



Mapeamento das tecnologias utilizadas para pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro

Mapping of technologies used for livestock 4.0 with a focus on dairy cattle

DOI: 10.55905/oelv22n1-097

Recebimento dos originais: 01/12/2023

Aceitação para publicação: 02/01/2024

Kaio Alexandre da Silva

Mestre em Informática e Ciência da Computação

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - campus
Porto Velho Calama

Endereço: Av. Calama, 4985, Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO,
CEP: 76820-441

E-mail: kaio.silva@ifro.edu.br

Carolina Barros da Costa

Bacharela em Biomedicina e Ciências da saúde

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - campus
Porto Velho Calama

Endereço: Av. Calama, 4985, Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO,
CEP: 76820-441

E-mail: carolinabc962@gmail.com

Jeane da Silva Rodrigues

Especialista em Gestão e Planejamento em Políticas Públicas: Projetos e Serviços
Sociais e Ciências Sociais Aplicadas

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - campus
Porto Velho Calama

Endereço: Av. Calama, 4985, Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO,
CEP: 76820-441

E-mail: rj.jeanerodrigues@gmail.com

Márcio Rodrigues Miranda

Doutor em Ciências Biológicas e Ciências Biológicas

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - campus
Porto Velho Calama

Endereço: Av. Calama, 4985, Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO,
CEP: 76820-441

E-mail: marcio.miranda@ifro.edu.br

Luiz Francisco Machado Pfeifer

Doutor em Zootecnia e Ciências Agrárias

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Agroflorestal

Endereço: Rodovia BR-364, km 5,5 lado ímpar, Cidade Jardim, Porto Velho, RO,
CEP: 76815800

E-mail: luiz.pfeifer@embrapa.br

RESUMO

A inserção de tecnologias da Indústria 4.0 na pecuária leiteira marca um progresso notável, gerando oportunidades inovadoras e transformadoras para o setor. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é realizar um mapeamento tecnológico de documentos de patentes relacionados à pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro, visando compreender e explorar as inovações que estão impulsionando a eficiência na produção leiteira. Este mapeamento tecnológico foi realizado por meio de uma análise extensiva de patentes utilizando a base de dados Orbit Intelligence, em que foram empregadas palavras-chave específicas relacionadas à Indústria 4.0 e gado leiteiro, sem restrições temporais ou geográficas. Os resultados encontrados mostraram que enquanto a China emerge como líder em depósitos de patentes, refletindo suas medidas políticas proativas e investimentos em pesquisa, o Brasil enfrenta desafios devido à ausência de políticas claras. Por tanto, é evidente a necessidade de iniciativas que promovam pesquisa e desenvolvimento tecnológico para inserir o Brasil no cenário da pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro, alinhando o setor com as demandas globais e impulsionando sua competitividade.

Palavras-chave: pecuária 4.0, gado leiteiro, mapeamento tecnológico.

ABSTRACT

The inclusion of Industry 4.0 technologies in dairy farming marks a remarkable progress, generating innovative and transformative opportunities for the sector. In this sense, the aim of this study is to carry out a technological mapping of patent documents related to livestock 4.0 focusing on dairy cattle, in order to understand and exploit the innovations that are driving efficiency in dairy production. This technological mapping was carried out by means of an extensive patent analysis using the Orbit Intelligence database, in which specific keywords related to Industry 4.0 and dairy cattle were employed, without temporal or geographical restrictions. The results found showed that while China emerges as a leader in patent filings, reflecting its proactive policy measures and research investments, Brazil faces challenges due to the absence of clear policies. Therefore, it is evident the need for initiatives that promote research and technological development to insert Brazil in the scenario of livestock 4.0 focusing on dairy cattle, aligning the sector with global demands and boosting its competitiveness.

Keywords: livestock 4.0, dairy cattle, technological mapping.

1 INTRODUÇÃO

A pecuária se trata de uma atividade econômica que desempenha um importante papel na produção de alimentos e no desenvolvimento econômico de diversas regiões no mundo (Ramirez et al., 2021). Essa prática envolve a criação e manejo de animais para diferentes fins, sendo a pecuária leiteira uma das principais vertentes desse setor (EMBRAPA, 2016).

No que diz respeito ao Brasil, o país figura entre os principais produtores de leite do mundo, tendo suas cadeias produtivas distribuídas em quase todo o território nacional (Andrade et al., 2023). Nesse sentido, a pecuária leiteira se torna uma área de grande importância para a economia brasileira, porém o crescimento da produção é impulsionado principalmente pelo mercado interno, enquanto as exportações enfrentam inconsistências e limitações, resultando em um setor concentrado e dependente de demanda doméstica (EMBRAPA, 2016).

Por outro lado, embora seu potencial tenha despertado iniciativas por parte do governo para o desenvolvimento da cadeia produtiva do leite (EMBRAPA, 2016), a produtividade nas unidades de produção de leite ainda é afetada por fatores como a falta de investimento nesta atividade e a capacidade de adotar inovações tecnológicas (Bassotto et al., 2022), os quais podem impactar na eficiência da produção e no bem-estar do gado.

Com isso, o surgimento da Indústria 4.0, também conhecida como quarta revolução industrial, marcou de forma significativa como as empresas operam e inovam, uma vez que trouxe consigo uma onda de transformações, principalmente em setores tradicionais que, para se manterem competitivos, se viram diante da necessidade de se adaptar através da convergência de tecnologias digitais, automação avançada e integração de sistemas inteligentes (EPO, 2020). Conceitos como manufatura aditiva, inteligência artificial, internet das coisas, big data e computação em nuvem são contemplados por esta (Frank et al., 2019), e suas aplicações permitem não só um aumento da eficiência produtiva, como também possuem capacidade de melhorar o impacto no desenvolvimento social e ambiental sustentável (Bai et al., 2020).

No contexto da pecuária com foco em gado leiteiro, a implementação dos conceitos da Indústria 4.0 se mostrou altamente vantajosa (Kraft et al., 2022). Essa

adaptação representa uma evolução na criação do gado, uma vez que com a utilização de softwares e aplicativos, tornou-se possível gerenciar toda a criação de uma forma rápida e ágil (Gehlot et al., 2022; Kraft et al., 2022; Machado; Nantes, 2011).

Lima e Gomes (2020) sugerem que a implantação de estratégias nacionais referentes às tecnologias da Indústria 4.0 impactam positivamente a posição do país no contexto global. No entanto, apesar de algumas regiões brasileiras, especialmente o Sul, se destacarem na inovação tecnológica voltada para gado leiteiro (Andrade et al., 2023), a falta de estudos a respeito da pecuária 4.0 no Brasil dificulta a obtenção de um panorama nacional desse setor.

Logo, diante da crescente integração de tecnologias avançadas impulsionada pela Indústria 4.0, o objetivo deste estudo é realizar um mapeamento tecnológico de documentos de patentes relacionados à pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro, visando compreender e explorar as inovações que estão impulsionando a eficiência na produção leiteira.

2 METODOLOGIA

Com o intuito de entender o atual e futuro cenário das tecnologias no setor da pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro, optou-se por realizar um mapeamento tecnológico. Esse mapeamento tecnológico foi conduzido por meio de uma extensa análise de patentes, utilizando a base de dados Orbit Intelligence como fonte de informações. Tal estratégia permite identificar, avaliar e adotar tecnologias relevantes que são capazes de impulsionar a inovação, facilitando a tomada de decisões estratégicas por meio da compreensão do panorama tecnológico.

Para realizar o mapeamento, foram definidas inicialmente palavras em inglês específicas para o setor de interesse, além do uso de termos booleanos “AND” e “OR”. Ademais, as palavras-chave foram pesquisadas nos campos de título, resumo e reivindicações. Abaixo se encontram as palavras-chave utilizadas na busca por patentes no setor da pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro:

- Pecuária: (livestock)
- Gado leiteiro: (dairy cattle **OR** dairy cow)



- Indústria 4.0: (artificial intelligence **OR** internet of things **OR** iot **OR** big data **OR** data analysis **OR** data mining **OR** machine learning **OR** cloud)

Ao fim, obteve-se o seguinte critério de busca:

((LIVESTOCK)/TI/AB/CLMS AND (DAIRY CATTLE OR DAIRY COW)/TI/AB/CLMS AND (ARTIFICIAL INTELLIGENCE OR INTERNET OF THINGS OR IOT OR BIG DATA OR DATA ANALYSIS OR DATA MINING OR MACHINE LEARNING OR CLOUD)/TI/AB/CLMS)

A busca foi realizada durante o mês de novembro de 2023, sem delimitação temporal ou espacial.

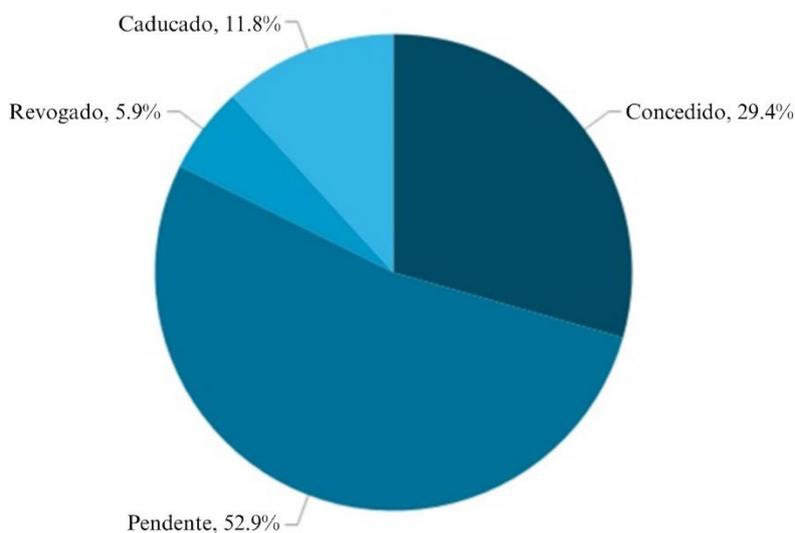
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do termo de busca gerado, foram encontradas ao todo 17 famílias de patentes, das quais todas foram incluídas na análise.

Analisando o panorama legal das famílias de patentes (Figura 1), 82.4% (14 famílias de patente) se encontram como vigentes, ou seja, invenções que estão válidas e em vigor, destacando o potencial contínuo de inovação e aplicação prática dentro do setor. Aprofundando a análise, é importante distinguir entre as patentes concedidas e pendentes. Logo, das patentes vigentes, cinco (29.4%) já foram concedidas, isto é, passaram pelo processo de exame e foram oficialmente reconhecidas como novas, inventivas e passíveis de proteção legal. Já as outras nove patentes (52.9%) se encontram como pendentes, portanto, estão aguardando uma decisão final das autoridades responsáveis.

Por outro lado, as patentes não vigentes representam invenções que, por diversas razões, não possuem validade legal. Diante disso, os resultados demonstraram que dentre essas patentes, duas (11.9%) se encontram caducadas. O estado de caducidade significa que a patente perdeu sua validade antes do término normal do prazo de proteção, por conta da falta de pagamento de taxas ou o não cumprimento de requisitos legais. Ademais, uma patente (5.9%) foi revogada, indicando que, embora tenha sido inicialmente concedida, foi posteriormente retirada ou anulada, geralmente por conta de processos legais ou descoberta de irregularidades durante sua vigência.

Figura 1 - Situação Legal

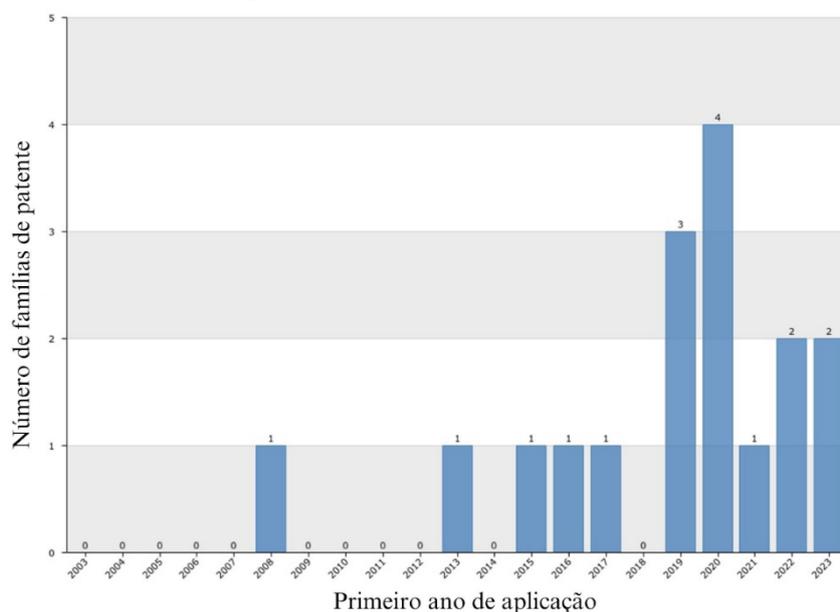


Fonte: Elaborado pelos autores a partir da plataforma Orbital Intelligence (2023).

Nesse sentido, o predomínio de patentes vigentes aponta que a maioria dos documentos de patentes emitidos nesse setor ainda estão válidos e em vigor, desta forma, continuam a conferir direitos exclusivos ao titular sobre a invenção. Esse cenário pode indicar um ambiente dinâmico e ativo de inovação.

No que se refere aos anos de aplicações dessas patentes, a inserção de tecnologias digitais, automação avançada e sistemas inteligentes iniciou no ano de 2008. A partir disso, nota-se que houve um aumento gradual no número de aplicações de patentes nesse setor, tendo o seu pico no ano de 2020 com um total de 4 patentes (Figura 2).

Figura 2 - Tendência de investimento

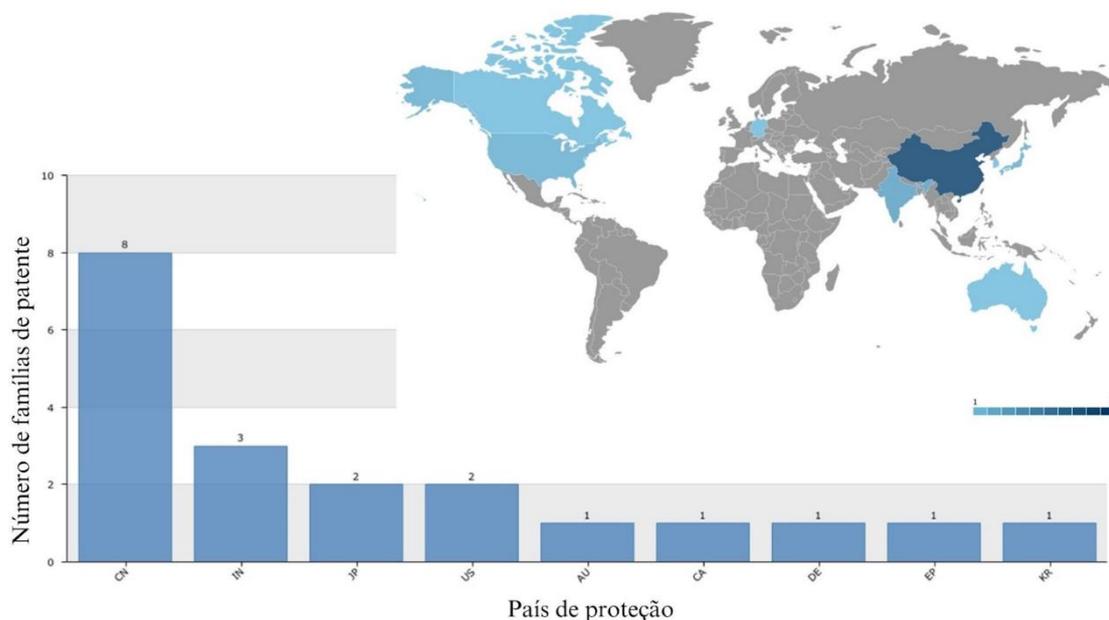


Fonte: Elaborado pelos autores a partir da plataforma Orbital Intelligence (2023).

Esse aumento de patentes pode refletir um crescente interesse e investimento em inovação e tecnologia no setor da pecuária 4.0, sugerindo uma maior adoção de tecnologias digitais na produção pecuária. Além disso, esse aumento de aplicações pode indicar um aumento da competitividade no setor, à medida que mais empresas buscam inovar e se diferenciar. Se essa tendência de aumento perpetuar, pode-se esperar no futuro ainda mais avanços tecnológicos e inovações nesse setor. No entanto, vale ressaltar que outros fatores que abrangem políticas governamentais, condições de mercado e questões ambientais também influenciam no ritmo e direção da inovação dessas tecnologias, se tornando questões importantes a serem levadas em consideração.

Dentre os avanços no cenário da pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro, foi identificado os principais mercados e em quais países houveram mais depósitos (Figura 3). Entre os países identificados, incluem-se China, Índia, Japão, Estados Unidos, Austrália, Alemanha e Coreia do Sul. Somado a isso, tem-se a participação de nações integrantes da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) e da Organização Europeia de Patentes (EPO/EPO).

Figura 3 - Distribuição Geográfica das famílias de patentes por país de proteção



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da plataforma Orbital Intelligence (2023).

A China emergiu como o país líder em depósitos no setor da Pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro, demonstrando seu relevante engajamento e liderança neste domínio. A justificativa para tal resultado pode estar ligada ao seu comprometimento contínuo com a inovação e o avanço tecnológico, uma vez que a China vem se destacando como líder mundial em depósitos de patentes (WIPO, 2022). Além disso, a pesquisadora chinesa Bing Jiang e colaboradores (2023) destacaram que não só houve um aumento considerável no número de pesquisas voltadas para pecuária de precisão na China, como também, no ano de 2016, o país desenvolveu vários programas de pesquisa e desenvolvimento, os quais permitiram que institutos de pesquisa fossem capazes de realizar P&D em variados níveis com o intuito de promover a pecuária inteligente.

O governo chinês lançou em 2015 o projeto “Made in China 2025”, que visa transformar a China em uma potência industrial de alta tecnologia, estimulando o desenvolvimento e a inovação em setores-chave e buscando a autonomia tecnológica e redução da dependência de tecnologias estrangeiras (LI, 2018). Esse projeto está intimamente interligado à Indústria 4.0, visto que ambos buscam modernizar e impulsionar a indústria através da incorporação de tecnologias avançadas, os quais

incluem: *i*) a automatização e digitalização de processos industriais, incorporando tecnologias como Internet das coisas (IoT), inteligência artificial, big data e automação avançada; *ii*) a promoção da inovação tecnológica para impulsionar o desenvolvimento econômico sustentável; *iii*) a promoção da conectividade entre máquinas, sistemas e processos, o que permite uma resposta mais ágil às mudanças nas condições de produção (Müller; Voigt, 2018). Diante disso, tais tecnologias aplicadas na pecuária leiteira colaboram para impulsionar sua eficiência e sustentabilidade.

Por fim, a consonância entre o projeto "Made in China 2025" e a visão da Indústria 4.0 reflete a determinação da China em se destacar como uma potência tecnológica. Os resultados obtidos sugerem que esses investimentos não são voltados apenas para setores industriais tradicionais, mas também em segmentos emergentes, como a pecuária 4.0. Essa busca por modernização, impulsionada por inovações tecnológicas, pode estar diretamente ligada ao posicionamento da China como a principal depositante de tecnologias voltadas para esse setor. Ao alinhar estratégias nacionais com os princípios da Indústria 4.0, a China busca não apenas melhorar a eficiência e a sustentabilidade de suas produções, como também estabelecer sua liderança global ao impulsionar a adoção de tecnologias avançadas (Müller & Voigt, 2018).

Em relação à Índia, não foram encontrados muitos dados científicos que justifiquem seu surgimento em segundo lugar com mais depósitos de patentes. No entanto, essa posição pode estar ligada ao fato que o país é o segundo maior produtor de leite do mundo (Leite, 2020), nesse contexto, esse resultado pode sugerir que a Índia está investindo em inovação e pesquisa nesse setor, procurando melhorar sua produção e eficiência através do desenvolvimento de novas tecnologias e práticas para a criação de gado e melhoria da qualidade do leite. Somado a isso, o país tem demonstrado um compromisso contínuo com a propriedade intelectual, fato evidenciado pelo aumento de 5,5% nos depósitos de patentes no ano de 2021 (WIPO, 2022). Logo, se torna provável que essa posição seja um reflexo dos esforços para promover a inovação e proteger as invenções nesse setor. Porém, são necessárias mais pesquisas para entender de forma mais clara os fatores que contribuem para esse aumento de depósitos.

Além da China e Índia, outros países como Estados Unidos, Alemanha, Coreia do Sul e Japão também possuem um forte interesse na Indústria 4.0 (Lucena; Roselino; Diegues, 2020), e podem ser vistos entre os países que possuem patentes protegidas em seus territórios nesse campo.

Apesar dos Estados Unidos se destacar por ser um dos países que têm investido fortemente na modernização e produção industrial em busca da liderança mundial (Vermulm, 2018), ficou evidente que no campo da pecuária 4.0 a China se destacou notavelmente mais. Tal resultado sugere que a alocação maciça de recursos e investimentos em pesquisa e desenvolvimento no território chinês estão superando substancialmente as iniciativas dos Estados Unidos.

Embora o Brasil seja reconhecido como um importante produtor de leite (Rocha, Carvalho; Resende, 2020), o mapeamento tecnológico evidenciou que o cenário da pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro nacional apresenta uma lacuna no que se refere ao desenvolvimento de tecnologias por parte de instituições brasileiras. Essa ausência de patentes resulta em um ambiente em que a modernização e a adoção de práticas avançadas no manejo de gado leiteiro não alcançam o seu potencial. Ademais, esse cenário representa não só um desafio para o aumento da eficiência produtiva, como também se torna uma oportunidade perdida para posicionar o país como um protagonista na vanguarda das práticas sustentáveis e tecnologicamente avançadas na pecuária do leite.

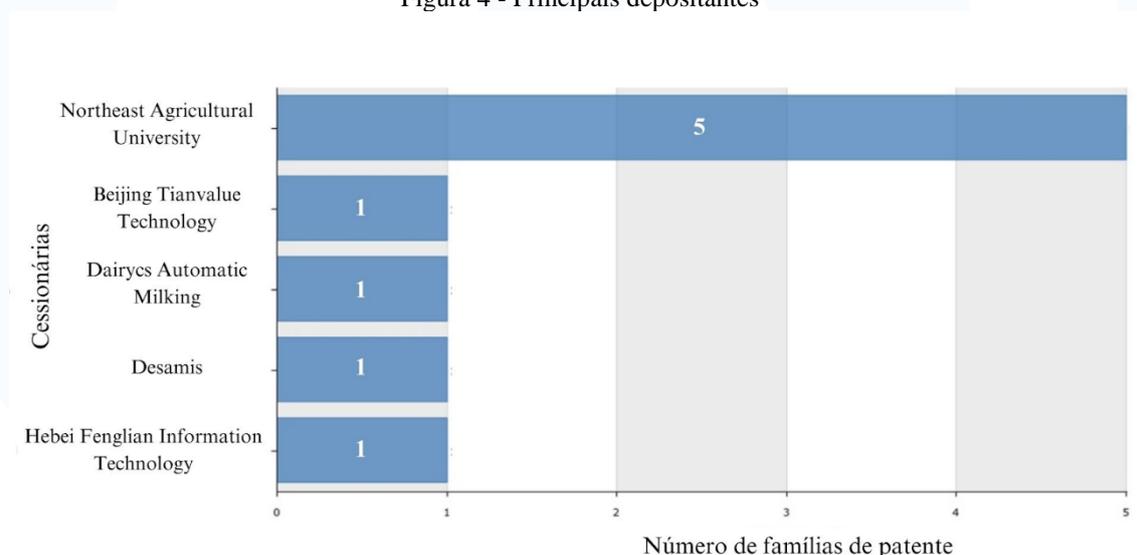
Segundo Vermulm (2018), o Brasil, apesar de ter iniciativas para implementação da Indústria 4.0, ainda enfrenta desafios como a falta de um Plano Nacional e coordenação entre as instituições públicas e o setor privado. As propostas apresentadas em documentos muitas vezes divergem, o que evidencia a falta de uma coordenação e de uma definição política, contrastando com países como Estados Unidos e China que formularam estratégias nacionais de longo prazo (Vermulm, 2018). A necessidade de maior sinergia entre o setor público, a iniciativa privada e instituições de pesquisa também se destaca como um elemento crucial para impulsionar a inovação no contexto da pecuária 4.0 em território nacional.

Logo, diante desse cenário, nota-se que a falta de uma abordagem estratégica e integrada tem contribuído para a ausência do Brasil no desenvolvimento robusto de

tecnologias avançadas para o gado leiteiro. Com isso, se torna crucial estimular a inovação e o empreendedorismo tecnológico nesse setor, garantindo que o país tenha um crescimento sustentável e capacidade de competitividade nesse campo.

No setor da pecuária 4.0 com foco em gado leiteiro, a Northeast Agricultural University se destacou como principal depositante, possuindo cinco famílias de patentes (Figura 4). Fundada em 1948, a Northeast Agricultural University é uma universidade agrícola de alto nível localizada na China, especializada em ciências agrícolas e com foco em ciências da vida e alimentares (NEAU, 2023). Tal resultado reforça o papel ativo da China no desenvolvimento desse setor, destacando seu compromisso em melhorar a eficiência e a sustentabilidade da indústria pecuária.

Figura 4 - Principais depositantes

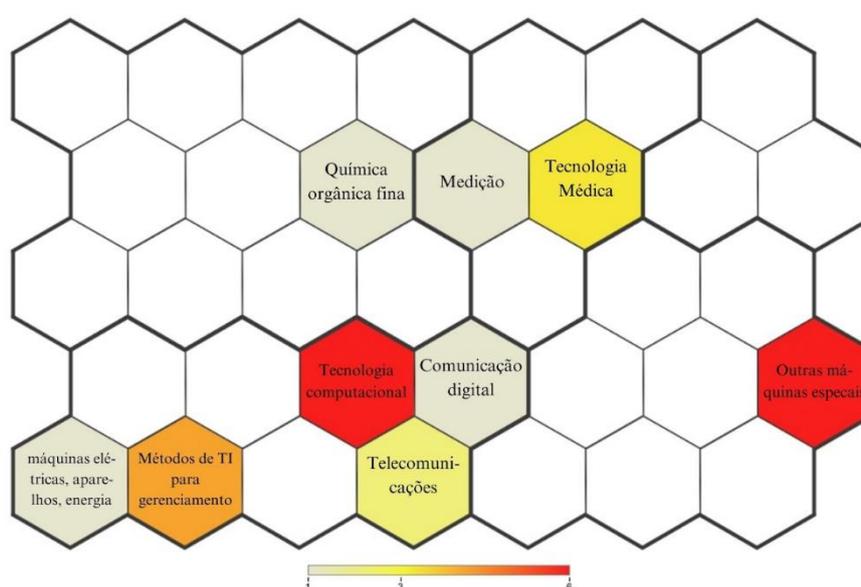


Fonte: Elaborado pelos autores a partir da plataforma Orbital Intelligence (2023).

Outras organizações como Beijing Tian Value Technology, Dairy Automatic Milking, Desamis e Hebei Fenglian Information Technology também contribuem para o setor, cada uma com uma família de patentes. Esses depositantes estão exercendo um papel de suma importância no avanço da tecnologia na pecuária 4.0, particularmente no que diz respeito ao gado leiteiro.

Em relação aos domínios tecnológicos, ao avaliar as inovações foram encontradas ao todo nove áreas de domínio tecnológico. Dessas áreas encontradas, as que mais se destacaram foram: outras máquinas especiais, tecnologia computacional, métodos de TI para gerenciamento e tecnologias médicas (Figura 5).

Figura 5 - Domínio tecnológico



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da plataforma Orbital Intelligence (2023).

Essas nove áreas de domínio tecnológico identificadas apresentam as direções referentes às principais frentes de desenvolvimento. Esses avanços estão transformando a indústria da pecuária, particularmente no setor de gado leiteiro.

Ao analisar mais a fundo esses resultados, temos inicialmente outras máquinas especiais. Este domínio pode incluir diversas tecnologias e equipamentos especializados utilizados na pecuária 4.0, os quais podem incluir desde robôs para ordenha automatizada até drones para monitoramento de rebanhos (Gehlot et al., 2022).

As invenções relacionadas a esse domínio incluem métodos de identificação do comportamento de ruminação em tempo real de vacas leiteiras baseado em cálculo de borda, em que, após ter um conjunto de dados pré-processados, pode ser capaz de identificar esse comportamento em tempo real através de algoritmos de identificação

baseado na melhoria do KNN, e que, ao fim, gera uma redução na pressão de transmissão de dados e quantidade de computação em nuvem, por conseguinte, proporcionando um maior desempenho e eficiência (Zhang et al., 2021). Além disso, há também uma plataforma inteligente de gerenciamento de celeiros, a qual é baseada na internet das coisas e inteligência artificial (Son, 2020). Este possui a capacidade de fotografar o interior de celeiros em tempo real através de uma câmera inteligente, realizar um reconhecimento individual, identificar a presença ou ausência de distúrbios, e no caso de doenças, monitorar seus sintomas em tempo real e lidar de forma imediata em situações anormais (Son, 2020). Tal invenção também engloba o domínio tecnológico de métodos de TI para gerenciamento.

Na mesma linha de monitoramento, Villalobos, Sanchez e Meneses (2020) descrevem uma invenção baseada em métodos e sistemas de monitoração de gado em tempo real, utilizando tecnologias voltadas para identificação por radiofrequência, que incluem ao menos uma memória de armazenamento de instruções, um processo para executar essas instruções, um banco de dados para armazenar os dados de cabeças de gado de forma individual através de uma etiqueta de identificação por radiofrequência, antenas que leem as informações transmitidas por essas etiquetas e armazenam os dados obtidos no banco de dados, servidores que analisam essa informações, e que também permitem observar comportamentos alimentares anormais.

Um sistema de alcance de cúpula livre (FDR) composto de pelo menos um trilho frontal elevado e um trilho elevado traseiro, bem como uma pluralidade de unidades móveis também é descrito por Brayer (2020). Sua invenção também descreve a exploração leiteira por meio do uso de baias lado a lado, sendo elas configuradas por meio de tamanho e formato para acomodar o gado leiteiro, ainda divulga meios e métodos para que, em uma baía, uma porta se encontre localizada entre o animal e a linha de alimentação seja configurada com o intuito de impedir ou limitar o acesso livre do animal à sua alimentação (Brayer, 2020).

Em segundo temos a tecnologia computacional. Esta desempenha um papel importante nesse setor, uma vez que inclui o uso de algoritmos avançados e aprendizado de máquinas que realizam análises de grandes conjuntos de dados coletados por sensores

e dispositivos de monitoramento. Esses dados podem ser utilizados na otimização da produção de leite, melhoramento do bem-estar do gado e aumento da eficiência geral (Gehlot et al., 2022; Santos et al., 2022).

Além das invenções anteriormente mencionadas que também se enquadram nesse domínio (Zhang et al., 2021; Villalobos et al., 2020). Foi encontrada uma invenção que diz respeito a um método de previsão de energia de ingestão diária para vacas leiteiras, através de uma máquina de aprendizagem nuclear extrema (Fu et al., 2019). Tal método se destaca por ser um modelo de aprendizado de máquina sem parâmetros, permitindo previsões precisas com base nas amostras de treinamento, e envolve desde medição diária de dados de ingestão de nutrientes e energia das vacas, até obtenção de uma função de saída com base no modelo KELM de previsão (Fu et al., 2019).

Já a invenção descrita por Zhao et al. (2020) se trata de um dispositivo que obtém nuvens de pontos tridimensionais da região do peito do gado leiteiro. Somado a isso, o dispositivo possui um rack em forma de moldura como um canal em que os animais podem passar, além de um conjunto fotográfico composto por equipamentos fotográficos localizados na parte esquerda, direita e inferior no rack, os quais são responsáveis por capturar imagens dos peitos dos animais de forma simultânea, formando nuvens de pontos tridimensionais. Tal inovação evita que ocorram erros subjetivos na avaliação, além de eliminar o contato direto entre técnicos e animais, logo, atenuar riscos de segurança ligados à inspeção manual (Zhao et al., 2020).

Utilizando uma rede neural convolucional, baseada em visão computacional e tecnologia de identificação inteligente, outra invenção aponta um método para identificar o comportamento de ruminção em vacas leiteiras (Zhang et al., 2019a). De acordo com Zhang e colaboradores (2019a), a invenção compreende uma câmera que registra os movimentos da boca da vaca em diferentes estados, como calma, ingestão e ruminção, tais dados são armazenados em um hardware, com backup em nuvem por meio de um *hotspot* móvel, tecnologia de transmissão de dados em nuvem e um servidor de bancos de dados, e, posteriormente, um modelo SSD de rede neural convolucional é estabelecido com Python e Tensor Flow, identificando de forma eficiente a face e o estado da vaca na Figura.

Também envolvendo a utilização de câmeras, a invenção descrita por Chen (2023) apresenta um método e sistema para realização de contagem dinâmica da quantidade de gado baseado em reconhecimento inteligente de Figura. O algoritmo de reconhecimento é treinado para detectar o estado do equipamento da câmera, gravar vídeos, processar a extração de quadros e realizar inspeção de qualidade, permitindo o conhecimento em tempo real sobre a produção diária do gado leiteiro e realização de contagem.

Métodos de TI para gerenciamento se encontram em terceiro e se referem ao uso de tecnologias de informações para melhorar a gestão e operação, no caso deste artigo, de fazendas de gado leiteiro. Estes podem estar relacionados a sistemas de gerenciamento de fazendas, softwares de rastreamento de animais, e até mesmo aplicativos móveis para o monitoramento em tempo real (Machado & Nantes, 2011).

Nesta mesma direção, a invenção de Yang, Zhang e Xu (2022) faz referência a um método estatístico e de identificação de alimentação e ruminância de vaca leiteiras baseado em Tensor Flow.js, em que inclui treinamento de modelo e implementação em navegadores, reduz custos e torna a tecnologia mais acessível. A invenção também demonstra eficácia na identificação de comportamentos desses animais (Yang; Zhang; Xu, 2020).

Outra invenção apresenta um sistema de gerenciamento de atividade/estado para gado, em que inclui um módulo sensor anexado a uma vaca, equipado com um sensor de aceleração triaxial (Seike, 2016). Uma unidade de determinação de atividade/estado utiliza os valores de medição deste sensor para identificar diferentes condições físicas e gestão do gado, procurando melhorar a eficiência da produção do leite, carne bovina e atividades relacionadas (Seike, 2016). Esta invenção também se enquadra em outras máquinas especiais.

Por último, tecnologias médicas aparecem em quarto e podem estar relacionadas a uma variedade de ferramentas técnicas que podem ser utilizadas para monitorar e melhorar a saúde do gado leiteiro, como sua utilização para melhorar a genética do gado, por conseguinte, melhorar a produção de leite (Silpa et al., 2021).

As patentes que se enquadram em tecnologias médicas são voltadas para métodos de reconhecer a ingestão de alimentos e a ruminância em bovinos leiteiros baseados na

aceleração triaxial, em que o sistema inclui um módulo de aquisição de dados, outro para recepção sem fio e software para PC (ZHANG et al., 2019b).

Há também uma invenção referente a uma gravata eletrônica multifuncional de energia solar portátil para vacas leiteiras, a qual pode ser controlada remotamente através de uma rede de computadores e é equipada com um sistema de monitoramento sem fio e controle remoto, utilizando GPS para determinar a localização exata da vaca leiteira baseado na latitude e longitude (Zhao; Zhao, 2008). Além disso, apresenta um sistema de computador central ou um sistema telefônico de sensoriamento remoto sem fio que é utilizado para rastrear e monitorar o rebanho em todas as direções (Zhao; Zhao, 2008). Está também se encontra dentro do domínio de outras máquinas especiais.

Por último, tem-se uma invenção relacionada ao monitoramento da saúde de vacas leiteiras através do uso de um sistema de automação agrícola, que através de sensores, pode ser capaz de coletar informações como comportamento animal, temperatura e frequência cardíaca, podendo avaliar continuamente a saúde dos animais de forma individual e diagnosticar e tratar de forma rápida aqueles que estão doentes (Naresh et al., 2023).

4 CONCLUSÃO

A inclusão de tecnologias da Indústria 4.0 pela pecuária leiteira representa um marco significativo na evolução desse setor, uma vez que oferece oportunidades inovadoras e transformadoras. Ademais, a aplicação gradual de patentes nessa área indica uma evolução tecnológica da pecuária, através da integração de sistemas inteligentes, monitoramento de dados em tempo real e a automação dos processos, ressaltando a necessidade contínua de inovação para impulsionar a produtividade, a qualidade e a competitividade na pecuária moderna.

O predomínio da China como líder em depósitos de patentes nesse setor destaca-se como um reflexo direto de suas medidas políticas proativas e investimentos em pesquisa e inovação. A busca estratégica por avanços tecnológicos e a criação de um ambiente favorável para o desenvolvimento de soluções voltadas para a pecuária, aliadas aos incentivos do governo, proporcionaram ao país uma posição de destaque na adoção e

criação de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 voltada para a pecuária leiteira. Além disso, o interesse pela Indústria 4.0 propiciou que países como Alemanha, Estados Unidos, Índia, Japão e Coreia do Sul surgissem nesse mapeamento, levando em consideração que China e Estados Unidos disputam pela liderança mundial no que tange a Indústria 4.0.

Os resultados encontrados mostraram que a integração de dispositivos conectados, inteligência artificial, análise de dados em larga escala e a automação nos processos pecuários são capazes de otimizar a produção, melhorar a eficiência operacional e elevar os padrões de saúde e bem-estar do gado. Isso foi demonstrado através da aplicação de sensores para monitorar a saúde, sistemas de rastreamento inteligente e utilização de algoritmos avançados que proporcionam informações valiosas em tempo real e possibilita tomada de decisões rápidas e precisas.

Dessa forma, há uma necessidade urgente de iniciativas que explorem e promovam a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias avançadas na pecuária leiteira brasileira, visando não apenas aprimorar a produção, mas também incluir o país no cenário global.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. G.; OLIVEIRA, S. J. M. O.; HOTT, M. C.; JUNIOR, W. C. P. M.; CARVALHO, G. R.; ROCHA, D. T. Evolução recente da produção e da produtividade leiteira no Brasil. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 5, e1888, p. 01-12, maio 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n5-075. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n5-075>. Acesso em: 27 nov. 2023.

BAI, C.; DALLASEGA, P.; ORZES, G.; SARKIS, J. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. **Int. J. Production Economics**, [s.l.], v. 229, 107776, nov. 2020. DOI: [10.1016/j.ijpe.2020.107776](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>. Acesso em: 26 nov. 2023.

BASSOTTO, L. C.; LOPES, M. A.; BRITO, M. J.; BENEDICTO, G. C. Eficiência produtiva e riscos para propriedades leiteiras: uma revisão integrativa. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, [s.l.], v. 60, n. 4, e245277, 2022. DOI: [10.1590/1806-9479.2021.245277](https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.245277). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.245277>. Acesso em: 24 nov. 2023.

BRAYER, E. **A dairy farm with a single or multiple frontal elevated roads**. Depositante: Dairycs Automatic Milking. Procurador: The Roy Gross Law Firm, LLC. US11528884 B2. Data de depósito: 27 ago. 2020. Data de concessão: 20 dez. 2022.

CHEN, Z. **Channel dynamic livestock quantity counting method and system based on intelligent image recognition**. Depositante: Beijing Chuanjia Technology. Procurador: Zhang Chaoyuan. CN116682032 A. Data de depósito: 03 abr. 2023.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos. Editores técnicos: VILELA, D.; FERREIRA, R. P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. Brasília: Embrapa, 2016. 435 p.

EPO- European Patent Office. **Patents and the Fourth Industrial Revolution: The global technology trends enabling the data-driven economy** December 2020. Munique: EPO, 2020. 72p.

FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **Int. J. of Production Economics**, [s.l.], v. 210, p. 15-26, abr. 2019. DOI: [10.1016/j.ijpe.2019.01.004](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>. Acesso em: 26 nov. 2023.

FU, Q; SHEN, W; WEI, X; HUANG, J; XIN, H. ZHANG, Y. **A dairy cow daily ration digestion energy prediction method based on a nuclear extreme learning machine**. Depositante: Northeast Agricultural University. CN109886350 A. Data de depósito: 25 fev. 2019.

GEHLOT, A.; MALIK, P. K.; SINGH, R.; AKRAM, S. V.; ALSUWIAN, T. Dairy 4.0: Intelligent Communication Ecosystem for the Cattle Animal Welfare with Blockchain and IoT Enabled Technologies. **Appl. Sci.**, [s.l.], v. 12, n. 14, 7316, jul. 2022. DOI: [10.3390/app12147316](https://doi.org/10.3390/app12147316). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app12147316>. Acesso em: 28 nov. 2023.

JIANG, B; TANG, W.; CUI, L.; DENG, X. Precision Livestock Farming Research: A Global Scientometric Review. **Animals**, [s.l.], v. 13, n. 13, 2096, jun. 2023. DOI: [10.3390/ani13132096](https://doi.org/10.3390/ani13132096). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani13132096>. Acesso em: 27 nov. 2023.

KRAFT, M. *et al.* Can Livestock Farming Benefit from Industry 4.0 Technology? Evidence from Recent Study. **Appl. Sci.**, [s.l.], v. 12, n. 24, 12844, dez. 2022. DOI: [10.3390/app122412844](https://doi.org/10.3390/app122412844). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app122412844>. Acesso em: 25 nov. 2023.

LEITE, J. L. B. **O Comércio Internacional do Agronegócio do Leite**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2020. 25p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217973/1/Circular-tecnica-121.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

LI, L. China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of “Made-in-China 2025” and “Industry 4.0”. **Technological Forecasting and Social Change**, [s.l.], v. 135, p. 66-74, out. 2018. DOI: [10.1016/j.techfore.2017.05.028](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.028). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.028>, Acesso em: 28 nov. 2023.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Rev. Bras. Inov.**, Campinas, v. 19, p. 1-30, e0200023, 2020. DOI: [10.20396/rbi.v19i0.8658766](https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658766). Disponível em: <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658766>. Acesso em: 24 nov. 2023.

LUCENA, F. A; ROSELINO, J. E.; DIEGUES, A. C. A Indústria 4.0: Uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, China, Coréia do Sul e Japão. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 75, p. 113-138, mai./ago. 2020. DOI: [10.5007/1982-5153.2020v35n75p113](https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n75p113). Disponível em: <http://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n75p113>. Acesso em: 26 nov. 2023.

MACHADO, J. G. C. F; NANTES, J. F. D. Adoção da tecnologia da informação em organizações rurais: o caso da pecuária de corte. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 18, n. 3, p. 555-570, 2011. DOI: [10.1590/S0104-530X2011000300009](https://doi.org/10.1590/S0104-530X2011000300009). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2011000300009>. Acesso em: 29 nov. 2023.

MÜLLER, J. M.; VOIGT, K. I. Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025. **Int. J. of Precis. Eng. and**

Manuf.-Green Tech, [s.l.], v. 5, p. 659–670, 2018. DOI: 10.1007/s40684-018-0056-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40684-018-0056-z>. Acesso em: 29 nov. 2023.

NARESH, R. *et al.* **Health monitoring device for dairy cows using internet of things**. Depositantes: Aishwarya B., Arumugam Sajeev Ram, Babu Vasim M., Gomathi V., Kumar Vinoth CNS, Naresh R., Padmavathi U., Parameswari Preethi S., Sudha D., Vani Kalai V. IN202341027045 A. Data de depósito: 12 abr. 2023.

NEAU- Northeast Agricultural University. About NEAU, 2023. Disponível em: https://english.neau.edu.cn/About_NEAU.htm. Acesso em: 28 nov. 2023.

RAMIREZ, J. *et al.* Wastes to profit: a circular economy approach to value-addition in livestock industries. **Animal Production Science**, [s.l.], v. 61, n.6, p. 541-550, 2021. DOI: 10.1071/AN20400. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/AN20400>. Acesso em: 25 nov. 2023.

ROCHA, D. T.; CARVALHO, G. ; RESENDE, J. C. **Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2023. 15 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215880/1/CT-123.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SANTOS, C. A.; LANDIM, N. M. D.; ARAÚJO, H. X.; PAIM, T. P. Automated System for Estrous and Calving Detection in Dairy Cattle. **AgriEngineering**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 475-482, 2022. DOI: [10.3390/agriengineering4020031](https://doi.org/10.3390/agriengineering4020031). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriengineering4020031>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SEIKE, K. **Cattle activity/state management system**. Depositante: Desamis, Seike Koji. Procurador: KOBAYASHI, Hiroshi et al. JP6409028 B2. Data de depósito: 30 nov. 2016. Data de concessão: 06 set. 2022.

SILPA, M. V. et al. Climate-Resilient Dairy Cattle Production: Applications of Genomic Tools and Statistical Models. **Front. Vet. Sci.**, [s.l.], v. 8, 625189, abr. 2021. DOI: doi.org/10.3389/fvets.2021.625189. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.625189>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SON, M. **Iot and ai-based smart hanwoo barn management platform**. Depositante: SAEMA. KR10-2022-0067557 A. Data de depósito: 16 nov. 2020.

VERMULM, R. **Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil**. São Paulo: IEDI, 2018. 30 p. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15486>. Acesso em: 28 nov. 2023.

VILLALOBOS, J. R.; SANCHEZ, O.; MENESES, C. **Systems, methods, and apparatuses for implementing real time beef cattle monitoring utilizing radio-frequency identification (rfid) based technologies**. Depositante: Skysong Innovations.

Procurador: Elliott, Ostrander & Preston, P.C. US11432531 B2. Data de depósito: 23 mar. 2020. Data de concessão: 06 set. 2022.

WIPO- World Intellectual Property Organization. **Com crescimento impulsionado pela Ásia, depósitos de PI em todo o mundo registram novo recorde histórico em 2021.** Genebra: WIPO Media Center, 2022. Disponível em: https://www.wipo.int/pressroom/pt/articles/2022/article_0013.html. Acesso em: 28 nov. 2023.

YANG, Z.; ZHANG, Y.; XU, J. **Dairy cow feeding and rumination identification and statistical method based on tensorflowjs.** Depositante: Northeast Agricultural University. CN114582015 A. Data de depósito: 01 mar. 2022.

ZHANG, Y. et al. **Dairy cow real-time rumination behavior identification method based on edge calculation.** Depositante: Northeast Agricultural University. Procurador: Liu Jingxiang. CN113608860 A. Data de depósito: 08 jun. 2021.

ZHANG, Y. et al. **Dairy cow rumination behavior recognition method based on ssd convolutional neural network.** Depositante: Northeast Agricultural University. CN110781870 A. Data de depósito: 29 nov. 2019a.

ZHANG, Y; SHEN, W.; CHENG, F.; WEI, X.; FU, Q.; ZHANG, Y. **Triaxial-acceleration-based recognition method of feed intake and rumination in dairy cattle.** Depositante: Northeast Agricultural University. CN110720928 A. Data de depósito: 29 nov. 2019b

ZHAO, K.; LIU, X.; ZHANG, R.; DENG, G. **Device for obtaining three-dimensional point cloud of milk animal breast area.** Depositante: Henan University Of Science & Technology. Procurador: Wang Zilong. CN112419414 B. Data de depósito: 07 dez. 2020. Data de concessão: 07 mar. 2023.

ZHAO, H.; ZHAO, Z. **Pc network remote-control cow matching portable solar-energy multifunctional electric necktie.** Depositante: Zhao Zengyou. CN201171316 Y. Data de depósito: 18 jan. 2008.