

# Sistema Inteligente de Pesagem Automatizada e Gestão Pecuária com Integração de IoT e Aplicativo Móvel

Pedro Ivo<sup>1</sup>, Aryelson Gonçalves<sup>1</sup>, Ismael Marinho<sup>1</sup>,  
Danyllo Albuquerque<sup>1</sup>, Sebastião Coutinho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal da Paraíba (IFPB)  
Laboratório de Inovação em Software (LIS)

{ivo.leite, goncalves.aryelson, marinho.ismael,  
danyllo.albuquerque, sebastiao.coutinho}@ifpb.edu.br

**Abstract.** *The modernization of livestock farming has been driven by the adoption of smart technologies that optimize essential processes such as animal weighing. Traditional methods still pose operational challenges, including high labor demand, measurement inaccuracies, and increased animal stress. This study presents Inteli-Campo, an integrated platform that combines the Internet of Things (IoT), microcontrollers, and a mobile Android application to automate animal weighing and management. The system includes load sensors for weight measurement, RFID for individual animal identification, and IoT connectivity for real-time data transmission. As a key innovation, the mobile application enables remote monitoring, recording of sanitary and nutritional events, personalized alerts, and report generation, facilitating strategic herd management. The results demonstrated weighing accuracy, reduced animal stress, and increased operational efficiency, while also providing greater accessibility to livestock data. This research contributes to digital livestock innovation, promoting more sustainable management practices aligned with the principles of Industry 4.0 in agribusiness.*

**Resumo.** *A modernização da pecuária tem sido impulsionada por tecnologias inteligentes que otimizam processos essenciais como a pesagem de animais. Métodos tradicionais ainda apresentam desafios como alta demanda de mão de obra, imprecisões nas medições e aumento do estresse dos animais. Este estudo apresenta o InteliCampo, uma plataforma integrada que combina Internet das Coisas (IoT), microcontroladores e um aplicativo móvel para automação da pesagem e manejo pecuário. O sistema conta com sensores de carga para medição de peso, RFID para identificação individual dos animais e conectividade IoT para transmissão de dados em tempo real. Como diferencial, o aplicativo móvel permite monitoramento remoto, registro de eventos sanitários e nutricionais, alertas personalizados e geração de relatórios, facilitando a gestão estratégica do rebanho. Os resultados demonstraram precisão na pesagem, redução do estresse animal e maior eficiência operacional, além de proporcionar maior acessibilidade às informações. A pesquisa contribui para a inovação na pecuária digital, promovendo um manejo mais sustentável e alinhado às diretrizes da Indústria 4.0 no agronegócio.*

## 1. Introdução

A modernização do setor agropecuário tem sido impulsionada pelo avanço das tecnologias digitais, promovendo maior eficiência na gestão de rebanhos e na automação de processos produtivos [Quintam and de Assunção 2023]. No entanto, a pesagem de animais ainda representa um desafio operacional, pois os métodos tradicionais exigem grande esforço logístico, deslocamento dos animais, intervenção manual e apresentam margens de erro significativas

[Medeiros 2020]. Além disso, o manejo inadequado durante o processo de pesagem pode gerar estresse, impactando negativamente o bem-estar e a produtividade dos animais.

O uso de tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT) e microcontroladores, tem se mostrado uma alternativa promissora para automatizar a pesagem animal, reduzindo a necessidade de intervenção humana e aumentando a precisão das medições [de Oliveira 2021]. Com a integração de sensores inteligentes e identificação por radiofrequência (do inglês, *Radio Frequency Identification* - RFID), é possível capturar dados de forma contínua e fornecer aos produtores informações detalhadas sobre crescimento, nutrição e sanidade do rebanho [Bruno et al. 2022]. No entanto, para que essas soluções sejam realmente eficazes, é essencial que os dados coletados sejam acessíveis de maneira rápida, intuitiva e móvel, permitindo um acompanhamento ágil e estratégico da produção [Júnior et al. 2022].

Neste contexto, este estudo propõe o InteliCampo, uma solução inovadora que combina pesagem automatizada, conectividade IoT e um aplicativo móvel Android para otimizar o manejo animal. O sistema é composto por sensores de carga para pesagem automática, microcontroladores ESP32 para processamento de dados e RFID para identificação individual dos animais. Como diferencial, o aplicativo móvel Android permite aos produtores acessar dados em tempo real, registrar eventos sanitários e nutricionais, configurar alertas e gerar relatórios personalizados, facilitando a tomada de decisões informadas.

Diante da necessidade de integrar essas tecnologias em um sistema funcional e acessível, este estudo busca responder às seguintes questões: como estruturar uma plataforma integrada para automação da pesagem e manejo pecuário, quais tecnologias e componentes são mais adequados para o desenvolvimento da solução e como garantir a comunicação eficiente entre sensores, microcontroladores, IoT e o aplicativo móvel?

O objetivo deste trabalho é descrever a implementação do InteliCampo, avaliando sua eficiência na pesagem automatizada e na gestão inteligente do rebanho. A proposta busca fornecer uma solução acessível e escalável, especialmente para pequenos e médios produtores, alinhando-se às diretrizes da Indústria 4.0 no agronegócio. Além disso, contribui para o avanço da pesquisa em automação agropecuária, explorando o impacto de tecnologias móveis na eficiência operacional e no uso estratégico de dados para otimizar a pecuária.

Finalmente, o artigo está estruturado da seguinte forma: após esta introdução, a Seção 2 apresenta os principais conceitos associados a esse estudo. Na Seção 3, são discutidos trabalhos relacionados, contextualizando esta pesquisa dentro do panorama acadêmico atual. A Seção 4 detalha a metodologia adotada para a construção e operação da plataforma InteliCampo. Em seguida, a Seção 5 apresenta as contribuições esperadas, destacando os impactos potenciais para a pesquisa e a indústria. Por fim, a Seção 6 traz as considerações finais e aponta possíveis direções para estudos futuros.

## **2. Fundamentação**

A Internet das Coisas (IoT) tem revolucionado diversos setores, incluindo a agropecuária, permitindo a automação e o monitoramento remoto de processos essenciais. No contexto da pecuária, sensores e dispositivos conectados possibilitam a coleta contínua de dados sobre o rebanho, fornecendo informações precisas para a gestão nutricional e sanitária [Costa et al. 2018]. Essa tecnologia reduz a necessidade de intervenção manual e melhora a eficiência operacional, contribuindo para um manejo mais sustentável.

Os microcontroladores desempenham um papel central na automação da pesagem de animais, atuando no processamento e transmissão dos dados capturados pelos sensores. Dispositivos como o ESP32 oferecem conectividade sem fio e capacidade de integração

com diversos sensores, permitindo a implementação de sistemas de pesagem automatizados [de Souza ASSIS et al. 2024]. Ao utilizar células de carga, os microcontroladores convertem a força aplicada pelo animal sobre a plataforma de pesagem em sinais elétricos, que são processados para obter medições precisas [Bruno et al. 2022].

A identificação por radiofrequência (RFID) complementa a automação ao associar cada pesagem a um animal específico, eliminando erros manuais e garantindo rastreabilidade. Tags RFID fixadas nos animais são lidas automaticamente, permitindo o registro contínuo do peso e facilitando o monitoramento individual [Costa et al. 2014]. Essa abordagem possibilita um acompanhamento mais detalhado do desenvolvimento dos animais, otimizando a tomada de decisões sobre nutrição e saúde.

Além da infraestrutura de sensores e microcontroladores, a mobilidade e acessibilidade das informações são fatores cruciais para a eficiência do sistema. Aplicativos móveis permitem que produtores acessem os dados da pesagem em tempo real, registrem eventos sanitários e nutricionais e recebam alertas personalizados. A utilização de dispositivos móveis na agropecuária têm demonstrado melhorias na gestão e no controle operacional, proporcionando maior flexibilidade e rapidez na tomada de decisão [Gokhale et al. 2018].

A combinação dessas tecnologias cria um ecossistema integrado para a gestão pecuária, alinhando-se aos princípios da Indústria 4.0. A automação da pesagem, aliada à conectividade IoT e ao uso de aplicativos móveis, permite um controle mais eficiente do rebanho, reduz custos operacionais e melhora o bem-estar animal. Dessa forma, soluções como o InteliCampo representam um avanço significativo na modernização da pecuária, promovendo maior produtividade e sustentabilidade.

### **3. Trabalhos Relacionados**

A modernização da agropecuária tem sido fortemente impulsionada pelo avanço de tecnologias digitais, como Internet das Coisas (IoT), sensores inteligentes e microcontroladores, que otimizam processos e reduzem custos operacionais. A automação na pecuária tem sido explorada por diferentes estudos, com foco em pesagem automatizada, identificação individual e monitoramento remoto do rebanho [Quintam and de Assunção 2023]. No entanto, a maioria das soluções não contempla um sistema integrado que combine automação da pesagem, rastreamento dos animais e uma interface móvel para gerenciamento, como proposto no presente estudo.

Muniz (2022) desenvolveu um sistema de pesagem automatizada de gado em movimento, utilizando ESP32 e RFID para transmissão de dados via LoRa, eliminando a necessidade de confinamento dos animais [Muniz et al. 2022]. Essa abordagem minimiza o estresse animal e melhora o controle sobre a pesagem, mas não incorpora uma interface móvel para consulta e gerenciamento remoto dos dados. De forma semelhante, Felipe e Vitor (2019) propuseram um sistema de pesagem individual baseado em microcontroladores, permitindo registros automáticos sem depender de conexão com a internet [Felipe and Vitor 2019]. Apesar da inovação, a ausência de uma solução integrada que permita o acesso remoto aos dados e um manejo mais detalhado do rebanho ainda representa uma limitação.

Além da pesagem, outros estudos demonstram o uso da IoT na pecuária e na agricultura de precisão. Almeida (2023) desenvolveu um alimentador automatizado, controlado remotamente por uma plataforma online, destacando o impacto da IoT na gestão nutricional do rebanho [Almeida 2023]. Da mesma forma, Dourado (2022) projetou um sistema inteligente de irrigação, que utiliza sensores conectados a microcontroladores para monitorar e controlar a distribuição de água, reforçando a viabilidade da automação em diferentes contextos agropecuários [Dourado 2022]. No entanto, essas pesquisas ainda não exploram a combinação de

pesagem automatizada e monitoramento móvel do rebanho.

Outro aspecto relevante para a automação agropecuária é o monitoramento ambiental por sensores IoT. Kormann (2021) apresentou um sistema baseado em Arduino para análise de gases do solo, mostrando como sensores podem fornecer informações críticas para o manejo sustentável do ambiente rural [Kormann 2021]. Essas aplicações reforçam o potencial da automação no agronegócio, mas não abordam o monitoramento integrado do rebanho por meio de um aplicativo móvel.

Dessa forma, o InteliCampo se diferencia das abordagens anteriores ao integrar pesagem automatizada, identificação RFID e conectividade IoT em uma única solução, permitindo que os dados sejam acessados e gerenciados em tempo real via um aplicativo móvel Android. Essa proposta proporciona maior eficiência na gestão do rebanho, melhor rastreabilidade dos animais e um fluxo contínuo de informações, facilitando a tomada de decisão baseada em dados. Além disso, a solução está alinhada às diretrizes da Indústria 4.0, promovendo um modelo de pecuária inteligente e sustentável.

## 4. Plataforma InteliCampo

Esta seção apresenta a proposta da plataforma, detalhando sua arquitetura (Seção 4.1) e os componentes tecnológicos utilizados na solução; o fluxo de funcionamento (Seção 4.2), explicando como os sensores, microcontroladores e conectividade IoT interagem para capturar, processar e disponibilizar os dados de pesagem; os diferenciais da solução (Seção 4.3), destacando as inovações que tornam o sistema mais eficiente e acessível em comparação com abordagens tradicionais; e, por fim, as perspectivas futuras (Seção 4.4), apontando possíveis melhorias e avanços para ampliar as funcionalidades e sua aplicabilidade no setor agropecuário.

### 4.1. Detalhes da Arquitetura

A arquitetura do InteliCampo foi projetada para garantir precisão e acessibilidade na pesagem automatizada de animais e gestão pecuária, estruturando-se em três camadas principais — sensoriamento, processamento e visualização —, cada uma responsável por capturar, processar e disponibilizar informações de forma integrada. A Figura 3 ilustra a estrutura modular do sistema, destacando a interconexão entre os dispositivos IoT, o processamento em nuvem e as interfaces de visualização.

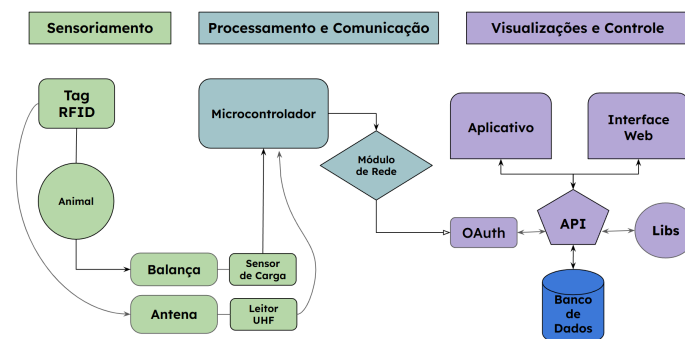


Figura 1. Arquitetura da Plataforma.

**Camada de Sensoriamento.** Esta camada é responsável pela captura precisa dos dados de peso e identificação dos animais no momento da pesagem. Para isso, são utilizados sensores de carga de alta precisão (células de carga), que medem a força exercida pelo animal sobre a plataforma e convertem essa informação em um sinal elétrico proporcional ao peso.

Em complemento à funcionalidade de pesagem, esta camada integra um sistema de identificação por RFID baseado na utilização de *tags* e leitores de radiofrequência operando na faixa ultra-alta (*UHF*). Cada espécime do rebanho é identificado por uma *tag RFID* passiva, dispensando o uso de bateria, que, ao ser aproximada do leitor, transmite um código de identificação único. Este código, por meio de protocolos de comunicação padronizados, permite a associação automatizada dos dados ao respectivo animal no banco de dados, viabilizando a rastreabilidade individualizada e o monitoramento preciso de cada unidade produtiva.

Para garantir que as informações coletadas sejam transmitidas de maneira confiável, um microcontrolador ESP32 recebe os dados via RS232 e processa os dados localmente, realizando filtragem, calibração e padronização das medições antes de enviá-los para a camada de processamento. Essa abordagem minimiza ruídos e variações de medição, garantindo alta confiabilidade nos dados capturados.

**Camada de Processamento e Comunicação.** Esta camada arquitetônica é responsável pelo armazenamento, processamento e disponibilização dos dados coletados, garantindo a eficiência no acesso e a segurança das informações relacionadas às pesagens e ao monitoramento do rebanho. O dispositivo *ESP32* realiza a transmissão das informações via *Wi-Fi*, empregando requisições *HTTP* direcionadas a uma *API* em nuvem. Posteriormente, os dados são persistidos e estruturados em um banco de dados relacional *PostgreSQL*.

A interação entre as distintas camadas arquitetônicas do sistema é realizada através de *RESTful web services*, assegurando a interoperabilidade e a segurança durante o compartilhamento de informações. Tais serviços possibilitam o acesso e a manipulação eficiente dos dados, tanto pela interface web quanto pelo aplicativo móvel desenvolvido para a plataforma Android, garantindo a preservação da consistência e da confiabilidade dos dados em todas as interfaces do sistema.

**Camada de Visualização e Controle.** A camada de visualização disponibiliza os dados capturados por meio de duas interfaces principais:

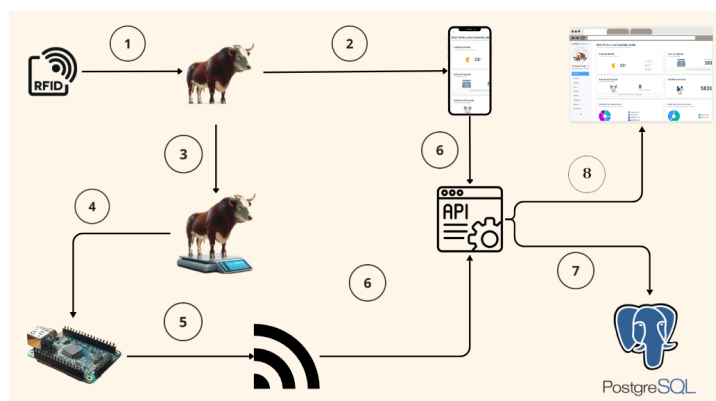
- *Aplicação Web* – Desenvolvida com *React.js* (frontend) e *NestJS* (backend), oferece um painel interativo e responsivo para gestão agropecuária. A plataforma permite acesso a registros históricos de pesagem, geração de relatórios zootécnicos detalhados, visualização de estatísticas em tempo real e alertas automatizados sobre saúde e nutrição animal. Sua integração via *API RESTful* (com padrões *JSON/HTTPS*) garante interoperabilidade com sistemas externos, viabilizando uma gestão centralizada do rebanho.
- *Aplicativo Móvel Android* – Desenvolvido em *Kotlin*, proporciona acesso móvel intuitivo aos dados zootécnicos. Entre suas funcionalidades destacam-se o registro de eventos sanitários e nutricionais, controle digitalizado de movimentação de animais, alertas personalizados e sincronização bidirecional em tempo real com a plataforma web. A arquitetura *offline-first* e a comunicação via *WebSockets* asseguram disponibilidade e consistência dos dados mesmo em ambientes com conectividade limitada.

O sistema também incorpora gráficos interativos desenvolvidos com *D3.js* e *Chart.js*, facilitando a análise visual da evolução do rebanho. Para garantir a segurança e controle de acesso, é utilizada a autenticação *OAuth2*, assegurando que apenas usuários autorizados possam acessar e manipular os dados.

## 4.2. Fluxo de Funcionamento

O InteliCampo segue um fluxo de operação bem estruturado, garantindo eficiência na aquisição, processamento e análise dos dados de pesagem e manejo pecuário. O sistema foi

desenvolvido para proporcionar autonomia e precisão, reduzindo a necessidade de intervenção manual e otimizando a gestão nutricional, sanitária e produtiva do rebanho. Além disso, o aplicativo móvel Android amplia as funcionalidades da plataforma, permitindo que os produtores visualizem e registrem informações diretamente no campo, garantindo maior controle sobre cada animal.



**Figura 2. Funcionamento da Plataforma.**

O fluxo operacional da plataforma inicia-se com o registro dos animais no aplicativo (2), onde o produtor cadastra dados como identificação, pesagem de entrada, dados sobre vacinação, vermifugação e outras informações sanitárias e nutricionais. Uma vez cadastrados, os animais podem ser monitorados continuamente, permitindo um acompanhamento detalhado da evolução do rebanho.

O animal deve ser identificado com uma tag RFID (1) e cadastrado no sistema por meio do aplicativo móvel (2). Esse cadastro inicial é essencial para vincular o animal ao seu registro individual no banco de dados (7). Uma vez identificado e cadastrado, o animal pode ser pesado (3). Durante a pesagem, o peso é medido e a tag RFID é automaticamente lida.

Os dados coletados (peso e identificação por RFID) são transmitidos ao microcontrolador ESP32 (4) utilizando o protocolo RS232, que garante comunicação estável e confiável. Em seguida, essas informações são enviadas via Wi-Fi ou LoRaWAN (5) para uma API RESTful (6), que identifica e processa as informações, registrando no banco de dados PostgreSQL (7) com a medição mais recente. A identificação por RFID elimina a necessidade de anotações manuais, aumentando a precisão e a rastreabilidade do processo.

A API RESTful (6) desempenha um papel central no sistema, sincronizando os dados entre a plataforma web e o aplicativo móvel. Isso garante que todas as informações estejam disponíveis em tempo real para os produtores. Por meio do aplicativo móvel, os produtores podem visualizar o peso dos animais, registrar novos manejos sanitários e nutricionais, e receber alertas automatizados sobre vacinas, controle parasitário e outras atividades programadas. A interface intuitiva do aplicativo facilita o gerenciamento diário do rebanho.

Os dados processados pela API são exibidos em duas interfaces principais: um *dashboard* web (8) e o aplicativo móvel Android (2). O *dashboard* web oferece ferramentas para análises detalhadas e geração de relatórios personalizados, enquanto o aplicativo móvel permite acesso rápido e prático às informações, mesmo em locais remotos. Essa dualidade de interfaces otimiza a tomada de decisão, permitindo que os produtores monitorem e gerenciem seu rebanho de forma eficiente, tanto no escritório quanto no campo.

A arquitetura modular e escalável do InteliCampo possibilita sua aplicação em diferentes contextos da pecuária, desde pequenos produtores até grandes fazendas comerciais. O

sistema pode ser expandido para incluir sensores ambientais, monitorando temperatura, umidade e qualidade do solo, permitindo uma visão mais abrangente das condições de criação. Além disso, futuras atualizações podem integrar modelos de aprendizado de máquina, possibilitando análises preditivas para o crescimento, saúde e bem-estar animal.

Dessa forma, o InteliCampo não apenas automatiza o processo de pesagem, mas também moderniza a gestão agropecuária, permitindo um controle mais eficiente e preciso sobre os animais. A integração entre balança inteligente, plataforma web e aplicativo móvel potencializa a eficiência operacional, reduzindo custos, minimizando erros humanos e aumentando a produtividade do setor pecuário, alinhando-se às diretrizes da Indústria 4.0.

### 4.3. Diferenciais da Plataforma

O InteliCampo destaca-se no cenário da gestão pecuária por incorporar funcionalidades inovadoras que atendem às necessidades específicas dos produtores rurais. Seus principais diferenciais incluem:



Figura 3. Detalhes da balança.

- *Automação Completa da Pesagem:* A integração de sensores de carga de alta precisão com sistemas de identificação por RFID permite a captura automática e precisa do peso dos animais, eliminando a necessidade de contenção manual e reduzindo significativamente o estresse animal.
- *Gestão Integrada via Aplicativo Móvel:* O aplicativo Android oferece aos produtores a capacidade de registrar e acessar dados em tempo real, facilitando o acompanhamento de eventos sanitários, nutricionais e produtivos diretamente no campo. Essa mobilidade assegura uma gestão mais ágil e informada, permitindo respostas rápidas a quaisquer necessidades emergentes do rebanho.
- *Conectividade e Armazenamento em Nuvem:* A transmissão de dados via Wi-Fi ou LoRaWAN para servidores em nuvem garante que as informações estejam sempre acessíveis e seguras. Isso possibilita o monitoramento remoto e a análise contínua do desempenho do rebanho, permitindo aos produtores tomar decisões baseadas em dados atualizados, independentemente de sua localização física.
- *Interface Intuitiva e Relatórios Personalizados:* A plataforma oferece dashboards interativos e relatórios customizáveis, permitindo que os produtores visualizem métricas essenciais e tomem decisões informadas para otimizar a produtividade e a saúde do rebanho. Essa personalização facilita a identificação de tendências e a implementação de estratégias específicas para melhorias contínuas.
- *Escalabilidade e Integração com Outras Tecnologias:* A arquitetura modular do InteliCampo permite a expansão para incluir sensores ambientais e a integração com outras soluções tecnológicas, alinhando-se às diretrizes da Indústria 4.0 e promovendo uma pecuária mais inteligente e sustentável. Essa flexibilidade assegura que a plataforma possa evoluir conforme as necessidades do mercado e as inovações tecnológicas, garantindo sua relevância a longo prazo.

Esses diferenciais posicionam o InteliCampo como uma solução robusta e inovadora, capaz de transformar a gestão pecuária ao fornecer ferramentas avançadas que atendem às demandas de um mercado em constante evolução, promovendo eficiência operacional e bem-estar animal.

#### **4.4. Perspectivas Futuras**

A integração de tecnologias emergentes no InteliCampo visa transformar a gestão pecuária, trazendo inúmeros benefícios ao setor. A adoção de algoritmos de inteligência artificial permitirá a análise preditiva de dados coletados, auxiliando na identificação precoce de doenças, otimização de dietas e melhoria do bem-estar animal. Sensores inteligentes poderão monitorar em tempo real variáveis como atividade física, frequência cardíaca e ingestão alimentar, fornecendo informações detalhadas sobre a saúde e o comportamento dos animais. Essa abordagem proativa resultará em intervenções mais rápidas e precisas, aumentando a produtividade e reduzindo perdas no rebanho.

A expansão do uso de tecnologias de comunicação de longo alcance e baixo consumo de energia, como LoRaWAN, permitirá a conectividade eficiente em áreas rurais extensas, garantindo a transmissão contínua de dados mesmo em locais remotos. Essa infraestrutura facilitará o monitoramento ambiental e comportamental, permitindo ajustes imediatos nas práticas de manejo e contribuindo para a sustentabilidade da produção. Além disso, a análise de grandes volumes de dados coletados possibilitará insights aprofundados sobre a performance do rebanho, identificação de tendências e áreas de melhoria, auxiliando na tomada de decisões estratégicas. Ao incorporar essas inovações, o InteliCampo busca posicionar-se na vanguarda da pecuária moderna, oferecendo soluções que atendam às demandas de eficiência, sustentabilidade e qualidade no setor agropecuário.

### **5. Implicações**

As implicações deste trabalho abrangem tanto o meio acadêmico quanto o setor industrial, fornecendo avanços que podem ser explorados em futuras pesquisas e aplicações comerciais.

**Acadêmicas.** Do ponto de vista acadêmico, este estudo enriquece a literatura sobre a aplicação de IoT e automação no setor agropecuário, demonstrando como a integração dessas tecnologias pode transformar processos tradicionais em sistemas mais eficientes e inteligentes. Diferentemente de trabalhos anteriores que focam apenas na automação da pesagem ou na identificação de animais de forma isolada, o InteliCampo propõe um modelo integrado que combina pesagem automática, identificação por RFID, armazenamento de dados na nuvem e gestão por meio de um aplicativo móvel. Essa abordagem permite um monitoramento mais abrangente e confiável do rebanho, além de facilitar o registro e acompanhamento de eventos sanitários e nutricionais diretamente no campo.

Além disso, a arquitetura modular da plataforma possibilita que futuros pesquisadores explorem novos modelos de análise de dados e previsão de crescimento animal, utilizando técnicas de inteligência artificial e aprendizado de máquina. Esse potencial abre oportunidades para investigações mais avançadas sobre o impacto da automação no manejo pecuário, otimizando processos de nutrição, sanidade e produtividade animal.

**Industrial.** No contexto industrial, o InteliCampo pode ser aplicado em diversas escalas, desde pequenos produtores rurais até grandes fazendas comerciais, promovendo uma pecuária mais eficiente, sustentável e competitiva. O sistema reduz a necessidade de intervenção humana na pesagem dos animais, minimizando erros operacionais e custos com mão de obra, além de melhorar o bem-estar animal ao evitar o estresse causado pelo confinamento para pesagem. Ainda, a inclusão de um aplicativo móvel dedicado oferece aos produtores a capacidade de registrar e acessar dados em tempo real, facilitando o acompanhamento



de eventos sanitários, nutricionais e produtivos diretamente no campo. Essa mobilidade assegura uma gestão mais ágil e informada, permitindo respostas rápidas a quaisquer necessidades emergentes do rebanho.

Outro impacto significativo é a possibilidade de integração da plataforma com sistemas de rastreamento e gestão agropecuária, permitindo um controle mais preciso da alimentação, saúde e crescimento do rebanho. Isso pode beneficiar indústrias de carne e laticínios, garantindo padronização da produção, rastreabilidade dos animais e otimização da cadeia produtiva. Adicionalmente, a conectividade IoT viabiliza ainda um modelo de monitoramento remoto, onde os produtores podem acessar os dados da pesagem em tempo real por meio de dispositivos móveis e sistemas na nuvem. Essa funcionalidade abre caminho para a adoção de modelos preditivos e análises avançadas, possibilitando ajustes estratégicos na produção e aumento da rentabilidade do setor.

**Impacto Econômico e Sustentável.** Além das melhorias operacionais e industriais, a adoção do InteliCampo pode gerar impactos econômicos positivos, reduzindo perdas financeiras por erros de pesagem e permitindo um manejo mais eficiente dos insumos agropecuários. O uso de tecnologias de baixo custo, como ESP32 e sensores de carga, torna o sistema acessível para pequenos e médios produtores, democratizando o acesso à automação agropecuária. No aspecto ambiental, a melhoria na precisão da pesagem e no controle nutricional dos animais pode levar a uma utilização mais eficiente dos recursos naturais, reduzindo o desperdício de ração e minimizando impactos ambientais associados ao setor pecuário. Essas práticas alinhadas à Indústria 4.0 contribuem para uma produção mais sustentável, com uso otimizado da tecnologia e redução da pegada de carbono na agropecuária.

## 6. Considerações Finais

O desenvolvimento do InteliCampo teve como objetivo principal a criação de uma plataforma inovadora para a automação da pesagem de animais, integrando tecnologias de Internet das Coisas (IoT), microcontroladores, sensores inteligentes e um aplicativo móvel dedicado. A proposta buscou solucionar desafios recorrentes na pecuária tradicional, como a imprecisão nas medições de peso, altos custos operacionais e o estresse causado aos animais durante o processo de pesagem. Ao oferecer uma solução mais eficiente e tecnológica, o InteliCampo visa aprimorar a gestão pecuária e promover o bem-estar animal.

Os resultados obtidos até o momento indicam que a automação da pesagem animal, aliada à identificação por RFID e ao armazenamento de dados em nuvem, pode otimizar a produtividade e reduzir custos operacionais. Essa abordagem facilita a gestão do rebanho, permitindo um manejo mais estratégico e baseado em dados precisos. A integração de sensores de carga com tecnologias IoT demonstrou ser uma estratégia viável para assegurar maior precisão na pesagem e no rastreamento individual dos animais, diferenciando-se de soluções existentes que tratam esses processos de forma isolada.

Entretanto, o estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A validação da plataforma em ambientes produtivos reais é essencial para avaliar sua robustez e confiabilidade sob diferentes condições de manejo. Além disso, fatores como a adaptação dos produtores às novas tecnologias e a infraestrutura disponível nas propriedades rurais podem influenciar a implementação e a eficácia do InteliCampo. Esses aspectos ressaltam a necessidade de estudos adicionais para compreender plenamente o impacto da plataforma no contexto da pecuária brasileira.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a exploração da integração do InteliCampo com técnicas de inteligência artificial e aprendizado de máquina, visando à predição do crescimento dos animais com base nos dados coletados. A inclusão de sensores ambientais pode fornecer

informações complementares para o bem-estar animal e a otimização nutricional. Além disso, a realização de estudos de caso em diferentes contextos produtivos contribuirá para a adaptação e o aprimoramento da plataforma, garantindo sua aplicabilidade e eficácia em larga escala. Essas iniciativas poderão consolidar o InteliCampo como uma ferramenta essencial para a modernização e sustentabilidade da pecuária.

## Referências

- Almeida, W. A. d. (2023). Projeto e implementação de arquitetura iot básica aplicada a um alimentador animal. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Lavras, Curso de Engenharia de Controle e Automação.
- Bruno, D. R., Bruno, L. A. S. D., Osório, F. S., and Teixeira, M. A. (2022). Sistema de monitoramento de animais (sensor pet): uma abordagem envolvendo técnicas de iot. *Interface Tecnológica*, 19(2):843–854.
- Costa, C. L., Oliveira, L., and Móta, L. M. (2018). Internet das coisas (iot): um estudo exploratório em agronegócios internet of things (iot): na exploratory study in agribusiness. *VI Simpósio da Cienc. do Agronegócio*.
- Costa, E. G. D., Klein, A. Z., and Vieira, L. M. (2014). Análise da utilização de tecnologias da informação móveis e sem fio (tims) na cadeia bovina: um estudo de caso no estado de goiás. *REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)*, 20:140–169.
- de Oliveira, S. (2021). *Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi 2a edição: Atualizado para ESP32*. Novatec Editora.
- de Souza ASSIS, R. N., TEIXEIRA, W. C., ABRITTA, C. d. C. A., and PICCININI, M. A. (2024). Automação de baixo custo para pequenas e médias fazendas: Uma abordagem para otimizar a produção de grãos e leite. *Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica*, 6(2).
- Dourado, V. d. C. (2022). Aplicação de rede lora para monitoramento de indicadores na agricultura em empresa de tecnologia. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Rondonópolis, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas.
- Felipe, P. and Vitor, C. (2019). Sistema de identificação e pesagem individual de animais utilizando microcontroladores.
- Gokhale, P., Bhat, O., and Bhat, S. (2018). Introduction to iot. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 5(1):41–44.
- Júnior, R. S. d. O., da Silva, R. C., Santos, M. S., Albuquerque, D. W., Almeida, H. O., and Santos, D. F. (2022). An extensible and secure architecture based on microservices. In *2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pages 01–02. IEEE.
- Kormann, R. (2021). Desenvolvimento de um protótipo arduino para monitoramento de gases no solo. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Curso de Agronomia.
- Medeiros, S. R. d. (2020). Ponderações sobre a pesagem de bovinos. *Scot Consultoria*.
- Muniz, C. V. d. L. et al. (2022). Balança de pesagem em movimento para gado utilizando esp32 para aplicações iot (silvano. io).
- Quintam, C. P. R. and de Assunção, G. M. (2023). Panorama do agronegócio exportador brasileiro. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, 4(7):e473642–e473642.