão; (iii) a validação dos sistemas com índices consolidados de ambiência; e (iv) o desenvolvimento de soluções específicas para aviários de postura, com foco em hardware IoT de baixo custo, redes sem fio de longo alcance, integração plena com ambientes de computação em nuvem e análise inteligente de dados. Tais avanços combinados podem contribuir para consolidar sistemas inteligentes de monitoramento e controle ambiental na avicultura de postura, promovendo bem-estar animal, sustentabilidade produtiva e maior eficiência no uso de recursos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Tupã, pelo apoio institucional; à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor (L. C. T. Albuquerque); e ao CNPq pela outorga das bolsas de Produtividade em Pesquisa a L. R. A. Gabriel Filho (Proc. 317061/2023-2) e C. P. C. Gabriel (Proc. 316839/2023-0).

REFERÊNCIAS

ABREU, Paulo Giovanni de. Técnicas e ferramentas de zootecnia de precisão aplicadas à produção de aves. **Revista do AviSite**, Campinas: MundoAgro, n. 140, p. 24–31, set. 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1146656>. Acesso em: 29 abr. 2025.

ADEK, R. T.; ULA, M.; BUSTAMI, B. Efficient hygro-thermal and ammonia control in day-old chick brooding box using internet of things and Tsukamoto Fuzzy controller. In: **IOP Conference Series Earth and Environmental Science**, v. 1356, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1356/1/012119>

ADHA, Fatria Jumara; JOHAR, Md Gapar Md; HAJAMYDEEN, Asif Iqbal; ALKAWAZ, Mohammed Hazim; RAYA, Lilsuriazna. IoT based Conceptual Framework for Monitoring Poultry Farms. In: **IEEE 12th Symposium on Computer Applications and Industrial Electronics**, [s.l.]: IEEE, p. 277–282, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISCAIE54458.2022.9794471>

ALI, Muhammad; IMRAN, Muhammad; BAIG, Muhammad Shamim; SHAH, Adil; ULLAH, Syed Sajid; ALROOBAEA, Roobaea; IQBAL, Jawaid. Intelligent Control Shed Poultry Farm System Incorporating With Machine Learning. **IEEE Access**, v. 12, p. 58168–58180, abr. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3391822>

ARIEF, U. M.; DAMAYANTI, S. Optimization of ideal temperature using Mamdani fuzzy logic algorithm on tunnel flow type chicken cage for brooding period. In: **10th Engineering International Conference - IOP Conference Series Earth and Environmental Science**, v. 969, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/969/1/012014>

ARKSEY, Hilary; O'MALLEY, Lisa. Scoping studies: towards a methodological framework. **International Journal of Social Research Methodology**, v. 8, n. 1, p. 19–32, 2005. DOI: [10.1080/1364557032000119616](https://doi.org/10.1080/1364557032000119616)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório anual 2025**. São Paulo: ABPA, p. 127, 2025. Disponível em: <https://abpa-br.org/estatisticas-setoriais/>. Acesso em: 02 mai. 2025.

AULIA, Fikri; KURNIAWAN R., Rakhmat. Sistem kendali suhu pada kandang DOC berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan metode logika fuzzy Mamdani. **Journal of Science and Social Research**, [s.l.], v. 7, n. 2, p. 482–486, maio 2024. Disponível em: <https://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR/article/view/1935/0>. Acesso em: 5 nov. 2025.

BAÊTA, Fernando da Costa; SOUZA Cecília de Fátima. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010.

BUDIARTO, Raden; GUNAWAN, Nur Kholis; NUGROHO, Bagas Ari. Smart chicken farming: monitoring system for temperature, ammonia levels, feed in chicken farms. In: **2nd Tarumanagara International Conference on the Applications of Technology and Engineering - IOP Conference Series Materials Science and Engineering**, v. 852, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012175>

DE-SOUSA, Karolini Tenffen; DENIZ, Matheus; SANTOS, Maurício Portella dos; KLEIN, Daniela Regina; VALE, Marcos Martinez do. Decision support system to classify the vulnerability of broiler production system to heat stress based on fuzzy logic. **International Journal of Biometeorology**, [s.l.], v. 67, p. 475–484, jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02427-1>

ELGHARDOUF, Narjice; ENNACIRI, Yassine; ELAKKARY, Ahmed; SEFIANI, Nacer. Multi-loop active disturbance rejection control and PID control strategy for poultry house based on GA, PSO and GWO algorithms. **Heliyon**, v. 10, Apr. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29579>

ELGHARDOUF, Narjice; LAHLOUH, Ilyas; ELAKKARY, Ahmed; SEFIANI, Nacer. Towards modelling and analysis of differential pressure and air velocity in a mechanical ventilation poultry house: Application for hot climates. **Heliyon**, v. 9, jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12936>

FADHLIANA, Nisa Rizqiya; SURYAWAN, Sayekti Harits; ARIYADI. Implementation of fuzzy logic on microcontroller for quails coop temperature control. In: **4th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems**, [s.l.]: IEEE, p. 498–502, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISRITI54043.2021.9702820>

FAHRURROZI, Imam; WAHYONO; SARI, Yunita; SARI, Anny Kartika; USUMAN, Ilona; ARIYADI, Bambang. Integrating random forest model and internet of things-based sensor for smart poultry farm monitoring system. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science**, v. 33, n. 2, p. 1283–1292, fev. 2024. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijeeecs.v33.i2.pp1283-1292>

GAO, Lai; ER, Mengwei; LI, Lihua; WEN, Peng; JIA, Yuchen; HUO, Limin. Microclimate environment model construction and control strategy of enclosed laying brooder house. **Poultry Science**, [s.l.], v. 101, jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101843>

HUSEIN, Jamaluddin; KHARISMA, Oktaf Brillian. Internet of Things (IoT) Development for the Chicken Coop Temperature and Humidity Monitoring System Based on Fuzzy. **Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining**, v. 3, n. 1, p. 9–20, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.24014/ijaidm.v3i1.9294>

ISHAK, Fauzi; WARDHANA, Ichlasul Amal Restu; MUTIARA, Giva Andriana; PERIYADI; MEISAROH, Lisda; ALFARISI, Muhammad Rizqi. Improving the productivity of laying hens through a modern cage cleanliness monitoring system that utilizes integrated sensors and IoT technology. **Journal of Robotics and Control**, v. 5, n. 4, p. 992–1001, 2024. DOI: [10.18196/jrc.v5i4.21610](https://doi.org/10.18196/jrc.v5i4.21610)

KAIMUJJAMAN, Md.; HOSSAIN, Md. Mahabub; KHATUN, Mst. Afroza. A Smart Automation System for Controlling Environmental Parameters of Poultry Farms to Increase Poultry Production. In: **Proceedings of Trends in Electronics and Health Informatics**. Singapore: Springer Nature, p. 79–92, jun. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-1916-1_6

KANDARSAMY, Kuhanraj; MASHORI, Sumaiya. The Smart Coop: Revolutionizing Chicken Care With Automation. **Progress in Engineering Application and Technology**, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 9–19, nov. 2024. Disponível em:

<https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/peat/article/download/17224/5502>. Acesso em: 5 nov. 2025.

LABORATÓRIO DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE SOFTWARE - LAPES. StArt - State of the Art through Systematic Review [software]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos (DC/UFSCar), 2025. Disponível em: <https://www.lapes.ufscar.br/resources/tools-1/start-1>. Acesso em: 29 ago. 2025.

LAHLOUH, Ilyas; KHOUILI, Driss; BOUGANSSA, Issam; ELAKKARY, Ahmed; SEFIANI, Nacer. Modeling and identification of the hygro-thermal parameters of mechanically-ventilated broiler house using prediction error: assessment in cold conditions. **Journal of Thermal Biology**, v. 119, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103746>

LAHLOUH, Ilyas; RERHRHAYE, Fathallah; ELAKKARY, Ahmed; SEFIANI, Nacer. Experimental implementation of a new multi input multi output fuzzy-PID controller in a poultry house system. **Heliyon**, [s.l.], v. 6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04645>

LASHARI, Muhammad Hanif; KARIM, Sarang; ALHUSSEIN, Musaed; HOSHU, Ayaz Ahmed; AURANGZEB, Khursheed; ANWAR, Muhammad Shahid.. Internet of Things-based sustainable environment management for large indoor facilities. **PeerJ Computer Science**, v. 9, out. 2023. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1623>

LEHAA, T.; PRASAD, A. Murali; DHANASEKARAN, D.; KUMAR, P.; SAMYUKTHA, P. R. Smart Poultry Farm: An IoT-based Environmental Monitoring and Control System. In: **7th International Conference on Inventive Material Science and Applications**, [s.l.]: IEEE, p. 1083–1090, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIMA64861.2025.11073906>

LI, Hualong; LI, Miao; ZHAN, Kai; GUO, Panpan; LIU, Xianwang; YANG, Xuanjiang; MA, Zhirun. Study on Application of Multi-source Data Fusion Method in Environmental Control of Enclosed Layer House. In: **6th IEEE Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference**, [s.l.]: IEEE, p. 1248–1252, 2023. DOI: [10.1109/ITNEC56291.2023.10082074](https://doi.org/10.1109/ITNEC56291.2023.10082074)

LI, Mingyang; ZHOU, Zilin; ZHANG, Qiang; ZHANG, Jie; SUO, Yunpeng; LIU, Junze; SHEN, Dan; LUO, Lu; LI, Yansen; LI, Chunmei. Multivariate analysis for data mining to characterize poultry house environment in winter. **Poultry Science**, v. 103, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103633>

LIANI, Yuli Afri; MUNTHE, Ibnu Rasyid; IRMAYANI, Deci; BROTO, Bayu Eko; YANRIS, Gomal Juni; PRASETYA, Dwi Arman; HARYANTO, Rudi; ADI, Puput Dani Prasetyo; MUSLIKH, Ahmad Rofiqul; ARIFUDDIN, Rahman. The Broiler Chicken Coop Temperature Monitoring Use Fuzzy Logic and LoRaWAN. In: **3rd International Conference on Electronics Representation and Algorithm**, [s.l.]: IEEE, p. 161–166, 2021. DOI: [10.1109/ICERA53111.2021.9538771](https://doi.org/10.1109/ICERA53111.2021.9538771)

LIU, Mulin; CHEN, Hongxi; ZHOU, Zhenyu; DU, Xiaodong; ZHAO, Yuxiao; JI, Hengyi; TENG, Guanghui. Development of an intelligent service platform for a poultry house facility environment based on the Internet of Things. **Agriculture**, v. 14, ago. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14081277>

- LIU, Xiaomeng; YE, Xiaodong; LI, Miao; LI, Hualong; ZHAN, Kai; FAN, Mingshuo. Environmental Evaluation of Stacked Hen Houses Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation. In: **IEEE 10th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference**, [s.l.]: IEEE, p. 2424–2430, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/ITAIC54216.2022.9836692>
- LORENCENA, Mainara Cristina; SOUTHER, Luiz Fernando Puttow; CASANOVA, Dalcimar; RIBEIRO, Richardson; TEIXEIRA, Marcelo. A framework for modelling, control and supervision of poultry farming. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 10, p. 3164–3179, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1630768>
- MALIKA, Naila Zakia; RAMLI, Rusyaizila; JOHAR, Md Gapar Md; HAJAMYDEEN, Asif Iqbal; ALKAWAZ, Mohammed Hazim. IoT based Poultry Farm Temperature and Humidity Monitoring Systems: A Case Study. In: **IEEE 9th Conference on Systems, Process and Control**, Melaka: IEEE, p. 64–69, dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSPC53359.2021.9689101>
- MANJU, K.; DINESH, P. M.; DEEPA, K.; KATHAN, Karthik; LAKSHMI, G. Prasanna; ALAGARSAMY, Manjunathan. Engineering Framework for Smart Poultry Farming Using Internet of Things. In: **International Conference on Intelligent and Innovative Practices in Engineering & Management**, [s.l.]: IEEE, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/IPEM62726.2024.10925722>
- MULYA, Marga A. J.; SURYADI, Suryadi; NUGRAHA, Heri; SUWANDI, Endang; JAYADI, Jayadi; WISMOGROHO, Agus S. Field trial and performance evaluation of IoT poultry farm monitoring system. **International Journal of Electronics and Telecommunications**, [s.l.], v. 70, n. 2, p. 421–428, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24425/ijet.2024.149561>
- NALENDRA, Adimas Ketut; PRIYAWASPAD, Heri; FUAD, M. Nur; MUJIONO, M.; WAHYUDI, Dona. Monitoring system IoT-broiler chicken cage effectiveness of seeing reactions from chickens. In: **Virtual Conference on Engineering, Science and Technology - Journal of Physics Conference Series**, v. 1933, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1933/1/012097>
- PANAGI, Pieris; KARATSIOLIS, Savvas; MOSPHILIS, Kyriacos; HADJISAVVAS, Nicholas; KAMILARIS, Andreas; NICOLAOU, Nicolas; STAVRAKIS, Efstathios; VASSILIADES, Vassilis. Poultry Farm Intelligence: An Integrated Multi-Sensor AI Platform for Enhanced Welfare and Productivity. **Preprint Elsevier submission**, out. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2510.15757>. Acesso em: 5 nov. 2025.
- PERDANASARI, L.; ETIKASARI, B.; RUKMI, D. L. Control system for temperature, humidity, and ammonia levels in laying hens farms based on internet of things. In: **5th International Conference on Food and Agriculture - IOP Conference Series Earth and Environmental Science**, v. 1168, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1168/1/012053>
- PETERS, M.; GODFREY, C.; MCINERNEY, P.; MUNN, Z.; TRICO, A.; KHALIL, H. Chapter 11: Scoping reviews. In: AROMATARIS, E.; MUNN, Z. (ed.). **JBI Manual for Evidence Synthesis** [recurso eletrônico], Adelaide: JBI, p. 467–473, 2020. Disponível em: <https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MANUAL/355862497/>. Acesso em: 27 ago. 2025.
- PRANTA, Al Momen; ISLAM, S. M. Ariful; KHAN, Rokibul Islam. Development of a sensor-integrated AI automation model for decision-based heat stress management in layer chickens under

subtropical climate conditions. **Smart Agricultural Technology**, v. 12, ago. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101306>

PRAING, Deonatra Ndewa; KALAWAY, Rambu Yetti; ABINENO, Reynaldy Thimotius. Perancangan IoT pengendalian suhu kandang ayam broiler untuk peningkatan produktivitas menggunakan metode Fuzzy Mamdani. In: **4th National Seminar on Sustainable Agricultural Technology Innovation**, [s.l.]: Universitas Kristen Wira Wacana Sumba, p. 74–84, ago. 2025. Disponível em: <https://ojs.unkriswina.ac.id/index.php/semnas-FST/article/view/1354>. Acesso em: 05 nov. 2025.

PRASETIA, Robby Adrian; DAHLAN, Andi Ahmad; LIFWARDA. Design and design of a temperature and humidity monitoring system for broiler chicken cages based Internet of Things (IoT). **Perfect Journal of Smart Algorithms**, v. 1, n. 2, p. 57–62, jul. 2024. DOI: <https://doi.org/10.62671/perfect.v1i2.23>

RACHMANITA, Risse Entikaria; SUBAGJA, Hariadi; UTOMO, Denny Trias; SUSMIATI, Yuana; WIDIawan, Beni. Implementation of a Solar-Powered Air Control System in Broiler Chicken Closed House Farming. **International Journal of Technology, Food and Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 43–49, fev. 2025. DOI: <https://doi.org/10.25047/tefa.v2i1.5739>

REDDY, P. Chandra Prakash; PRABAHARAN, S.; RAJARAM, P.; EBENEZER, S. Selvin. Smart Poultry Farming: CNN-Driven Environmental Optimization for Sustainability. In: **International Conference on Distributed Systems, Computer Networks and Cybersecurity**, [s.l.]: IEEE, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICDSCNC62492.2024.10939551>

ROSIKIN, Muhammad Khoirul; AMALIA, Nila; PERDANASARI, Lukie; AZIS, Tharixs Akbar Ibnu. Implementasi sistem otomatisasi monitoring suhu, kelembapan, dan amonia pada kandang ayam petelur menggunakan metode fuzzy. **Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 75–82, dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.25047/jtit.v10i2.325>

RUBIO, Jorge E. Herrera; ORTIZ, Víctor J. Implementación de un sistema de monitoreo y control con tecnología IoT para determinar el comportamiento de las variables ambientales en la avicultura. **Revista Investigación e Innovación en Ingenierías**, v. 10, n. 2, p. 30–41, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.10.1.5016>

SHANMUGAPRIYA, A.; SANGEETHADEVI, A.; KALAIVANI, A. Poultry farm surveillance system utilizing IoT and wireless sensor network. In: **International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems**, [s.l.]: IEEE, p. 1061–1066, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICAISSS55157.2022.10010720>

SANJAYA, Dhimas Dwiki; FADLIL, Abdul. Monitoring temperature and humidity of boiler chicken cages based on Internet of Things (IoT). **Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro**, v. 5, n. 2, p. 180–189, jun. 2023. DOI: <https://doi.org/10.12928/biste.v5i2.4897>

SANTOS, Carlos Renato Borges dos; BORGES, Eleyde Pereira Carvalho. Sistema de monitoramento de baixo custo para galpões avícolas de pequeno porte utilizando IoT. **ForScience**, Formiga, v. 10, n. 1, ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.29069/forscience.2022v10n1.e01116>

SAPUTRA, D. I.; ROHMAT, A.; NAJMURROKHMAM, A.; FAKHRI, Z. Implementation of fuzzy inference system algorithm in brooding system simulator with the concept of IoT and wireless nodes. In: **IOP Conference Series Materials Science and Engineering**, v. 830, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/3/032038>

SETIADI, Teguh; ARIFIANDI, Tody Inggil. Development of an IoT-enabled automatic poultry feeder and cage temperature monitoring system using microcontroller technology. **TIERS Information Technology Journal**, v. 5, n. 2, p. 129–140, dez. 2024. DOI: <https://doi.org/10.38043/tiers.v5i2.5631>

SILVA, Cosme Teixeira da; YANAGI JUNIOR, Tadayuki; BETTIO, Raphael Winckler de; BAHUTI, Marcelo. Design of wireless web-based multiplatform system for thermal environmental control of broiler facilities using fuzzy set theory. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 97, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202520240032>.

SILVA, Iran José Oliveira da. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. 2. ed. Piracicaba: FUNEP, 2001.

SILVA, Iran José Oliveira da; ABREU, Paulo Giovanni de; MAZZUCO, Helenice. **Manual de boas práticas para o bem-estar de galinhas poedeiras criadas livres de gaiola**. 1. ed. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2020. 40 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes-/publicacao/1127416/manual-de-boas-praticas-para-o-bem-estar-de-galinhas-poedeiras-criadas-livres-de-gaiola>. Acesso em: 15 abr. 2025.

SIMÕES, Marcelo Godoy; SHAW, Ian S. **Controle e modelagem fuzzy**. 2. ed. São Paulo: Blucher: FAPESP, 2007.

SUPRIANTO, Dodit; PRISTIYANINGRUM, Ermie; PRASETYO, Arief. Smart chicken coop ecosystem for optimal growth of broiler chickens using fuzzy on IoT. Inform: **Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi**, v. 7, n. 1, p. 16–23, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.25139/inform.v7i1.4231>

SUSANTO, Aji; AGUNG, Abdur Rohman Ardi; IBRAHIM, Mohammad; SUGIARTO, Toto Dwi; YUSWANTO, Andrie; WIBOWO, Budi. Design of a temperature and humidity monitoring system in broiler farms using Internet of Things-based Thingspeak. **Jurnal Komputer dan Elektro Sains**, v. 1, n. 1, p. 9–13, mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.58291/komets.v1i1.92>

SYAFAR, Faisal; ANWAR, Misita; RIDWANSYAH. Smart chicken poultry farm using IoT techniques. **International Journal of New Technology and Research**, v. 7, n. 10, p. 40–43, out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.31871/IJNTR.7.10.11>

TRICCO, A. C.; LILLIE, E.; ZARIN, W.; O'BRIEN, K. K.; COLQUHOUN, H.; LEVAC, D.; MOHER, D.; PETERS, M. D.; HORSLEY, T.; WEEKS, L.; HEMPEL, S.; et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. **Annals of Internal Medicine**, Philadelphia, v. 169, n. 7, p. 467–473, 2018. Disponível em: <https://www.prisma-statement.org/scoping>. Acesso em: 27 ago. 2025.

WIJAYA, Heva Adlli; HARTATI, Sri. Implementasi logika fuzzy dalam sistem pendingin otomatis kandang ayam broiler closed house. **Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems**, [s.l.], abr. 2024. DOI: <https://doi.org/10.22146/ijeis.103364>

YU, Huanhuan; HUANG, Fang; WANG, Haihan; WANG, Wei. Evaluation of comfortability of chicken house environment and its impact on egg-laying performance. In: International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1145/3730436.3730490>

ZHANG, Lin; MA, Jialin; KHADKA, Ashim. Adaptive environmental control system for large-scale poultry houses based on Multif-LSTM. **Journal of Intelligent Systems and Control**, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 174–185, 2024. DOI: <https://doi.org/10.56578/jisc030304>

ZHENG, Haikun; ZHANG, Tiemin; FANG, Cheng; ZENG, Jiayuan; YANG, Xiuli. Design and Implementation of Poultry Farming Information Management System Based on Cloud Database. **Animals**, Basel, v. 11, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11030900>