

Adoção da Internet das Coisas (IoT) na agropecuária: uma revisão sistemática sobre as possibilidades de adoção no ambiente produtivo rural brasileiro

Internet of Things (IoT) adoption in agriculture: a systematic review on adoption possibilities in the Brazilian rural productive environment

Adopción del Internet de las Cosas (IoT) en la agricultura: una revisión sistemática sobre las posibilidades de adopción en el entorno productivo rural brasileño

Eduardo Corneto Silva¹

Márcia Maria dos Santos Bortolucci Espejo¹

Recebido em: 31/03/2023; revisado e aprovado em: 18/09/2024; aceito em: 05/10/2024

DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v25i4.4024>

Resumo: A adoção de inovações tecnológicas, como a Internet das Coisas, no espaço rural torna-se uma ferramenta promissora para a promoção do desenvolvimento produtivo local de forma mais eficiente e ambientalmente sustentável. Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo destacar as atividades agropecuárias que podem se beneficiar da adoção da Internet das Coisas (IoT), explorando o *corpus* de pesquisa sobre o tema. Como método de investigação, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, contemplando toda a publicação disponível até o presente momento. As palavras-chave utilizadas para busca de pesquisas nas bases citadas são o próprio termo, Internet das coisas, e palavras relacionadas às atividades agropecuárias da agricultura, pecuária, pesca e silvicultura. Após a aplicação dos critérios de filtragem e seleção, a amostra final de análise foi constituída por 68 artigos, que tiveram suas informações caracterizadas e analisadas. Como conclusões, são apresentados os *journals* que mais publicaram dentro do tema estudado, tendo destaque o *Computers and Electronics in Agriculture*. Os artigos estão, em sua maioria, direcionados a atividades da agricultura, sendo 45 pesquisas que contemplam esta atividade produtiva, destacando-se os países Índia e China como maiores *players* de mercado nesta área. Um importante resultado desta investigação é a categorização das pesquisas por domínio de aplicação da inovação, destacando-se os domínios de monitoramento, controle, previsão e logística, nesta ordem de prioridade. Os achados contribuem teoricamente para o levantamento do estado da arte sobre pesquisas que tratam da utilização da IoT na agropecuária, servindo de fonte de literatura para futuras pesquisas. Como contribuições para a prática, este artigo traz informações diversas sobre as diferentes possibilidades de inserção desta tecnologia dentro das propriedades rurais brasileiras, colaborando com o desenvolvimento produtivo local e ajudando a suprir necessidades atuais e urgentes.

Palavras-chave: Internet das Coisas; agricultura de precisão; pecuária de precisão; agropecuária; revisão sistemática de literatura.

Abstract: The adoption of technological innovations, such as the Internet of Things, in rural areas becomes a promising tool for promoting local productive development in a more efficient and environmentally sustainable way. In this context, this research aims to highlight the agricultural activities that can benefit from the adoption of the Internet of Things (IoT), exploring the corpus of research on the subject. As an investigation method, a Systematic Literature Review (SLR) was carried out in the Scopus and Web of Science databases, covering all publications available to date. The keywords used to search for searches in the aforementioned databases are the term itself, Internet of Things, and words related to agricultural activities in agriculture, livestock, fishing and forestry. After applying the filtering and selection criteria, the final analysis sample consisted of 68 articles whose information was characterized and analyzed. As conclusions, the journals that most published within the subject studied are presented, with emphasis on "Computers and Electronics in Agriculture". The articles are mostly directed to agricultural activities, with 45 researches that contemplate this productive activity, highlighting the countries India and China as the largest market players in this area. An important result of this investigation is the categorization of research by domain of application of innovation, highlighting the domains of monitoring, control, prediction and logistics, in this order of priority. The findings theoretically contribute to the survey of the state of the art on research dealing with the use of IoT in agriculture, serving as a source of literature for future research. As contributions to the practice, this article brings diverse

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

information about the different possibilities of inserting this technology within Brazilian rural properties, collaborating with local productive development and helping to meet current and urgent needs.

Keywords: Internet of Things; precision agriculture; precision livestock; agriculture; systematic literature review.

Resumen: La adopción de innovaciones tecnológicas, como el Internet de las Cosas, en las zonas rurales, se convierte en una herramienta prometedora para promover el desarrollo productivo local de una forma más eficiente y ambientalmente sostenible. En este contexto, esta investigación tiene como objetivo destacar las actividades agrícolas que pueden beneficiarse de la adopción de la Internet de las Cosas (IoT), explorando el corpus de investigación sobre el tema. Como método de investigación se realizó una Revisión Sistemática de Literatura (SLR) en las bases de datos Scopus y Web of Science, abarcando todas las publicaciones disponibles hasta la fecha. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda de búsquedas en las bases de datos antes mencionadas son el término mismo, Internet de las Cosas, y palabras relacionadas con las actividades agrícolas en agricultura, ganadería, pesca y silvicultura. Luego de aplicar los criterios de filtrado y selección, la muestra final de análisis estuvo conformada por 68 artículos cuya información fue caracterizada y analizada. Como conclusiones se presentan las revistas que más publicaron dentro de la temática estudiada, con énfasis en “Computadoras y Electrónica en la Agricultura”. Los artículos en su mayoría están dirigidos a las actividades agrícolas, con 45 investigaciones que contemplan esta actividad productiva, destacando los países India y China como los mayores actores del mercado en esta área. Un resultado importante de esta investigación es la categorización de la investigación por dominio de aplicación de la innovación, destacando los dominios de seguimiento, control, predicción y logística, en este orden de prioridad. Los hallazgos contribuyen teóricamente al estudio del estado del arte de la investigación relacionada con el uso de IoT en la agricultura, sirviendo como fuente de literatura para futuras investigaciones. Como contribuciones a la práctica, este artículo trae informaciones diversas sobre las diferentes posibilidades de insertar esta tecnología en las propiedades rurales brasileñas, colaborando para el desarrollo productivo local y ayudando a satisfacer las necesidades actuales y urgentes.

Palabras clave: Internet de las Cosas; agricultura de precisión; ganadería de precisión; agricultura; revisión sistemática de la literatura.

1 INTRODUÇÃO

A população mundial tem crescido de maneira acelerada nos últimos anos, aumentando proporcionalmente o consumo de alimentos e, por consequência, a pressão sobre os produtores agropecuários para se produzir mais e melhor (Gsangaya *et al.*, 2020; Negrete, 2018). Entre as possibilidades para aumentar a produção de alimentos de forma eficiente e sustentável está a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's), como a *Internet of Things* (IoT), ou, em português, “Internet das Coisas” (Kagan *et al.*, 2022; Negrete, 2018; Talavera *et al.*, 2017).

IoT pode ser entendida como uma infraestrutura de rede global composta por diversos dispositivos e objetos “coisas” que dependem de conexão em rede ou rádio frequência para, de forma independente, processarem informações e comunicarem-se com outros dispositivos e sensores (Tan; Wang, 2010). A visão principal que dá força para essa tecnologia é o impacto positivo que ela terá sobre várias atividades cotidianas e para os processos de produção em geral (Li; Da Xu; Zhao, 2015; Pillai; Sivathanu, 2020).

Tendo conhecimento dos benefícios que a IoT pode trazer para sua economia, países como Estados Unidos da América (EUA), China, Inglaterra e Brasil estão investindo altos recursos financeiros e intelectuais nesta tecnologia, ao ponto de os EUA listarem a IoT como uma das seis tecnologias civis disruptivas que podem impactar diretamente o poder do país, e de o governo brasileiro lançar o estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil”, a fim de identificar as principais atividades nacionais que podem se beneficiar da sua adoção (Brasil, 2017; Gershenfeld; Krikorian; Cohen, 2004).

A aplicação e o estudo sobre a adoção da Internet das Coisas na indústria 4.0 estão mais avançados do que o entendimento e a utilização dela no ambiente rural (Negrete, 2018;

Wollschlaeger; Sauter; Jasperneite, 2017). Entretanto, um campo diversificado e amplo como esse fornece diferentes possibilidades para que novas tecnologias possam tornar as atividades rurais mais eficientes, inteligentes e ecologicamente sustentáveis (Balamurugan *et al.*, 2016; Corallo *et al.*, 2018).

À medida que os desafios de insegurança alimentar e a explosão populacional se apresentam mais urgentes, faz-se necessário e imperativo renovar os sistemas existentes de criação e manejo animal (Hamadani; Ganai, 2022; Lovarelli *et al.*, 2022). Isso pode ser alcançado introduzindo tecnologias como a IoT para melhoria e o aumento da eficiência produtiva nacional (Symeonaki *et al.*, 2022), tanto é que pesquisadores da Embrapa Gado de Corte, uma das unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, citam, em estudo sobre as megatendências da cadeia produtiva da pecuária de corte brasileira, que a IoT tem potencial para ajudar a suprir o aumento da demanda por alimentos e se tornar um dos principais motores de mudança no agronegócio brasileiro até 2040 (Malafaia *et al.*, 2021).

Diferentes possíveis aplicações da IoT no ambiente rural são destacadas na literatura. Por exemplo, na agricultura, o uso dela pode abranger aplicações no monitoramento das condições ambientais, no controle de pragas, no crescimento de cultivares, na umidade do solo, na qualidade do grão, entre outros (Jiao *et al.*, 2014; Pillai; Sivathanu, 2020); já na pecuária, é possível encontrar a IoT em sistemas voltados para monitoramento dos animais, controle de parasitas e ganho de peso (Hao *et al.*, 2017; Pereira *et al.*, 2020).

Estudos indicam a importância e as vantagens que a IoT pode trazer para as atividades agropecuárias, no entanto, tal novidade ainda levanta dúvidas aos tomadores de decisão, que ponderam quanto às possibilidades de aplicação dessa tecnologia nas atividades do dia-a-dia e ao impacto dela para a inovação e o desenvolvimento local (Corallo *et al.*, 2018; Jayashankar *et al.*, 2018). Diante desta problemática, este artigo tem como objetivo destacar as atividades agropecuárias que podem se beneficiar da adoção da Internet das Coisas (IoT).

Como método de pesquisa, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), que seguiu, para cumprimento das etapas de pesquisa, uma combinação da estrutura proposta por Suess-Reyes e Fuetsch (2016) e Talavera *et al.* (2017). O protocolo geral para realização da RSL está descrito na seção de metodologia. A busca de artigos foi realizada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. Após serem aplicados os critérios de filtragem e seleção, a amostra final de análise foi constituída por 68 pesquisas.

Este artigo tem como contribuição teórica a síntese e análise de trabalhos que tratam da utilização da IoT na agropecuária, trazendo uma visão adicional sobre o estado da arte. Como contribuição para a prática, o artigo lança luz em diferentes possibilidades de utilização da Internet das Coisas na produção rural brasileira, podendo ela ser adotada em práticas ligadas ao monitoramento, controle, à predição e à logística dentro das propriedades rurais. Estas informações podem colaborar com o desenvolvimento produtivo local, ajudando a suprir necessidades atuais e urgentes, como a de se produzir mais de maneira sustentável e eficiente.

A estrutura deste artigo está definida como segue: a introdução apresenta a problemática de pesquisa e o objetivo; em seguida, é apresentado um breve referencial teórico sobre o tema pesquisado; o capítulo de metodologia demonstra o planejamento e a condução realizados para desenvolvimento da RSL; na seção de resultados, são abordados os dados descritivos da amostra analisada e as soluções tecnológicas para a agropecuária trazidas pelos artigos analisados. Por fim, são apresentadas as conclusões e contribuições da pesquisa.

2 INTERNET DAS COISAS E SUA APLICAÇÃO NO AMBIENTE RURAL

A Internet das Coisas se destaca como uma das principais tecnologias da informação e comunicação aplicadas ao ambiente produtivo (Da Xu; He; Li, 2014; Kagan *et al.*, 2022). A IoT representa a evolução em número e tipo de dispositivos tecnológicos já existentes, a fim de gerar um ambiente onde sensores e atuadores conectados são incorporados ao nosso redor (Gubbi *et al.*, 2013; Whitmore; Agarwal; Da Xu, 2015).

“Internet das Coisas” vem da união de duas palavras “internet” e “coisas” que, juntas, ganham um significado de inovação disruptiva no cenário das tecnologias da informação e comunicação (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Li; Da Xu; Zhao, 2015). A internet é definida por Madakam, Ramaswamy e Tripathi (2015) como um sistema global de redes de computadores, públicos, privados, acadêmicos, empresariais e governamentais que funcionam por meio de protocolos padrão da internet. Por sua vez, “coisas”, dentro da lente da IoT, podem ser quaisquer objetos ou seres vivos que possam ser distinguidos por meio de endereçamentos únicos (Madakam; Ramaswamy; Tripathi, 2015).

Ao embutir inteligência em objetos do cotidiano, estes itens físicos se transformam em objetos inteligentes que coletam informações do ambiente, interagem com o mundo físico e também com outros dispositivos (Borgia, 2014; Mattern; Floerkemeier, 2010). Estes objetos conectados formam, em torno de nós, uma variedade de coisas que, por meio de sensores, geram uma grande quantidade de dados que precisam ser armazenados, processados e apresentados, de forma a auxiliar nas tomadas de decisões e na melhoria da qualidade de vida das pessoas (Gubbi *et al.*, 2013).

As áreas de aplicação onde a IoT pode ser inserida são tão numerosas quanto diversas, pois boa parte das áreas que rodeiam o nosso dia a dia estão interessadas e são passíveis da utilização dela em alguma escala (Wortmann; Flüchter, 2015). Quando se olha para o ambiente rural, a IoT é apontada como uma das tecnologias disruptivas, o carro-chefe, na agropecuária 4.0, sendo possível seu emprego para ações de monitoramento, controle, predição e logística de diferentes atividades produtivas (Carraro; Godinho Filho; De Oliveira, 2019; Talavera *et al.*, 2017).

A IoT no ambiente rural torna-se uma tecnologia promissora para fundamentar as fazendas inteligentes, pois devido aos vários dados que são adquiridos, processados, gerenciados e disseminados, as propriedades conseguem integrar sistemas e serviços de forma a tornarem seus processos mais eficientes (Arvanitis; Symeonaki, 2020). Além disso, a IoT serve como base para o surgimento de novos sistemas de informações para gestão de fazendas, os quais permitirão que elas se tornem nós ativos nas cadeias de valor agrícolas (Arvanitis; Symeonaki, 2020).

3 METODOLOGIA

O protocolo de trabalho elaborado para o desenvolvimento da Revisão Sistemática de Literatura (RSL) contempla os seguintes elementos: questão de pesquisa, estratégia de pesquisa, critérios para inclusão e exclusão dos artigos e a estrutura de análise e de apresentação dos resultados. A questão de pesquisa definida para esta RSL é “Quais possibilidades de utilização a Internet das Coisas (IoT) possui em atividades agropecuárias brasileiras?”.

Para busca de artigos que compõem a amostra textual analisada, foram escolhidos os repositórios científicos *Web of Science* e *Scopus*. Estes repositórios são amplamente utilizados em revisões sistemáticas devido à quantidade de revistas e eventos indexados, possibilitando

um universo de pesquisa abrangente. A definição das palavras-chave para busca automática nos repositórios foi composta por dois grupos, conforme observado no Quadro 1. O Grupo 1 é formado pelo termo *Internet of Things* e o Grupo 2 por palavras relacionadas às atividades agropecuárias da agricultura, pecuária, silvicultura e pesca (Barros; Silva; Fachinello, 2014). Foram utilizados, também, os termos ‘agricultura de precisão’ e ‘pecuária de precisão’, pois aparecem com frequência em pesquisas desta temática.

Ambos os grupos foram compostos por palavras na língua inglesa, pois repositórios científicos pesquisados têm, em sua maioria, artigos que apresentam, no mínimo, o título e resumo em inglês. A operação lógica para busca avançada de artigos foi realizada por uma *string* de pesquisa que combinou os termos presentes nos dois grupos de palavras-chave, Quadro 2.

Quadro 1 – Palavras-chave usadas para busca nos repositórios científicos

Grupo 1:
<i>Internet of Things</i>
Grupo 2:
<i>Agricultural, agriculture, farming, precision agriculture, livestock, husbandry, precision livestock, forestry, silviculture and fishing.</i>

Fonte: Elaborada pelos autores.

Quadro 2 – *String* utilizado para busca nos títulos, resumo e palavras-chave

<i>TITLE-ABS-KEY: ("Internet of Things") AND ("agricultural OR agriculture OR farming OR precision agriculture OR livestock OR husbandry OR precision livestock OR forestry OR silviculture OR fishing")</i>
--

Fonte: Elaborada pelos autores.

Filtros primários foram utilizados durante o processo de busca dos arquivos nos repositórios científicos, a fim de reduzir o número de artigos gerados, bem como aprimorar a seleção, de forma a melhor responderem à questão de pesquisa. Os filtros são apresentados a seguir: documentos precisavam ser artigos publicados em *journals*; os artigos deveriam estar publicados em inglês, espanhol ou português e; a área de publicação deveria ser uma das grandes áreas pré-definidas pelos repositórios científicos: Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciências Agrícolas e Biológicas; Economia, Econometria e Finanças ou; Multidisciplinar.

Os critérios para inclusão e exclusão dos artigos, na amostra final, foram desenvolvidos e aplicados sobre título, resumo e palavras-chave. Como critérios de inclusão, foram definidos: pesquisas que apresentem a utilização da IoT em alguma atividade agropecuária e pesquisas que apresentem e testem empiricamente um artefato (tecnologia) que apoie a utilização da IoT na agropecuária.

Para exclusão do artigo da amostra final, o documento deveria atender a um dos critérios apresentados: pesquisas fora de uma das atividades agropecuárias estabelecidas; artigo teórico ou sem acesso disponível para *download*; artigo duplicado; artigo que não trate diretamente da IoT e; artigo que somente desenvolva um artefato baseado em IoT, sem teste empírico.

A análise das pesquisas foi composta pela extração das seguintes informações: autores, ano de publicação, *journal* publicado, setor/atividade da agropecuária ao qual a tecnologia está vinculada, países de estudo e os domínios de aplicação principais à qual a inovação se aplica. Os domínios de aplicação do artefato, baseado em IoT, seguem um agrupamento proposto por

Talavera *et al.* (2017): Controle, Monitoramento, Predição ou Logística. No entanto, ficou aberta a possibilidade de inserção de algum domínio que poderia emergir da análise dos trabalhos.

Tendo como base o protocolo de pesquisa apresentado, foram realizadas as buscas na *Web of Science* e *Scopus* em janeiro de 2023. A *string* de pesquisa, no Quadro 2, foi inserida no campo de busca, sendo limitada ao título, resumo e às palavras-chave dos artigos. Foram pesquisados artigos publicados até o ano de 2022, em razão de a busca ter ocorrido no primeiro mês de 2023.

A busca sistemática resultou na identificação primária de 13.151 documentos, sendo 5.107 na base *Web of Science* e 8.044 na *Scopus*. Nesta primeira etapa, foram aplicados os filtros estabelecidos: idioma, área de publicação e tipo de arquivo. Como resultado, foram excluídos 12.344 arquivos, restando para a próxima etapa, seleção, 807 artigos (505 na base *Scopus* e 302 na *Web of Science*).

Na etapa de seleção para inclusão na amostra final, os estudos remanescentes tiveram seus resumos lidos por dois pesquisadores, e os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados. O primeiro critério de exclusão, artigos duplicados, resultou na eliminação de 192 trabalhos; artigos fora da agropecuária foram 75; foram identificados 101 trabalhos apenas teóricos; sem acesso disponível para *download*, foram 27 e; 68 artigos não tratavam diretamente da IoT. Por fim, o critério que resultou na exclusão do maior número de trabalhos, 276, foi de artigos que somente desenvolveram um artefato baseado em IoT, sem teste empírico. Ao final, 68 artigos compuseram a amostra utilizada para análise.

Figura 1 – Distribuição de artigos selecionados por ano de publicação



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Figura 1, é demonstrada a distribuição, por ano de publicação, dos artigos que fazem parte da amostra analisada. Como é observado, a maior parte dos artigos são dos últimos quatro anos, sendo um destaque a quantidade de artigos selecionados no ano de 2020. Esse fato evidencia a atualidade do tema e o interesse por realizar pesquisas sobre esse assunto dentro da academia.

4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados, com base na amostra selecionada, os resultados da RSL que permitem, além de responder à questão de pesquisa e objetivo do estudo, visualizar, mesmo que de forma restrita, o cenário atual de pesquisa sobre a IoT na agropecuária.

4.1 Dados descritivos da amostra de artigos selecionados

Ao analisar os *journals* em que os artigos selecionados foram publicados, apontados no Quadro 3, é possível observar que 24 artigos foram publicados em apenas um *journal*, o *Computers and Electronics in Agriculture*. Esse montante representa 35% de todos os artigos selecionados, ou seja, os outros 65%, correspondente a 44 artigos, estão publicados em 41 *journals* diferentes. Diante disto, percebe-se que a concentração de artigos sobre a temática estudada em apenas um *journal* é alta, o que pode evidenciar a pouca abertura para publicação em outras revistas que não são diretamente ligadas à agropecuária e à computação de forma conjunta.

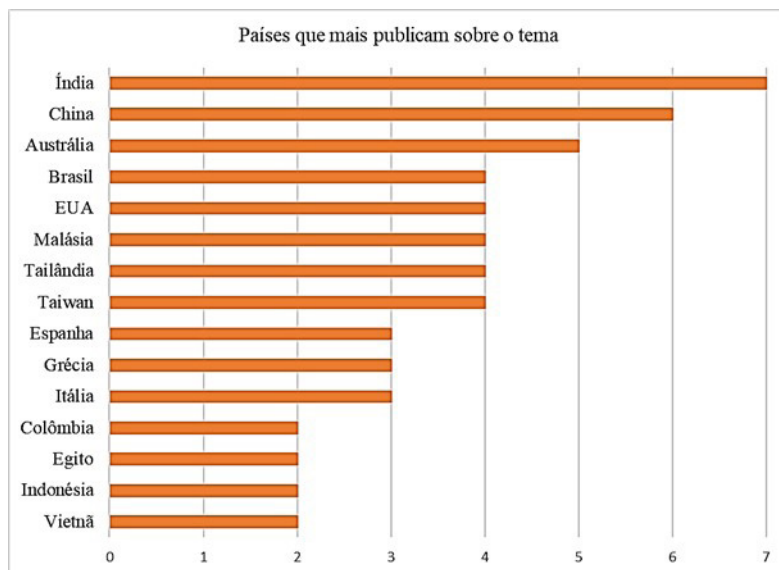
Quadro 3 – *Journals* que publicaram os artigos

<i>Journal</i>	Nº de publicações
<i>Computers and electronics in agriculture.</i>	24
<i>Advances in Science, Technology and Engineering Systems</i>	2
<i>Biosystems Engineering</i>	2
<i>Scientific Reports</i>	2
<i>Advance journal of food science and technology.</i>	1
<i>Agricultural Water Management.</i>	1
<i>Agriculture (Switzerland)</i>	1
<i>Agriculture-Basel</i>	1
<i>AgriEngineering</i>	1
<i>Agronomy</i>	1

Fonte: Elaborada pelos autores.

Um total de 98 autores foram identificados na amostra de artigos analisada; apenas sete deles têm mais de um artigo publicado na amostra selecionada, destacando-se os autores Wang, E.; Everingham, Y.; Attard, S.; McGlinchey, M.; Xiang, W.; Tekinerdogan, B.; e Philippa, B. Foram identificados 28 países onde ocorreram as pesquisas e os testes empíricos, conforme Figura 2. Os países que mais apresentam publicações a respeito do tema são Índia, China, Austrália, Brasil, EUA, Malásia, Tailândia e Taiwan, respectivamente. Esses oito países representam 56% de todas as publicações analisadas, estando os 44% restantes divididos entre outros 20 países.

Figura 2 – Local de realização da pesquisa



Fonte: Elaborada pelos autores.

O predomínio de países asiáticos, como a Índia e a China, nas publicações sobre a temática da IoT na agropecuária destaca-se diante estes dados. O Brasil ocupa a quarta posição na lista, sendo um dado interessante para a pesquisa e a economia nacional. O país é um dos líderes mundiais no agronegócio, e tal informação encontra-se coerente às necessidades de desenvolvimento de pesquisas sobre inovações nesta área.

Quadro 4 – Clusters de artigos conforme atividade agropecuária

Atividade agropecuária	Domínio	Estudos
Agricultura	Monitoramento	Afzali <i>et al.</i> (2021); Alipio <i>et al.</i> (2019); Cao e Chen (2020); De Souza <i>et al.</i> (2019); Duangsuwan <i>et al.</i> (2020); Ferrarezi e Peng (2021); Harun <i>et al.</i> (2019); Jiao <i>et al.</i> (2014); Khattab <i>et al.</i> (2019); Liao <i>et al.</i> (2017); Mateos Matilla <i>et al.</i> (2022); Mehra <i>et al.</i> (2018); Morais <i>et al.</i> (2018); Nguyen <i>et al.</i> (2022); Tsipis <i>et al.</i> (2020); Velumani <i>et al.</i> (2020); Zervopoulos <i>et al.</i> (2020).
	Controle	Ariffin <i>et al.</i> (2021); Chazarra-Zapata <i>et al.</i> (2020); Domínguez-Niño <i>et al.</i> (2020); Goap <i>et al.</i> (2018); Goyal <i>et al.</i> (2020); Harun <i>et al.</i> (2021); Jimenez <i>et al.</i> (2020); Maia <i>et al.</i> (2022); Muangprathub <i>et al.</i> (2019); Nawandar <i>et al.</i> (2019); Noerhayati <i>et al.</i> (2022); Pham <i>et al.</i> (2021); Pillai e Sivathanu (2020); Thong-um e Wongsaraj (2022); Torres <i>et al.</i> (2020); Wang <i>et al.</i> (2019); Wang <i>et al.</i> (2020); Yamin <i>et al.</i> (2021).
	Predição	Chang <i>et al.</i> (2021); Dos Santos <i>et al.</i> (2019); Gill <i>et al.</i> (2017); Kocian <i>et al.</i> (2020); Köksal e Tekinerdogan (2019); Mazon-Olivo <i>et al.</i> (2018); Mohammad EL-Basioni <i>et al.</i> (2022); Verdouw <i>et al.</i> (2019); Wang <i>et al.</i> (2020).
	Logística	Bhimanpallewar e Narasingarao (2020).
Pecuária	Monitoramento	Anwar <i>et al.</i> (2022); Chung <i>et al.</i> (2020); Hao <i>et al.</i> (2017); Li <i>et al.</i> (2015); Lovarelli <i>et al.</i> (2022); Mirmanov <i>et al.</i> (2021); Pereira <i>et al.</i> (2020); Su <i>et al.</i> (2020); Symeonaki <i>et al.</i> (2022); Taneja <i>et al.</i> (2020).
	Predição	Hamadani e Ganai (2022) e Jayashankar <i>et al.</i> (2018).
	Logística	Yan <i>et al.</i> (2017).

Atividade agropecuária	Domínio	Estudos
Pesca	Monitoramento	Arafat <i>et al.</i> (2020); Corallo <i>et al.</i> (2020); Hassan <i>et al.</i> (2019); Medina <i>et al.</i> (2022); Popović <i>et al.</i> (2017).
	Controle	Janpla; Tachpetpaiboon; Jewpanich (2019) e Kassim <i>et al.</i> (2021).
	Predição	Gao <i>et al.</i> (2019).
Silvicultura	Monitoramento	Asgharinia <i>et al.</i> (2022) e Putra (2019).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Quando observada atividade agropecuária a qual os artigos estão ligados, como é possível visualizar no Quadro 4, há destaque em um predomínio dos estudos no campo da agricultura. No total, são 45 artigos que destacam alguma aplicação da IoT nesta área; na segunda posição está a pecuária, com 13 pesquisas realizadas envolvendo bovinos, suínos, aves e/ou caprinos; a terceira atividade mais pesquisada é a pesca, com 8 publicações e, por último, está a atividade silvícola, com apenas dois artigos.

4.2 Domínios de aplicação na agropecuária

As pesquisas analisadas foram classificadas e agrupadas em quatro domínios (Quadro 5): monitoramento, controle; predição e logística, definidos conforme artigo de Talavera *et al.* (2017). Algumas pesquisas e suas respectivas aplicações definidas para os produtos IoT são apresentadas a seguir como exemplo de possibilidades de adoção dentro das propriedades rurais.

Quadro 5 – Clusters de artigos conforme o domínio de aplicação

Domínio de aplicação	Subdomínios	Estudos
Monitoramento	Ambiente / Animal / Plantas / Pragas / Produtos	Afzali <i>et al.</i> (2021); Alipio <i>et al.</i> (2019); Anwar <i>et al.</i> (2022); Arafat <i>et al.</i> (2020); Asgharinia <i>et al.</i> (2022); Cao e Chen (2020); Chung <i>et al.</i> (2020); Corallo <i>et al.</i> (2020); De Souza <i>et al.</i> (2019); Duangsuwan <i>et al.</i> (2020); Ferrarezi e Peng (2021); Hao <i>et al.</i> (2017); Harun <i>et al.</i> (2019); Hassan <i>et al.</i> (2019); Jiao <i>et al.</i> (2014); Khattab <i>et al.</i> (2019); Li <i>et al.</i> (2015); Liao <i>et al.</i> (2017); Lovarelli <i>et al.</i> (2022); Mateos Matilla <i>et al.</i> (2022); Medina <i>et al.</i> (2022); Mehra <i>et al.</i> (2018); Mirmanov <i>et al.</i> (2021); Morais <i>et al.</i> (2018); Nguyen <i>et al.</i> (2022); Pereira <i>et al.</i> (2020); Popović <i>et al.</i> (2017); Putra (2019); Su <i>et al.</i> (2020); Symeonaki <i>et al.</i> (2022); Taneja <i>et al.</i> (2020); Tsipis <i>et al.</i> (2020); Velumani <i>et al.</i> (2020); Zervopoulos <i>et al.</i> (2020)
Controle	Irrigação / Alimentação	Ariffin <i>et al.</i> (2021); Chazarra-Zapata <i>et al.</i> (2020); Domínguez-Niño <i>et al.</i> (2020); Goap <i>et al.</i> (2018); Goyal <i>et al.</i> (2020); Harun <i>et al.</i> (2021); Janpla; Tachpetpaiboon; Jewpanich (2019); Jimenez <i>et al.</i> (2020); Kassim <i>et al.</i> (2021); Maia <i>et al.</i> (2022); Muangprathub <i>et al.</i> (2019); Nawandar <i>et al.</i> (2019); Noerhayati <i>et al.</i> (2022); Pham <i>et al.</i> (2021); Thong-um e Wongsaroj (2022); Torres <i>et al.</i> (2020); Wang <i>et al.</i> (2019); Wang <i>et al.</i> , 2020; Yamin <i>et al.</i> (2021)

Domínio de aplicação	Subdomínios	Estudos
Predição	Anomalias no processo produtivo / Crescimento de culturas / Gestão do campo	Chang <i>et al.</i> (2021); Dos Santos <i>et al.</i> , 2019; Gao <i>et al.</i> , 2019; Gill <i>et al.</i> , 2017; Hamadani e Ganai (2022); Kocian <i>et al.</i> , 2020; Köksal & Tekinerdogan, 2019; Mazon-Olivo <i>et al.</i> , 2018 Mohammad EL-Basioni <i>et al.</i> (2022) e Wang <i>et al.</i> (2020)
Logística	Produção / Transporte	Bhimanpallewar e Narasingarao (2020); Yan <i>et al.</i> (2017)

Fonte: Elaborada pelos autores.

O primeiro domínio de aplicação apresentado é o domínio de **monitoramento**. No total, são 34 estudos que apresentam algum sistema, aplicativo, plataforma, estrutura ou outro tipo de tecnologia baseada em IoT que visa realizar o monitoramento de variados aspectos da produção agropecuária. Tais tecnologias utilizam sensores de temperatura, ar, umidade, solo, água, oxigênio, movimento, pragas, luz e outros mais, a fim de fornecer informações precisas e no tempo certo, para que os produtores possam tomar decisões acerca da sua produção.

Outras tecnologias buscam ao máximo diminuir a interferência humana nesse processo de produção, utilizando os sensores de medição para se comunicarem com outros dispositivos inteligentes que realizam desde decisões simples, como ligar a irrigação, até as mais complexas. As pesquisas que fazem parte deste domínio foram divididas em subdomínios como: monitoramento do ambiente; monitoramento animal; monitoramento de plantas; monitoramento de pragas; e monitoramento de produtos.

Quanto ao **monitoramento do ambiente**, entre os dispositivos desenvolvidos para monitorar o ambiente de produção, o sistema de baixo custo, apresentado na pesquisa de Pereira *et al.* (2020), surge como uma alternativa para monitorar de maneira ágil a temperatura, a umidade, o teor de amônia e a luminosidade de granjas de aves. O sistema foi testado em 2017, em um ambiente experimental do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), localizado na cidade de Campus Machado, em Minas Gerais. Os resultados mostraram que, usando o sistema, é possível registrar e rastrear os parâmetros definidos, permitindo a tomada de decisão por parte do avicultor de maneira mais rápida e assertiva. Também direcionado ao monitoramento ambiental na criação de aves, o estudo de Li *et al.* (2015) traz um sistema inteligente baseado em IoT para galpão de criação de galinhas. Este sistema visa realizar o monitoramento on-line de temperatura, ar, CO₂, intensidade da luz, umidade, vento e outros indicadores, a fim de auxiliar na gestão do galinheiro. Os testes foram realizados em uma granja de aves da China e tiveram como resultado o monitoramento preciso dos indicadores.

Com relação ao **monitoramento animal**, os autores Chung *et al.* (2020) realizaram estudos com biossensores e tecnologia de comunicação por rádio frequência, para monitorar o nível de estresse térmico em vacas leiteiras. A ideia dessa tecnologia portátil e vestível foi, por meio de sensores de temperatura implantados nas orelhas dos animais, eliminar o envolvimento humano no processo de bem-estar animal, automatizando a detecção de mudanças no animal e no ambiente. O protótipo foi testado durante cinco dias em três vacas da raça holandesa, em uma fazenda nos Estados Unidos. Detectou-se que estes sensores são tão eficientes como os de medição corporal central e vaginal, e podem funcionar como meio de ativação automática de ventiladores ou outros dispositivos que melhorem a temperatura corporal do animal.

Com relação ao **monitoramento de plantas**, Velumani *et al.* (2020) desenvolvem um sistema automático para estimativa da data de cabeçalho do trigo, por meio de imagens diárias de alta resolução. O sistema foi aplicado e validado durante nove cultivares de trigo, por três anos, em 47 locais experimentais espalhados pela França. Os resultados dos testes demonstraram que o método proposto fornece boas estimativas das datas de cabeçalho quando comparado às medições feitas de forma visual por especialistas.

Para **monitoramento de pragas** nas lavouras de batata e tomate, foi desenvolvido, por Khattab *et al.* (2019), um sistema baseado em IoT para detecção e previsão do surgimento de doenças epidêmicas no campo. Para testar o sistema, foram realizados experimentos de campo em safras de batata e tomate, em 2017 e 2018, nas cidades de Beheira e Fayoum, no Egito. Os resultados mostraram que o sistema é capaz de detectar de maneira antecipada o surgimento de doenças como a ferrugem nas lavouras, permitindo a redução no número de aplicações de defensivos químicos e resíduos nos alimentos, bem como melhorando a qualidade dos produtos.

Sobre **monitoramento de produto**, um sistema para monitoramento de fatores intrínsecos e extrínsecos do envelhecimento do vinho do Porto, Tawny, em barris de madeira, foi a proposta elaborada por Morais *et al.* (2018). O monitoramento do pH do vinho, oxigênio dissolvido e potencial redox é importante para otimizar e gerenciar a variabilidade natural do vinho, o que, por sua vez, fornece maior qualidade ao produto final. O estudo foi realizado em uma vinícola que utiliza barris de carvalho, localizada na região do Douro, em Portugal. Os resultados mostram que o sistema de monitoramento é capaz de detectar diferenças entre os barris de madeira e as condições de armazenamento.

O domínio definido como **controle** aborda pesquisas que têm como foco o desenvolvimento ou a melhoria de sistemas de controle de irrigação e alimentação de animais. Entre os objetivos desses sistemas, estão: executar de forma inteligente o controle do uso da água; diminuir e otimizar seu uso; diminuir a necessidade da intervenção humana no processo de irrigação, diminuir os custos produtivos, entre outros. No total, são 19 trabalhos correspondentes a este domínio.

Quanto ao **controle de irrigação**, o exemplo apresentado é o estudo desenvolvido por Wang *et al.* (2020). A pesquisa tem como objetivo descrever uma solução cibernética de circuito fechado que gerencia a irrigação por meio da integração do sistema de irrigação automática, WISA, com uma ferramenta de suporte à decisão agrícola, *IrrigWeb*. Para desenvolver essa solução, os autores utilizam os programas *Uplink* e *Downlink*. Os testes foram realizados em uma fazenda de cana-de-açúcar no nordeste australiano e tiveram como resultados tanto uma programação correta de irrigação como benefícios econômicos para os agricultores.

Em relação ao **controle de alimentação**, os pesquisadores Janpla, Tachpetpaiboon e Jewpanich (2019), na busca por viabilizar uma piscicultura automática que pudesse ser instalada em casa, desenvolveram, na Tailândia, um sistema automático de alimentação de peixes usando a IoT. Este sistema visa resolver o problema de proprietários que não conseguem alimentar os peixes na hora e quantidade certas. O sistema, que vai se adaptando ao longo do crescimento dos peixes, foi testado em um experimento com 80 bagres durante 142 dias. Os resultados demonstram que, por mais que o sistema precise de ajustes, quanto à sua funcionalidade, ele é uma alternativa viável para esse tipo de produção.

O domínio alcinchado como **predição** traz dez pesquisas desenvolvidas que objetivaram propor um sistema, *design*, tecnologias ou estrutura que funcione como um fornecedor e

gerenciador de informações do campo, para que os produtores tomem decisões de maneira mais assertiva. Esses sistemas se utilizam de sensores, Tecnologias de Informações e Comunicação (TIC) e outras tecnologias para auxiliar na detecção do surgimento de anomalias durante o processo produtivo, na provisão de crescimento das produções agropecuárias e na gestão da fazenda como um todo.

Quando se observa as **anomalias no processo produtivo**, Dos Santos *et al.* (2019) apresenta o sistema AgriPrediction, que combina sistemas de alcance de rede sem fio com mecanismos de previsão, a fim de antecipar possíveis disfunções na cultura em produção. Esse sistema notifica o agricultor assim que situações anormais aparecem, permitindo que ações corretivas de forma antecipada sejam adotadas. O AgriPrediction, por meio de uma estrutura de sensores, consegue medir aspectos como umidade, luminosidade, clorofila da planta, radiação solar, temperatura e outras informações mais. Para avaliação da funcionalidade do sistema, os autores brasileiros montaram uma estufa para cultivo de rúcula e fizeram experimentos durante alguns ciclos de cultivo. Os resultados mostraram que o cultivo da rúcula com o sistema proposto obteve ganhos de 17,94% no tamanho das folhas e de 14,29% no peso em relação a um cultivo padrão.

Sobre o **crescimento de culturas**, um sistema de apoio à decisão agrícola baseado em IoT foi proposto por Kocian *et al.* (2020), para previsão do crescimento de culturas. O sistema funciona combinando informações ambientais como temperatura, irradiação solar e pressão atmosférica com parâmetros indicativos de cultivo para as culturas. Os testes foram realizados com três ciclos de cultivo de alface em uma horticultura da Itália, e os resultados mostram que o sistema prevê com eficácia os parâmetros de crescimento das plantas, permitindo que decisões sobre o cultivo sejam tomadas com antecedência.

Quanto à **gestão do campo**, Köksal e Tekinerdogan (2019) se propuseram a desenvolver um *design* de arquitetura para projeção de sistemas de informações gerenciais de fazendas baseados em IoT. Para ilustrar o *design* proposto, foram realizados estudos de caso em uma fazenda de trigo na região de Konya, na Turquia. Os resultados evidenciaram que a abordagem era eficaz e prática, sendo útil para derivar futuras arquiteturas de sistemas de informações gerenciais de fazendas. Outro exemplo é o de uma arquitetura para o gerenciamento automático de decisões estruturadas, baseadas em aplicativos de agricultura de precisão que utilizam a IoT, desenvolvida por Mazon-Olivo *et al.* (2018). Esta arquitetura, nomeada como RECEP, foi testada por meio da sua integração a um sistema de irrigação inteligente, em um campo de produção de banana localizado em Machala, no Equador. Os resultados obtidos com os testes mostram que o RECEP é uma estrutura viável de baixo custo para pequenos e grandes produtores.

O último domínio corresponde à pesquisa que desenvolveram estudos a fim de propor e implementar melhorias na **logística**, tanto na parte de transporte na cadeia de suprimento como na produção dentro das propriedades rurais. Ao todo, dois estudos constituem esse domínio ao proporem formas de melhorar o transporte dos produtos até os clientes finais, diminuir custos com transporte, melhorar o acesso a informações sobre os produtos, aumentar as informações sobre o processo logístico e proporcionar maior eficiência a todo processo de produção.

Em relação à **produção**, desenvolver um robô de micro-dosagem de semente e fertilização baseado em rodas, *AgriRobot*, para plantar cereais, oleaginosas e leguminosas foi o objetivo do estudo realizado por Bhimanpallewar e Narasingarao (2020). Este robô controla o número de sementes e a quantidade de fertilizante que são aplicados em cada ponto da plantação. Para avaliar a eficácia da tecnologia proposta, foi realizado um experimento em seis solos diferentes

da Índia. Como resultado, foi identificado que, com o *AgriRobot*, é possível reduzir o custo e a dependência de recursos humanos na hora de se plantar.

Por fim, com relação ao **transporte**, Yan *et al.* (2017) propõem a coordenação da cadeia de suprimentos em ambientes de IoT nos níveis de fabricante, distribuidor e varejista, por meio de um modelo de contrato aprimorado de compartilhamento de receita. Este contrato aprimorado é direcionado para cadeia de suprimentos de produtos frescos e, como forma de validar o modelo, foi realizada a análise da cadeia de suprimento de uma empresa chinesa de aquicultura. Como resultado, os autores concluíram que o contrato de compartilhamento de receita permite determinar a solução ideal para alcançar lucro máximo, facilita a tomada de decisão e aprimora a distribuição de lucros entre os níveis da cadeia de suprimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo destacar as atividades agropecuárias que podem se beneficiar com a adoção da Internet das Coisas (IoT). Para isso, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) utilizando palavras-chave relacionadas à Internet das Coisas e a atividades agropecuárias. Após a busca dos artigos nas bases de dados estabelecidas e posterior seleção, por meio da aplicação dos filtros e critérios para inclusão e exclusão, a amostra final para análise foi constituída por 68 artigos.

Como conclusões, foram apresentados os *journals* que mais apresentam artigos publicados dentro do tema estudado, havendo destaque para o *Journal Computers and Electronics in Agriculture*. Os países que mais têm publicação a respeito do assunto são China e Índia, estando o Brasil na quarta posição. Os artigos estão, em sua maioria, direcionados a atividades da agricultura, estando a pecuária em segundo lugar, pesca em terceiro e silvicultura em quarto. Já em relação ao domínio de aplicação da inovação desenvolvida e apresentada pelo artigo, destacam-se os domínios de monitoramento, controle, predição e logística, sendo o monitoramento a principal aplicação das inovações desenvolvidas pelos artigos analisados, seguido pelo controle.

As limitações da pesquisa estão na quantidade de repositórios científicos selecionados para busca de artigos e no filtro de documentos ser apenas para artigos publicados em revistas revisadas por pares. Tais limitações podem ter restringido a identificação de artigos que colaborariam com a expansão dos achados da revisão sistemática. Como sugestões para pesquisas futuras, estão: expandir a pesquisa para outras atividades do agronegócio, por exemplo, para a agroindústria e os consumidores finais. Além disso, sugere-se, que estudos empíricos sejam desenvolvidos a partir das categorizações apresentadas, contribuindo para a evolução do campo.

Este artigo contribui teoricamente ao apresentar uma síntese e análise de trabalhos que tratam da utilização da IoT na agropecuária, trazendo uma visão adicional sobre o estado da arte. Para a prática, as contribuições que este artigo traz estão ligadas a lançar luz em diferentes possibilidades de utilização da Internet das Coisas na produção rural brasileira. Estas informações podem colaborar com o desenvolvimento produtivo local, ajudando a suprir necessidades atuais e urgentes, como a de produzir mais de maneira sustentável e eficiente.

REFERÊNCIAS

ARVANITIS, K. G.; SYMEONAKI, E. G. Agriculture 4.0: The role of innovative smart technologies towards sustainable farm management. *The Open Agriculture Journal*, Amsterdã, v. 14, n. 1, p. 130–35, 2020.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: a survey. *Computer networks*, Nova Iorque, v. 54, n. 15, p. 2787–805, 2010.

BALAMURUGAN, S.; DIVYABHARATHI, N.; JAYASHRUTHI, K.; BOWIYA, M.; SHERMY, R. P.; SHANKER, R. Internet of agriculture: applying IoT to improve food and farming technology. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Índia, v. 3, n. 10, p. 713–19, 2016.

BARROS, G. S. C.; SILVA, A. F.; FACHINELLO, A. L. *PIB do Agronegócio brasileiro: comentários metodológicos*. Piracicaba: CEPEA-ESALQ/USP, 2014.

BHIMANPALLEWAR, R. N.; NARASINGARAO, M. R. AgriRobot: implementation and evaluation of an automatic robot for seeding and fertiliser microdosing in precision agriculture. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, Reino Unido, v. 16, n. 1, p. 33–50, 2020.

BORGIA, E. The Internet of Things vision: key features, applications and open issues. *Computer Communications*, Holanda, v. 54, p. 1–31, 2014.

BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. *Estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil”*. Brasília-DF: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>. Acesso em: 23 jan. 2019.

CARRARO, N. C.; GODINHO FILHO, M.; DE OLIVEIRA, E. C. Technologies of the Industry 4.0: perspectives of application in the Brazilian agribusiness. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, Jaipur, v. 6, n. 7, p. 319–30, 2019.

CHUNG, H.; LI, J.; KIM, Y.; VAN OS, J. M.; BROUNTS, S. H.; CHOI, C. Y. Using implantable biosensors and wearable scanners to monitor dairy cattle’s core body temperature in real-time. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdã, v. 174, p. 105453, 2020.

CORALLO, A.; PAIANO, R.; GUIDO, A. L.; PANDURINO, A.; LATINO, M. E.; MENEGOLI, M. Intelligent monitoring Internet of Things based system for agri-food value chain traceability and transparency: a framework proposed. In: IEEE WORKSHOP ON ENVIRONMENTAL, ENERGY, AND STRUCTURAL MONITORING SYSTEMS (EESMS), edição., Itália, 2018. *Anais [...]*. Salerno: IEEE, 2018.

DA XU, L.; HE, W.; LI, S. Internet of things in industries: a survey. *IEEE Transactions on industrial informatics*, Estados Unidos da América, v. 10, n. 4, p. 2233–43, 2014.

DOS SANTOS, U. J. L.; PESSIN, G.; DA COSTA, C. A.; DA ROSA RIGHI, R. AgriPrediction: a proactive internet of things model to anticipate problems and improve production in agricultural crops. *Computers and electronics in agriculture*, Amsterdã, v. 161, p. 202–13, 2019.

GERSHENFELD, N.; KRICKORIAN, R.; COHEN, D. The internet of things. *Scientific American*, Estados Unidos da América, v. 291, n. 4, p. 76–81, 2004.

GSANGAYA, K. R.; HAJJAJ, S. S. H.; SULTAN, M. T. H.; HUA, L. S. Portable, wireless, and effective internet of things-based sensors for precision agriculture. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Alemanha, v. 17, n. 9, p. 3901–16, 2020.

GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, Amsterdã, v. 29, n. 7, p. 1645–60, 2013.

HAMADANI, A.; GANAI, N. A. Development of a multi-use decision support system for scientific management and breeding of sheep. *Scientific Reports*, Edimburgo, v. 12, n. 1, p. 19360, 2022.

HAO, S. B.; CAI, S. H.; SUN, R. Z.; LI, J. Y.; CHENG, C. M. Design and implement of IoT-based beef cattle breeding system. *International Agricultural Engineering Journal*, Thane, v. 26, n. 3, p. 1–8, 2017.

JANPLA, J.; TACHPETPAIBOON, N.; JEWPANICH, C. Development of automatic home-based fish farming using the internet of things. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, Índia, v. 8, n. 2, p. 2297–304, 2019.

JAYASHANKAR, P.; NILAKANTA, S.; JOHNSTON, W. J.; GILL, P.; BURREN, R. IoT adoption in agriculture: the role of trust, perceived value and risk. *Journal of Business & Industrial Marketing*, Reino Unido, v. 33, n. 6, p. 804–21, 2018.

JIAO, J.; MA, H. M.; QIAO, Y.; DU, Y. L.; KONG, W.; WU, Z. C. Design of farm environmental monitoring system based on the internet of things. *Advance journal of food science and technology*, Reino Unido, v. 6, n. 3, p. 368–73, 2014.

KAGAN, C. R.; ARNOLD, D. P.; CAPPELLERI, D. J.; KESKE, C. M.; TURNER, K. T. Special report: the internet of things for precision agriculture (iot4ag). *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdã, v. 196, p. 106742, 2022.

KHATTAB, A.; HABIB, S. E.; ISMAIL, H.; ZAYAN, S.; FAHMY, Y.; KHAIRY, M. M. An IoT-based cognitive monitoring system for early plant disease forecast. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdã, v. 166, p. 105028, 2019.

KOCIAN, A.; MASSA, D.; CANNAZZARO, S.; INCROCCI, L.; DI LONARDO, S.; MILAZZO, P.; CHESSA, S. Dynamic Bayesian network for crop growth prediction in greenhouses. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdã, v. 169, p. 105167, 2020.

KÖKSAL, Ö.; TEKINERDOGAN, B. Architecture design approach for IoT-based farm management information systems. *Precision Agriculture*, Holanda, v. 20, n. 5, p. 926–58, 2019.

LI, H.; LI, M.; ZHAN, K.; YANG, X.; WENG, S.; YUAN, Y.; CHEN, S.; LUO, W.; GAO, H. Intelligent monitoring system for laminated henhouse based on Internet of Things. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, Pequim, v. 31, p. 210–15, 2015.

LI, S.; DA XU, L.; ZHAO, S. The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers*, Holanda, v. 17, n. 2, p. 243–59, 2015.

LOVARELLI, D.; BRANDOLESE, C.; LELIVELD, L.; FINZI, A.; RIVA, E.; GROTTI, M.; PROVOLO, G. Development of a new wearable 3D sensor node and innovative open classification system for dairy cows' behavior. *Animals*, Suíça, v. 12, n. 11, p. 1447, 2022.

MADAKAM, S.; RAMASWAMY, R.; TRIPATHI, S. Internet of Things (IoT): a literature review. *Journal of Computer and Communications*, Estados Unidos da América, v. 3, n. 5, p. 164, 2015.

MALAFAIA, G. C.; MORES, G. V.; CASAGRANDA, Y. G.; BARCELLOS, J. O. J.; COSTA, F. P. The Brazilian beef cattle supply chain in the next decades. *Livestock Science*, v. 253, p. 104704, 2021.

MATTERN, F.; FLOERKEMEIER, C. From the Internet of Computers to the Internet of Things. In: Lecture Notes in Computer Science. From active data management to event-based systems and more. [s.l.]: Springer, 2010. p. 242–59.

MAZON-OLIVO, B.; HERNÁNDEZ-ROJAS, D.; MAZA-SALINAS, J.; PAN, A. Rules engine and complex event processor in the context of internet of things for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdã, v. 154, p. 347–60, 2018.

MORAIS, R.; PERES, E.; BOAVENTURA-CUNHA, J.; MENDES, J.; COSME, F.; NUNES, F. M. Distributed monitoring system for precision enology of the Tawny Port wine aging process. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdã, v. 145, p. 92–104, 2018.

NEGRETE, J. C. Internet of things in Mexican agriculture; a technology to increase agricultural productivity and reduce rural poverty. *Research and Analysis Journal*, Holanda, v. 1, n. 2, p. 40–52, 2018.

PEREIRA, W. F.; DA SILVA FONSECA, L.; PUTTI, F. F.; GÓES, B. C.; DE PAULA NAVES, L. Environmental monitoring in a poultry farm using an instrument developed with the internet of things concept. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdã, v. 170, p. 105257, 2020.

PILLAI, R.; SIVATHANU, B. Adoption of internet of things (IoT) in the agriculture industry deploying the BRT framework. *Benchmarking: An International Journal*, Reino Unido, v. 27, n. 4, p. 1341–68, 2020.

SUESS-REYES, J.; FUETSCH, E. The future of family farming: A literature review on innovative, sustainable and succession-oriented strategies. *Journal of Rural Studies*, Reino Unido, v. 47, p. 117–40, 2016.

SYMEONAKI, E.; ARVANITIS, K. G.; PIROMALIS, D.; TSELES, D.; BALAFOUTIS, A. T. Ontology-based IoT middleware approach for smart livestock farming toward agriculture 4.0: a case study for controlling thermal environment in a pig facility. *Agronomy*, Basileia, v. 12, n. 3, p. 750, 2022.

TALAVERA, J. M.; TOBÓN, L. E.; GÓMEZ, J. A.; CULMAN, M. A.; ARANDA, J. M.; PARRA, D. T.; QUIROZ, L. A.; HOYOS, A.; GARRETA, L. E. Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdã, v. 142, p. 283–97, 2017.

TAN, L.; WANG, N. Future internet: The internet of things. *Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)*, 2010 3rd International Conference on, Chengdu. *Anais [...]*. Chengdu: IEEE, 2010.

VELUMANI, K.; MADEC, S.; DE SOLAN, B.; LOPEZ-LOZANO, R.; GILLET, J.; LABROSSE, J.; JEZEQUEL, S.; COMAR, A.; BARET, F. An automatic method based on daily in situ images and deep learning to date wheat heading stage. *Field Crops Research*, v. 252, p. 107793, 2020.

WANG, E.; ATTARD, S.; LINTON, A.; MCGLINCHEY, M.; XIANG, W.; PHILIPPA, B.; EVERINGHAM, Y. Development of a closed-loop irrigation system for sugarcane farms using the Internet of Things. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdã, v. 172, p. 105376, 2020.

WHITMORE, A.; AGARWAL, A.; DA XU, L. The Internet of Things – a survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers*, Holanda, v. 17, n. 2, p. 261–74, 2015.

WOLLSCHLAEGER, M.; SAUTER, T.; JASPERNEITE, J. The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, Estados Unidos da América, v. 11, n. 1, p. 17–27, 2017.

WORTMANN, F.; FLÜCHTER, K. Internet of things. *Business & Information Systems Engineering*, v. 57, n. 3, p. 221–24, 2015.

YAN, B.; WU, X. H.; YE, B.; ZHANG, Y. W. Three-level supply chain coordination of fresh agricultural products in the Internet of Things. *Industrial Management & Data Systems*, Inglaterra, v. 117, n. 9, p. 1842–65, 2017.

Sobre os autores:

Eduardo Corneto Silva: Doutor em Administração pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Mestre em Administração pela Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Pós-

graduado em Gestão Estratégica de Negócios pela Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (Uniderp), Campo Grande. Graduação em Administração pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Atuação em pesquisas na Linha de Inovação focado nas áreas de *Customer Relationship Management* (CRM), Capacidade de Inovação, *Internet of Things* (IoT) e Agronegócio. Professor substituto na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), campus de Aquidauana. **E-mail:** eduardo_corneto@hotmail.com, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9106-2383>

Márcia Maria dos Santos Bortolucci Espejo: Doutora em Controladoria e Contabilidade pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Administração pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Graduada em Administração pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Tecnologia em Processamento de Dados pela Universidade Cesumar (UNICESUMAR) e em Ciências Contábeis pela Universidade da Grande Dourados (UNIGRAN). Docente Permanente dos Programas de Pós-Graduação em Administração, Administração Pública em Rede Nacional e Ciências Contábeis e dos cursos de graduação em Administração e Ciências Contábeis da Escola de Administração e Negócios (ESAN), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Docente colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Bolsista de Produtividade em Pesquisa Nível 2 – CNPq. **E-mail:** marcia.bortolucci@ufms.br, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9081-781X>