



## **Aplicação de Internet das Coisas (IOT) e Inteligência Artificial (IA) para gestão de aviários e melhorias do desempenho produtivo: um estudo de caso em produtores de uma cooperativa agroindustrial**

**Isabela Gaya Santos<sup>1</sup>, Josenalde Oliveira<sup>2</sup>, Claudio Bazzi<sup>3</sup>, Alessandro Augusto Simões<sup>4</sup>, Laura Santana<sup>5</sup>, Daniel Dalla Costa<sup>6</sup>, Laina Cechinel<sup>7</sup>, Jessie Najna Kumamoto Shiraishi<sup>8</sup>, Marcia Pessini<sup>9</sup>, Bruno Jorge Soares<sup>10</sup>**

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Engenharia, São Paulo - SP, Brasil

<sup>1,10</sup> Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – Brasília-DF, Brasil

<sup>2,5</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal-RN, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Medianeira-PR, Brasil

<sup>4</sup> Trinovatti Tecnologia – Medianeira-PR, Brasil

<sup>6,7,8</sup> Lar Cooperativa Agroindustrial – Medianeira-PR, Brasil

{isabelagaya@gmail.com.br, josenalde.oliveira@ufrn.br, bazzi@utfpr.edu.br, genoino.junior@trinovatti.com.br, laura.santana@ufrn.br, daniel.dallacosta@lar.ind.br, inovacao.aberta@lar.ind.br, gestao.inovacao@lar.ind.br, marcia@lar.ind.br, bjotadf@gmail.com}

**Resumo.** *A Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA) compreendem inovações tecnológicas conhecidas como tecnologias 4.0 que permitem a fusão dos domínios físicos, digitais e biológicos e que se destacam pela velocidade, amplitude e profundidade de suas aplicações. A aplicação das tecnologias 4.0 se deu inicialmente para a indústria de transformação, mas, atualmente, já vêm sendo adotadas em diversos setores, como é o caso do setor agropecuário. Neste setor, estas tecnologias têm um alto potencial para permitir o desenvolvimento, remodelar significativamente as cadeias de valor e contribuir muito para sistemas alimentares mais produtivos, resilientes e transparentes. No Brasil, há um grande público que ainda não adota ou considera este tipo de tecnologia em seu processo produtivo. No que diz respeito à pecuária, especialmente à cadeia produtiva de frango de corte, identifica-se um desafio na padronização da produção, em especial, quanto à desuniformidade do peso das aves ao final de seu ciclo de engorda, que ocorre devido a fatores ambientais e de manejo. Este artigo tem o propósito de apresentar informações gerais sobre um projeto piloto de adoção de IoT e*

*IA em 15 aviários de produtores rurais associados a uma cooperativa do sul do Brasil, para o monitoramento constante de aves, permitindo tomadas de decisões de manejo mais assertivas, tendo como foco o aumento da qualidade dos frangos produzidos, maior lucratividade, maior controle sanitário dos ambientes de produção e atendimento aos preceitos do bem-estar animal. Ao final do projeto, com a solução, foi possível identificar um aumento de produtividade de 7% e os desafios para a difusão.*

## 1. Introdução

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia fundamental para a transformação digital dos negócios e da economia em todo o mundo. Estima-se que até 2030, a IoT possa habilitar US\$ 5,5 trilhões para US\$ 12,6 trilhões em valor globalmente, incluindo o valor capturado por consumidores e clientes de IoT em produtos e serviços. No que se refere à gestão da produção agrícola, a estimativa é de US\$ 250 à US\$ 520 bilhões. Os agricultores podem ser capazes de melhorar o rendimento entre 15% e 20% com o uso de tecnologias IoT (McKinsey1, 2021).

Outra tecnologia que vem se destacando no setor agro é a Inteligência Artificial (IA). A IA é uma ciência cognitiva com pesquisas aplicadas nas áreas de processamento de imagens, robótica, processamento de linguagem natural, aprendizado de máquina, entre outras (Zhong et. al. 2017).

A IoT e a IA compreendem inovações tecnológicas que fazem parte das denominadas tecnologias 4.0 e que permitem a fusão dos domínios físicos, digitais e biológicos, que incluem também, por exemplo, a visão computacional, a robótica, as impressões 3D, a nanotecnologia, a biotecnologia o armazenamento de energia e a computação quântica. Ela se destaca pela velocidade, amplitude e profundidade de suas aplicações (Schwab, 2016).

Em relação ao agro, uma pesquisa realizada recentemente apontou que cerca de 50% dos agricultores já adotam ou estão dispostos a adotar tecnologias agrícolas para suas operações no Brasil (McKinsey, 2022), mostrando que ainda há um grande público que ainda não adota ou considera este tipo de tecnologia em seu processo produtivo.

O agronegócio se destaca na economia do país, representando quase 30% do Produto Interno Bruto – PIB) (27,5% em 2021) (CEPEA/CNA, 2021), sendo um dos principais exportadores de produtos agrícolas e isso mostra a importância do país como grande provedor mundial de alimentos. Na pecuária, de acordo com o último censo agropecuário, os galináceos são o maior rebanho em número de cabeças do Brasil, com mais de 80% (efetivo de rebanho em cabeças) seguidos dos bovinos e suínos, com cerca de 30% dos estabelecimentos rurais (pecuária) (IBGE, 2017). Em 2022, o país produziu 14,5 milhões de toneladas de carne de frango. Deste total, 33% foram exportados para mais de 150 nações, gerando uma receita de US\$ 9,7 milhões (ABPA, 2023).

No que diz respeito à frango de corte, a cadeia produtiva considera diversos estágios como: 1) produção, com a produção/importação de ovos, matrizes, criação de pintinhos e criação dos frangos. Neste elo estão os fornecedores de insumos e principais inovadores da cadeia, representados por empresas de sanidade, nutrição, genética e

equipamentos; 2) industrialização, com o abate e o processamento; e 3) a distribuição e comercialização (SCHMIDT, 2021).

Apesar das restritas orientações sanitárias no alojamento e da rigorosa manutenção da qualidade dos insumos consumidos pelas aves, como água e ração, ocorrem frequentemente problemas de falta de padronização da produção, em especial, quanto à desuniformidade do peso das aves ao final de seu ciclo de engorda. A uniformidade dos lotes é benéfica não só para um desempenho técnico e econômico ideal dos animais vivos, mas para ganhos de eficiência nas empresas avícolas do mundo (IAGRO, 23).

Diversos fatores não genéticos levam a desuniformidade dos lotes, como a ambiência, a alimentação e nutrição, o manejo, problemas sanitários e doenças (FABRI, 2018). As aves são animais homeotérmicos capazes de regular a temperatura corporal. O mecanismo de homeostase, entretanto, é eficiente somente quando a temperatura ambiente está dentro de certos limites. Portanto, é importante que os aviários tenham temperaturas ambientais próximas às das condições de conforto (ABREU, 2011). Com isso, o monitoramento constante e preciso de variáveis de ambiência é fundamental para que se tenha padronização de produção e o melhoramento da produtividade e da lucratividade.

Ainda outro desafio (SILVA et al., 2021) refere-se à sanidade dos lotes, visto que inúmeras doenças que afetam a produção de frangos de corte têm relação direta com parâmetros ambientais dos aviários, tais como temperatura, umidade, emissão de gases, entre outros, sendo importante definir-se parâmetros necessários para que tais doenças não ocorram ou que possam ser identificadas de forma precoce para atuação e controle.

Com estes desafios, no âmbito do edital do Programa Agro 4.0, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, foi desenvolvido um projeto piloto de adoção de IoT e de IA em 15 aviários de uma cooperativa agroindustrial do sul do Brasil, para realizar o monitoramento constante da produção e o acionamento imediato de profissionais da área para atuarem no atendimento a situações consideradas não ideais ao ambiente produtivo, nestes casos, os aviários, como uma forma mais especializada e otimizada de produção, visando o aumento da qualidade dos frangos produzidos, melhor padronização dos lotes, maior lucratividade, maior controle sanitário aos ambientes de produção e atendimento aos preceitos do bem-estar animal. Este artigo tem o propósito de apresentar informações gerais sobre este projeto piloto.

## **2. Estudo de Caso**

### **2.1. Apresentação e etapas de implementação**

O escopo do projeto contemplou o uso de tecnologias IoT e IA para o monitoramento de fatores de ambiência em aviários de frango de corte de produtores rurais de uma cooperativa no sul do Brasil, como umidade, temperatura, gases, qualidade da água e no monitoramento da curva de crescimento das aves por meio de pesagens automatizadas.

Na solução, os dados são coletados por sensores, armazenados em nuvem e, com o uso de Inteligência Artificial, analisados para se tomar a melhor decisão possível dentro de qualquer cenário. Tanto a equipe técnica da cooperativa, quanto o associado

que possui a inovação em sua propriedade, podem consultar os indicadores em tempo real através de um aplicativo.

Foram instrumentadas 15 unidades de produção (aviários), sendo que para cada período de 60 dias, foram armazenados, ao todo, cerca de 3.822.000 registros que serviram para aplicação de técnicas de IA para melhoramento dos processos de produção e identificação de causas de doenças, a partir de parâmetros de ambiência.

A solução de IA foi implementada para otimizar as médias diárias e estimativa de peso final de abate em lotes mistos, além de ajudar na prevenção de doenças que acometem os lotes, auxiliando na diminuição de condenas por aerossaculite e consistiu na combinação de diversas variáveis e na correlação entre elas e o peso.

## 2.2. Arquitetura da solução

A arquitetura da solução pode ser apresentada em três camadas distintas: camada física (coleta de dados), camada de comunicação e camada de armazenamento, gerenciamento de dados e aplicações (Figura 1).



Figura 1: arquitetura da solução

A camada física compreende os dispositivos e sensores instalados no ambiente em que as aves ficam alojadas. Como os galpões de alojamento das aves possuem centenas de metros quadrados, para obter dados de certos parâmetros com maior confiabilidade, foram replicados equipamentos ao longo do galpão.

Cada um dos aviários selecionados foram equipados com os seguintes sensores: a) sondas de linha: para obtenção de dados de temperatura, umidade do ar, temperatura da água, temperatura da cama e luminosidade; b) sonda de pressão externa: para obtenção de dados de temperatura e de umidade externa ao galpão e de pressão diferencial do aviário; c) sonda de “CO2”, para obtenção de dados de dióxido de carbono presentes no ambiente interno do galpão; d) aferidores de massa: para obtenção de dados referentes ao peso das aves; e) sonda *feedmetrics* (para cálculo do consumo de ração e da conversão alimentar); f) sonda que mede o consumo de água.

Todos os dispositivos são alimentados por sistema de energia disponível no ambiente de produção, sendo que possuem um sistema de bateria, que garantem seu

funcionamento ininterrupto, mesmo em condições em que há a ausência de energia elétrica.

A camada de comunicação contempla os meios utilizados para que o dado coletado no ambiente de produção seja enviado para um ambiente de banco de dados para ser armazenado de forma segura. Foram utilizados rádios transceptores (*gateways*), fazendo uso da tecnologia Lora, com a cobertura em toda a área de interesse, não necessitando que os produtores de frangos disponibilizassem ambiente de internet para que haja comunicação dos dispositivos.

Já na camada de armazenamento, gerenciamento de dados e aplicações, foi utilizada uma base de dados em nuvem, considerando sua consolidação no mercado e recursos disponíveis para o monitoramento e análise de dados.

Como certos parâmetros têm variações que ocorrem de forma mais lenta, já outros de forma mais brusca, cada dispositivo possui uma frequência com a qual realiza a leitura e transmissão dos dados ao servidor, sendo os dados de peso (até 25 dados por hora, totalizando até 27.000 dados no período de engorda), dados de temperatura e umidade do ar (48 medições por hora, totalizando cerca de 52.000 registros no período de alojamento das aves), dados de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e pressão diferencial (12 medições por hora, totalizando cerca de 13.000 registros durante o período de alojamento das aves).

Quanto aos dados de luminosidade, temperatura da água e temperatura da cama do aviário, são 36 medições por hora, totalizando cerca de 39.000 registros ao final do período de alojamento das aves. Sendo assim, ao final do período de engorda, são armazenados cerca de 273.000 registros, se considerados todas as medições, independentemente do parâmetro obtido.

### **2.3. Alguns resultados**

A solução foi desenvolvida para coletar os dados em tempo real e transmiti-los para os envolvidos no menor tempo possível. Os parâmetros do microclima são obtidos e disponibilizados de 5 em 5 minutos, com um diagnóstico em tempo real de como está o ambiente naquele determinado momento.

O maior benefício disso é a possibilidade que abre tanto para o avicultor como para o extensionista de realizarem intervenções e correções dentro do processo de criação, sendo muito mais efetivo no tratamento de doenças e na busca da melhor entalpia, bem como na atuação imediata para controlar algum aspecto de ambiência que começa a se afastar dos parâmetros de controle.

Para isso, foi desenvolvido um sistema de alertas inteligente através de análise de cada dado que é coletado. Esses dados são tratados e o sistema verifica se eles estão dentro do parâmetro desejado. Caso esses dados de ambiência estejam acima ou abaixo desses parâmetros, o sistema gera uma mensagem que é enviada ao interessado de modo que o usuário possa realizar a ação necessária para fazer a correção, bem como oferece a possibilidade de integração com o sistema que existe no aviário para realizar essa correção de forma automática.

Outra questão é a rastreabilidade, como uma ferramenta atual de gestão da produção primária global de alimentos. A necessidade de se conhecer o histórico dos alimentos comercializados mundialmente, deixou de ser um diferencial competitivo e passou a ser um requisito obrigatório, justificado pelas exigências de segurança e confiabilidade que os grandes atacadistas e varejistas demandam. A solução ajuda a fornecer informações específicas de lotes que podem colaborar com um processo de rastreabilidade.

A assertividade de predição de peso (efetividade) da solução foi avaliada, chegando ao número próximo de 99% no caso de lote misto. Uma diferença em torno de 26 gramas de média em relação ao peso de abate e uma margem de confiança em torno de 90% quando se avalia uma diferença de 100 gramas para mais ou para menos. Quando os pesos estão dentro dessa margem e o frigorífico tem essa informação com antecedência a consequência é o aumento de rendimento no aproveitamento da carcaça.

A projeção de peso ao abate é uma ferramenta desenvolvida para indicar a idade, a data e o peso alvo, em virtude dos pesos médios calculados diariamente, projetando-os até a idade desejada. Esses pesos são gravados no sistema e podem ser utilizados pelo Planejamento e Controle da Produção - PCP. Com esta projeção, é possível selecionar dentre diversos aviários aqueles que o sistema aponta com pesos semelhantes e mais próximo da meta que o frigorífico estabelece. Além de indicar os aviários, é possível fazer ajustes na linha de corte dos frangos no frigorífico, com menos intervenções, em virtude da menor variação dos pesos.

A partir desses resultados e da confiança nas informações de peso obtidas, foi possível desenvolver um método de alerta de desempenho inteligente, onde o sistema realiza três avaliações. A primeira é se o ganho de peso diário está em um patamar aceitável, a segunda é uma avaliação da tendência de ganho de peso do lote. Se essa tendência indica uma queda o sistema gera uma mensagem que é encaminhada ao interessado com sugestões de medidas que podem ser adotadas. Por fim, o sistema utiliza Inteligência Artificial para prever o peso futuro do lote, e caso esse peso não seja alcançado, uma mensagem de alerta é enviada para que as verificações necessárias sejam feitas.

Foram monitoradas as curvas de ganho de peso dos lotes, onde, ao notar peso comprometido, o veterinário responsável pôde tomar ações de correção para trazer a curva de peso para o esperado. Ao mesmo passo, para efeitos de comparação, também houve lotes que não receberam qualquer intervenção. A produtividade alcançada foi superior a 7% do grupo dos lotes onde foram feitas as intervenções com indicação da solução, em comparação com o grupo onde não foi necessário fazer a intervenção.

No que diz respeito à IA, em relação à análise de um lote específico, a partir do alerta de aerossaculite, pode-se verificar que comportamentos de variáveis como "CO<sub>2</sub>", amplitude térmica e umidade, submetidas a regras mais assertivas de manejo, levou a um maior controle da ventilação e dos demais fatores de ambiência, que mostraram resultados positivos nesse lote, resultando em menos condenas por aerossaculite.

## **2.4. Principais desafios**

Entre alguns dos principais desafios para a realização do projeto, destacaram-se a falta de conectividade no campo, apesar de que, neste caso, foi possível a implementação com a adoção de tecnologias específicas para a transmissão de dados a longa distância robustas contra interferências. Um estudo recente apontou que cerca de 70% do território nacional não possui conectividade (MAPA, 2021), o que configura um dos principais gargalos para a adoção de tecnologias no campo.

Outros desafios estão relacionados a aspectos como a formação básica e de mão de obra dos envolvidos para a adoção da solução tecnológica, ambiente de negócios, investimentos, governança, segurança e privacidade dos dados, além de questões de interoperabilidade entre as soluções. Um estudo da EMBRAPA (2020) realizado com produtores rurais na adoção de tecnologias digitais apontou que 40,9% dos entrevistados declararam a falta de conhecimento sobre quais as tecnologias digitais são mais apropriadas para sua propriedade, sendo uma das questões também identificadas em estudos da ABDI (2021) e McKinsey (2021).

### **3. Considerações Finais**

Como visto, as divergências de peso, os lotes desuniformes com baixo desempenho e lotes com problemas sanitários, são um grande desafio nas rotinas de trabalho na cadeia produtiva de frango de corte e acarretam grande desperdício de dinheiro e de tempo, além dos transtornos causados pelo cancelamento de carga e de abate.

A partir da realização de pilotos de adoção de IoT e de IA em 15 aviários de um cooperativa agroindustrial do sul do Brasil, verificou-se que o monitoramento constante da produção para uma tomada de decisão mais assertiva levou a um aumento de produtividade, uma vez que permitiu a redução de problemas, bem como propiciou ainda um planejamento e definições de estratégias precocemente, para que os impactos gerados fossem os mínimos possíveis, reduzindo desperdícios, perda de produto, perda de tempo e otimizando as rotinas de trabalho.

As tecnologias 4.0 tem-se mostrado um grande potencial para o aumento da qualidade da carne produzida, uma vez que as aves passam a ser criadas considerando-se as exigências de bem-estar animal e monitoramento de sua produção, atendendo exigências do mercado internacional, colaborando, assim com a padronização das aves abatidas e na redução significativa da mortalidade, o que permite que o produtor e a cooperativa tenham melhores resultados em cada lote e cause um menor impacto ambiental, considerando o descarte de carcaças.

### **Referências**

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Mapeamento do ecossistema de inovação brasileiro. 2021. Disponível em: <https://agro40.abdi.com.br/SitePages/Layout/index.aspx>. Acesso em: 6/5/23.

ABREU, V.; ABREU, P. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia. V.40, p.1-14, 2011 (supl. Especial). Disponível em:

- <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42704/1/os-desafios-da-ambiencia-sobre-os-sistemas.pdf>. Acesso em 24/9/2023.
- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2023. 2023. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf>. Acesso em 24/9/2023.
- CEPEA/CNA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada / Confederação da Agricultura e Pecuária. PIB do agronegócio. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-do-Agronegocio-20set22-2.pdf>. Acesso em: 10/5/23.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Retrato da agricultura digital brasileira. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/54770717/pesquisa-mostra-o-retrato-da-agricultura-digital-brasileira>. Acesso em: 20/5/23.
- FABRI, F.; CACHON, J. Fatores que influem na produtividade do frango de corte moderno. 2018. Disponível em: <https://www.cidasc.sc.gov.br/blog/2018/03/17/fatores-que-influem-na-produtividade-do-frango-de-corte-moderno/>. Acesso em 24/9/2023.
- IAGRO - Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal. 1016. Por que a uniformidade das aves é tão importante para os abatedouros? Disponível em: <https://www.iagro.ms.gov.br/por-que-a-uniformidade-das-aves-e-tao-importante-para-os-abatedouros/#:~:text=Na%20abridora%20de%20abd%C3%B4men%2C%20a,aumentar%20a%20incid%C3%Aancia%20de%20contamina%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 24/9/24.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cenários e perspectivas da conectividade para o agro / Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação – Brasília: MAPA/AECS, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/conectividade-rural/livro>. Acesso em: 6/5/23.
- MCKINSEY1. The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity. Novembro, 2021.
- MCKINSEY. “A mente do agricultor brasileiro na era digital”. 2021.
- SCHMIDT, N.; SILVIA, C. Pesquisa e Desenvolvimento na Cadeia Produtiva de Frangos de Corte no Brasil. 2021. Disponível em: [https://pt.engormix.com/avicultura/nutricao-frangos-corte/pesquisa-desenvolvimento-cadeia-produtiva\\_a47900/](https://pt.engormix.com/avicultura/nutricao-frangos-corte/pesquisa-desenvolvimento-cadeia-produtiva_a47900/). Acesso em: 24/9/23.
- SCHWAB, K. A quarta revolução industrial. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.
- SILVA, L.; CORDEIRO NETO, F.; OLIVEIRA, J.; SANTANA, L. Desenvolvimentos em inteligência artificial na avicultura de frangos de corte. Anais do XIII SBIAgro, p.1-9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbiagro.2021.18377>.
- ZHONG, R.; XU, X.; KLOTZ, E.; NEWMAN, S. 2017. “Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review.” Engineering3(5): 616–30. <http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>.