

Livestock IoT – LIoT: Ecosystema de software para pecuária

Livestock IoT – LIoT: Software Ecosystem for Livestock

Jonas Gomes¹, José Maria N. David², Regina Braga³, Valdemar Vicente Graciano Neto⁴, Wneiton Luiz Gomes⁵, Leonardo Gravina Fonseca⁶, Bruno Carvalho⁷, Wagner Arbex^{8,9}

¹Estudante, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora (MG), Brasil, jonas.gomes@estudante.ufjf.br

²Professor, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora (MG), Brasil, jose.david@ufjf.br

³Professor, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora (MG), Brasil, regina.braga@ufjf.br

⁴Professor, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia (GO), Brasil, valdemarneto@ufg.br

⁵Analista, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, wneiton.gomes@embrapa.br

⁶Analista, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, leonardo.gravina@embrapa.br

⁷Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, bruno.carvalho@embrapa.br

⁸Professor, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora (MG), Brasil, wagner.arbex@ufjf.br

⁹Analista, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, wagner.arbex@embrapa.br

RESUMO

Com o advento da agricultura digital, tecnologias habilitadoras como, por exemplo, a Internet das Coisas (IoT), mostraram-se imprescindíveis para a transformação digital da pecuária. Mais recentemente, em conjunto com essa revolução, novos preceitos foram adotados pela sociedade, que passou a valorizar não só o produto, mas também a necessidade de conhecer sua autenticidade e origem, a forma e condições de sua obtenção e, ainda, se essas podem provocar algum dano social ou ambiental. A sociedade passou a requerer nos processos produtivos práticas de governança ambiental, social e corporativa – do inglês, *Environmental, Social and Corporate Governance* (ESG) –, exigindo da pecuária uma visão ampla e novas entregas, além da produção de alimentos com proteína de origem animal. A Ciência da Computação, mais especificamente com foco na área de Engenharia de Software, busca tecnologias que possam ser aplicadas em problemas contemporâneos no ambiente de IoT. Neste cenário, surge a necessidade da criação do LIoT ou Livestock IoT, um Ecosystema de Software (ECOS), do inglês *Software Ecosystem*, que diferencia a “vertical” da pecuária sob um conceito de IoT mais amplo, com diferentes requisitos, aplicações, público-alvo e estratégia. A pecuária, ao trabalhar, entre outros aspectos, com seres vivos como parte de seu processo de produção, apresenta a necessidade de requisitos e aplicações notadamente diferenciadas de outras atividades de produção. O ECOS LIoT visa integrar as camadas tecnológicas de uma arquitetura de IoT – quais sejam, as camadas de dispositivos, rede, suporte a serviços e aplicações e, ainda, a camada de segurança da informação – aos serviços e *outcomes* necessários à pecuária. O ECOS LIoT cria e estrutura recursos e serviços que permitem capturar, armazenar e interpretar dados, promovendo a tomada de decisão inteligente a partir da integração entre a pecuária de precisão e a inteligência computacional. Este texto apresenta fundamentos e preceitos básicos para tornar o ECOS LIoT uma realidade.

Palavras-chave: ecossistema de software; IoT; transformação digital; pecuária de precisão; sistema de produção pecuária.

ABSTRACT

Digital agriculture caused the emergence of enabling technologies, such as the Internet of Things (IoT), which are essential for the digital transformation of livestock. More recently, with this revolution, new assumptions were adopted by society, which began to value not only the product but also the need to know its authenticity and origin, the form, and conditions for obtaining it, even if it may cause social or environmental damage. Society began to require environmental, social, and corporate governance practices from production processes, demanding a broad vision from livestock and new deliveries in addition to producing food with animal protein. Computer Science, more specifically focused on Software Engineering, seeks technologies that can be applied to contemporary problems in the IoT environment. In this scenario, the need arises to create LIoT or Livestock IoT, a Software Ecosystem (ECOS) that differentiates the livestock vertical under a broader IoT concept with different

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000064>

 Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença *Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.

requirements, applications, target audiences, and strategies. When working with living things as part of its production process, Livestock presents the need for requirements and applications that are notably different from other production activities. ECOS LIoT aims to integrate the technological layers of an IoT architecture – such as the device, network, service, application support layers, and information security layer – with the services and outcomes necessary for livestock. ECOS LIoT creates and structures resources and services that allow data to be captured, stored, and interpreted, promoting intelligent decision-making based on the integration between precision livestock and computational intelligence. This text presents fundamentals and basic precepts to make ECOS LIoT a reality.

Keywords: software ecosystem; IoT; digital transformation; precision livestock farming; livestock production system.

1 INTRODUÇÃO

Uma das conclusões do painel “Tiraremos leite de pedra ou choraremos o leite derramado? A Engenharia de Software na era da digitalização e manufatura total”, parte do VIII Congresso Brasileiro de Software, foi a de que a Engenharia de Software não apresentava as tecnologias necessárias para o desafio da transformação digital no âmbito da Quarta Revolução Industrial (Arbex et al., 2017).

No caso específico, a pecuária, entre outros aspectos, ao trabalhar com seres vivos como parte de seu processo de produção apresenta a necessidade de requisitos e aplicações notadamente diferenciadas das de outras atividades de produção.

O Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite (Embrapa Gado de Leite) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) inaugurou em 2020 um sistema de produção de leite com confinamento dos animais em um *compost barn* ou, em tradução livre, “estábulo com compostagem”, sendo este sistema denominado “Vacas e Pessoas Felizes”.

O *compost barn* é um sistema de confinamento de animais, nesse caso vacas para produção de leite, que tem como principais objetivos a melhoria do conforto e do bem-estar dos animais. Assim, como consequência direta, promove o aumento da produtividade do rebanho (Silano; Santos, 2012). Por ser um sistema de confinamento, então com possibilidade de controle e medição de diversos parâmetros relativos aos animais, ao ambiente e à produção de leite, quer seja com o uso de sensores ou outros dispositivos e sistemas com acesso à Internet, este grupo de estudos e pesquisa iniciou o desenvolvimento do projeto “e-Livestock – Pecuária Digital de Decisão” no âmbito do programa de bolsas Residência Zootécnica Digital da Embrapa Gado de Leite. Por sua vez, o e-Livestock integra-se às ações propostas pela Rede de Agricultura de Precisão (Rede AP) da Embrapa.

O conceito de IoT foi introduzido por Kevin Ashton em 1999, como relatado pelo próprio em Ashton (2009), em relação à vinculação de identificação por radiofrequência (RFID) para cadeias de suprimentos

para Internet (Villa-Henriksen et al., 2020), mas não apresenta uma definição sobre IoT. Está também relacionado a ligação de uma rede de “objetos” através da Internet sem intervenção humana direta. A aplicação da IoT na agricultura e na pecuária é vantajosa devido à possibilidade de monitorar e controlar muitos parâmetros diferentes em um contexto interoperável, escalável e aberto com um uso crescente de sensores automatizados (Villa-Henriksen et al., 2020). Uns dos objetivos da aplicação da IoT na pecuária é trazer maior acurácia no uso das informações para tomada de decisão.

Um ECOS, por definição, consiste em um conjunto de atores e artefatos, internos e externos a uma organização ou comunidade, que interagem sobre uma plataforma tecnológica comum (Bosch, 2009). Assim, a abordagem de construção de um ECOS provoca impactos em modelos de negócios e nas várias decisões que permeiam o ciclo de vida do software, quer sejam relativos a modelos de arquitetura, de governança ou colaboração. Neste sentido, o uso de dispositivos IoT integrados a um ECOS voltado para modelos de negócios relacionados à pecuária pode trazer benefícios, considerando-se que as diversas aplicações integradas ao ECOS podem usufruir das informações advindas dos dispositivos IoT e, mais ainda, a partir dessas informações e da integração das aplicações do ECOS, prover uma visão holística dos modelos de negócio relacionados à pecuária.

Nesse sentido, a proposta do projeto e-Livestock é desenvolver uma plataforma ECOS, denominada LIoT, para capturar, armazenar e interpretar dados, considerando um conjunto de aplicações que compartilham essa plataforma. O LIoT permite então uma visão integrada das informações e dos serviços promovidos pela plataforma, criando uma visão integrada e holística do modelo de negócios na pecuária. Com isso, promove a tomada de decisão inteligente no trato dos animais e, como consequência, a execução de eventos automatizados.

Este capítulo apresenta os principais conceitos relacionados ao desenvolvimento do ECOS LIoT e detalha os próximos passos a serem desenvolvidos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Um Ecosistema de Software (ECOS), de maneira geral, pode ser considerado um conjunto de soluções e serviços integrados, que compartilham um mesmo mercado, recursos e outras soluções de software, e de atores que compartilham e aproveitam informações na rede de aplicações e compartilhamento de dados formada. Portanto, ECOSs são ambientes que permitem uma maior gama de soluções de software que atendam aos usuários. Além das vantagens de atender às demandas dos usuários, outras vantagens podem ser obtidas estabelecendo-se um ECOS em torno de uma plataforma de software (Bosch, 2009), tais como:

- Maior valor dos recursos oferecidos;
- Maior atratividade para novos usuários;
- Maior aderência à plataforma;
- Acelerar a inovação através da co-inovação;
- Colaboração com parceiros para compartilhar os custos de inovação;
- Oferecer soluções criadas por desenvolvedores externos para a plataforma;
- Oferecer custos reduzidos de aquisição e manutenção de recursos desenvolvidos por colaboradores externos.

Para isso, a construção da plataforma do ecossistema deve considerar alguns atributos de qualidade. A arquitetura da plataforma do ecossistema necessita de acréscimos de módulos para atender às necessidades de novos parceiros e demandas por tecnologias para o *compost barn*, i.e., extensibilidade. Portanto, a facilidade com que as arquiteturas expandem para reutilizar novos módulos e para ampliar a sua longe-

vidade é importante para que os sistemas que fazem parte do ecossistema atendam prontamente aos requisitos funcionais dos usuários.

Por outro lado, o *compost barn* necessita evoluir em termos de tamanho em relação ao espaço físico, às funcionalidades, e à variedade de tipos de dados que necessitam ser coletados, i.e., escalabilidade. Nesse sentido, diferentes sensores necessitam ser instalados para tratar os requisitos funcionais e a quantidade de animais que transitam no *compost barn*. Ao oferecermos uma arquitetura que se adapta a esta diversidade, o ecossistema pode evoluir, atender a diferentes contextos nas fazendas e permitir que outros sítios possam interoperar e colaborar, i.e., interoperabilidade. Como resultado, decisões para a saúde animal podem ser tomadas baseadas nas experiências adquiridas em outros momentos.

Nesse aspecto, um ECOS relacionado à pecuária pode trazer vantagens estratégicas para o modelo de negócio, ainda mais se considerarmos o uso de dispositivos IoT integrados, permitindo o compartilhamento de informações. Neste trabalho, essa perspectiva é investigada considerando o sistema *compost barn* com o uso de dispositivos IoT integrados ao sistema e a abordagem de uma plataforma de ECOS, para captura, processamento e análise integrada dos dados e compartilhamento das informações entre os diversos serviços promovidos pela plataforma.

A Figura 1 apresenta uma visão geral e abstrata de um ECOS voltado para pecuária de confinamento, na qual dispositivos IoT são integrados ao sistema de forma a capturar dados relacionados (Gomes et al., 2023). O LIoT (Livestock IoT) ECOS tem como objetivo prover esta plataforma integrada em que o uso integrado de dados e serviços possa ser provido.

A plataforma é dividida em cinco camadas principais. Cada camada provê um conjunto de serviços

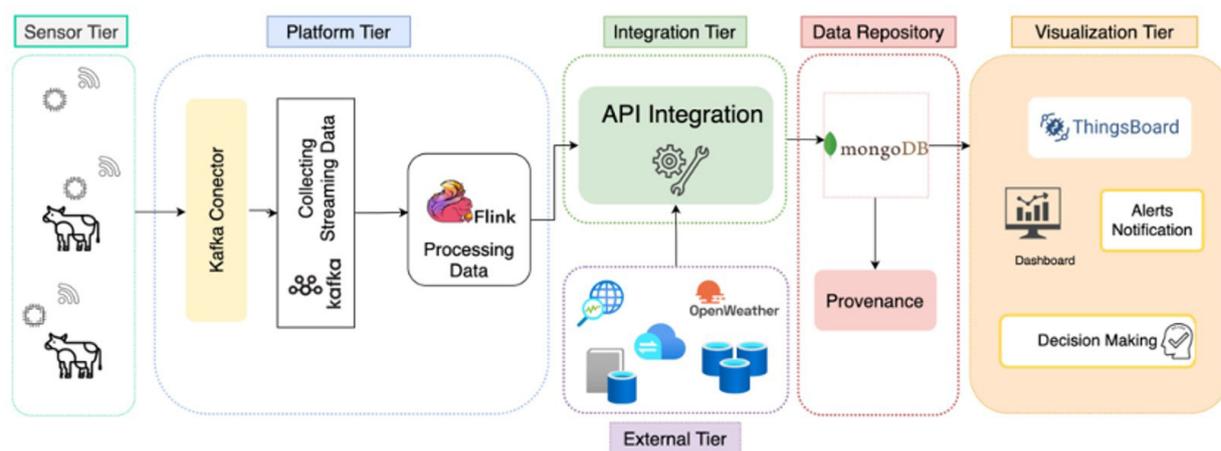


Figura 1. Visão geral da plataforma LIoT.

específicos para suporte a aplicações relacionadas. A primeira consiste na coleta do *streaming* de dados dos dispositivos de IoT em tempo real. A camada de processamento gerencia e processa os dados coletados, promovendo uma visão integrada deles a partir do interrelacionamento dos dados advindos dos diferentes dispositivos. A camada de integração tem o papel de agregar os dados de serviços externos e do contexto, como, por exemplo, dados meteorológicos e previsões de tempo. A camada de serviços externos compreende outras fontes, bases de dados e serviços. E, por fim, a camada de visualização, que tem como objetivo permitir que aplicações possam utilizar os serviços providos pela plataforma como forma de auxiliar na tomada de decisão. Todas as cinco camadas são apresentadas a seguir:

- **Camada de *streaming* de dados:** agrega todos os sensores presentes no espaço físico dos *compost barn*, sejam dispositivos instalados em animais ou no ambiente. Além dos dados advindos dos dispositivos de IoT, dados de diferentes fontes e serviços e com diferentes naturezas podem ser agregados, incluindo arquivos de texto e planilhas. Para a coleta dos dados de *streaming*, utilizamos um *wrapper* específico, representado na Figura 1 como “Kafka Conector”. Este *wrapper* faz uma interface para entrada de dados no sistema. Diferentes dispositivos e serviços podem ser integrados a esta camada, como serviços externos de dados ambientais e serviços para processamento seletivo de dados;
- **Camada de processamento:** camada responsável por processar os dados coletados e integrá-los, considerando o relacionamento entre eles. Esta camada pode utilizar serviços específicos como processamento ontológico ou uso de algoritmos inteligentes para a integração dos dados, gerando conhecimento novo. Assim, podem fazer parte dessa camada serviços de processamento de ontologias, serviços relacionados ao processamento de algoritmos de Machine Learning, entre outros;
- **Camada de integração:** esta parte é responsável por receber e integrar os dados processados pelos sensores. A camada de integração também pode agregar informações de outros repositórios, serviços e APIs externas. A principal vantagem desta camada é poder integrar e armazenar dados heterogêneos de maneira integrada, provendo uma visão holística deles, de forma a serem utilizados pelos serviços e aplicações da plataforma. Esta camada também está relacionada com a rastreabilidade dos dados, uma vez que os dados serão agregados e armazenados, permitindo verificar sua origem e o proces-

so pelo qual o dado foi transformado. Isso garante maior confiabilidade à plataforma como um todo;

- **Camada de fontes externas:** esta camada representa serviços externos, bases de dados, bases históricas, redes sociais e quaisquer fontes externas de dados que possam ser utilizadas para agregar aos dados coletados pela camada de *streaming*. A partir desta camada, novas fontes podem ser utilizadas pela plataforma. Ao agregar redes sociais, por exemplo, é possível promover os serviços da plataforma de maneira direcionada, considerando possíveis novos usuários e serviços relacionados a algum tipo de produção agrícola;
- **Camada de visualização:** esta camada engloba serviços e aplicações para auxiliar na visualização integrada das informações e na tomada de decisão. É possível analisar e interpretar os dados em diferentes granularidades de tempo. Além disso, diferentes serviços podem ser agregados, com o uso de *dashboards* e aplicações inteligentes auto adaptativas, que podem gerar, por exemplo, alertas para o usuário sobre eventos críticos, como, por exemplo, possíveis surtos de doenças ou alertas sobre possíveis inundações ou até mesmo possíveis problemas nutricionais dos animais, entre outros.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando um conjunto de dados de temperatura e umidade do *compost barn*, pode-se analisar alguns resultados iniciais do uso da plataforma. Ao agregar dados dos sensores juntamente com dados de sensores do ambiente, foi possível apresentar uma visão integrada das informações. A partir dessa visão integrada, o uso de *dashboards* permitiu uma análise detalhada das informações. Além disso, a partir de notificações de alertas específicos, considerando a temperatura do ambiente, os pesquisadores/produtores são capazes de tomar decisões rapidamente e ainda ter uma visão geral do ambiente que está sendo monitorado. Por exemplo, foi possível disparar alarmes com base em regras, tal como “o dispositivo ‘A’ realiza uma leitura de temperatura de 27 °C que ultrapassa o limite definido, então é gerado um alerta de ‘Alta temperatura’”. Cada alarme tem uma gravidade que pode ser definida como Crítica, Principal, Secundária, Aviso ou Indeterminada (classificada por prioridade em ordem decrescente). Os profissionais responsáveis pelo *compost barn* puderam, então, receber notificações de alerta via SMS e e-mail.

Foi possível perceber que a plataforma atende satisfatoriamente ao objetivo de processar os dados do *compost barn*. Os produtores, ao visualizarem dados do

contexto, como previsão climática, podem fazer ajustes mais sofisticados na temperatura do ambiente do *compost barn*, evitando mudanças bruscas que podem afetar a produção dos animais. Assim, tem-se indícios de que a plataforma auxilia na tomada de decisões por meio da combinação de dados de sensores com dados de contexto que podem ser exibidos em gráficos e gerar notificações automáticas. O compartilhamento das informações entre os serviços e aplicativos da plataforma pode melhorar o modelo de negócios da pecuária como um todo.

As decisões no agronegócio precisam ser tomadas considerando a grande diversidade de informações e dispositivos presentes. Além do mais, informações de contexto muitas vezes não são utilizadas, devido à complexidade de integrar dados heterogêneos. Uma plataforma de ECOS pode ajudar a solucionar esses problemas de coleta, processamento e visualização de dados em tempo real para apoiar a tomada de decisão. Ainda, com o uso de uma camada de integração é possível melhorar as decisões com informações externas e dados de outras fontes de dados, históricos e de redes sociais.

4 CONCLUSÕES

Este capítulo apresentou uma plataforma para um Ecossistema de Software, denominada LIoT, desenvolvida sob o conceito de IoT mais amplo considerando diferentes requisitos, aplicações e públicos-alvos externos.

Esta plataforma apresenta algumas camadas que englobam alguns serviços, como: *streaming* de dados dos dispositivos de IoT em tempo real; gerenciamento de dados coletados em tempo real; suporte à integração de dados de diferentes dispositivos de IoT externos; visualização de dados para o suporte à tomada de decisões; e uma camada para a integração de outros sistemas externos à plataforma.

Ao possibilitar a coleta e processamento dos dados obtidos do *compost barn*, percebe-se que eles permitem aos produtores a realização de “ajustes” mais sofisticados no processo de produção, com o objetivo de gerenciar informações para a tomada de decisões em seus sistemas de produção pecuária.

O presente trabalho está em desenvolvimento e suas próximas fases vão exercitar aspectos de extensibilidade, escalabilidade e interoperabilidade no que tange aos aspectos técnicos relativos à continuidade de ampliação do desenvolvimento LIoT.

Contudo, no que concerne aos aspectos dos conceitos sobre os quais se apoia, a abrangência do LIoT deve, ainda, ser integrada aos Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável (ODS) propostos pela ONU (Organização das Nações Unidas, 2015, 2018) como uma ampliação da ótica ESG já incorporada.

Os ODS, entre outras questões, propõem processos e sistemas de produção que, por exemplo, não sejam agressivos ao ambiente ou ao clima.

AGRADECIMENTOS

Face aos recursos que estão permitindo a realização deste trabalho, os autores agradecem à Embrapa Gado de Leite, à Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), à Universidade Federal de Goiás (UFG), à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ARBEX, W.; SOARES, S.; GARCIA, A.; MACHADO, I.; ANDRADE, R. Painel CBSOFT/SBES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOFTWARE, 8., 2017, Fortaleza. **Proceedings [...]**. Fortaleza: UFC, 2017. Disponível em: <http://www.lia.ufc.br/~cbsoft2017/painelcbsoft/>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- ASHTON, K. That “Internet of Things” Thing. **RFID Journal**, v. 22, p. 97-114, 2009.
- BOSCH, J. From software product lines to software ecosystems. In: INTERNATIONAL SOFTWARE PRODUCT LINE CONFERENCE – SPLC ‘09, 13., 2009, Cidade. **Proceedings [...]**. San Francisco: Editora ACM, 2009. p. 111-119.
- GOMES, J.; ESTEVES, I.; GRACIANO NETO, V. V.; DAVID, J. M. N.; BRAGA, R.; ARBEX, W.; KASSAB, M.; OLIVEIRA, R. F. A scientific software ecosystem architecture for the livestock domain. **Information and Software Technology**, v. 160, pp. 107240, 2023.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wpcontent/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**, 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- SILANO, C.; SANTOS, M. V. Você sabe o que é um Compost Barn? **Leite Integral**, 2012. Disponível em: <https://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/voce-sabe-o-que-e-um-compost-barn>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- VILLA-HENRIKSEN, A.; EDWARDS, G. T. C.; PESONEN, L. A.; GREEN, O.; SORENSEN, C. A. G. Internet of things in arable farming: implementation, applications, challenges and potential. **Biosystems Engineering**, v. 191, p. 60-84, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.12.013>.