

Inteligência artificial para predição de doenças em bovinos através de imagens: uma revisão sistemática da literatura

Rui Antonio da Rocha Lorensi¹[0000-0002-0215-9547],
Sandro da Silva Camargo¹[0000-0001-8871-3950], and
Teresa Cristina Moraes Genro^{1,2}[0000-0001-9601-9619]

¹ Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada,
Universidade Federal do Pampa, Bagé, RS, Brasil
<http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/ppgcap/>
{ruilorensi.aluno,
sandrocamargo}@unipampa.edu.br

² Embrapa Pecuária Sul, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária,
cristina.genro@embrapa.br

Resumo Os avanços tecnológicos proporcionam cada vez mais recursos para o setor agropecuário. O uso da inteligência artificial para a criação de soluções que contribuam com detecção ou diagnóstico de doenças em animais pode ser um recurso para amenizar perdas e reduzir custos da produção. A inteligência artificial, e principalmente sua subárea de Aprendizado de Máquina, possibilita construir modelos capazes de reconhecer padrões que possam ser utilizados para diagnóstico automático de doenças. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi construir um protocolo de revisão sistemática de literatura, com foco na aplicação da inteligência artificial para predição de doenças em animais, a partir de imagens, e apresentar os resultados obtidos. Foram considerados os trabalhos publicados nos últimos cinco anos que tenham sido encontrados em bases bibliográficas digitais.

Palavras-Chave: Aprendizado de máquina · Agropecuária · Tecnologia · Pecuária de Precisão · Diagnóstico por Imagem

1 Introdução

A atividade agropecuária moderna utiliza amplamente os recursos proporcionados pelas técnicas de visão computacional. De modo objetivo, Santos e outros [15] caracterizam a visão computacional como uma área dentro da inteligência artificial (IA) responsável por capturar as informações de imagens digitais. De acordo com Tschiedel e Ferreira [20], as abordagens utilizadas na agricultura e pecuária de precisão buscam a eficiência através do manejo diferenciado de áreas na agricultura e individualizado dos animais. O constante monitoramento e coleta dos dados permitem que as técnicas de IA se mantenham em constante progresso e refinamento, reduzindo dessa forma, perdas e desperdícios nas produções.

O processo de produção agropecuário deve integrar conhecimentos agrônômicos, veterinários, grandes bases de dados (*Big Data*), imagens, tecnologias inovadoras de sensores, satélites, veículos aéreos não tripulados, máquinas e robôs autônomos, softwares e plataformas em nuvem [3]. Desta forma, o conjunto de informações necessárias para a elaborar uma solução, torna-se indispensável para que ocorram as devidas evoluções.

Na utilização de IA, problemas relacionados a classificação e reconhecimento de padrões em imagens são encontrados em plantas [8,9], animais [5,6,18] e no ambiente de um modo geral [14,17]. IA pode ser utilizada nos mais diversos campos, auxiliando na criação de modelos baseados em algoritmos de aprendizado de máquina. Estes modelos podem ser criados a partir de um conjunto de dados de treinamento, ou adaptados a partir de modelos já existentes.

Diante de tantas aplicações que IA pode ser utilizada, o escopo deste trabalho limita-se a apresentar uma revisão da literatura com os mais recentes estudos que utilizem como dados de entrada imagens bovinas, processadas com o uso técnicas de inteligência artificial, para o reconhecimento, diagnóstico, predição ou classificação de doenças. O objetivo é comparar os resultados obtidos, bem como entender a arquitetura dos modelos utilizados nas pesquisas.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta o protocolo desta revisão sistemática de literatura. A Seção 3 analisa e discute os trabalhos encontrados. A Seção 4 apresenta as conclusões deste trabalho e aponta os trabalhos futuros.

2 Material e Métodos

Com base nos argumentos apresentados por Kitchenham e Charters [7], esta revisão sistemática da literatura busca identificar, avaliar e interpretar as pesquisas encontradas. Deste modo, com a proposta de sintetizar as melhores práticas aplicadas em situações reais, definiu-se um processo de revisão composto por cinco fases: i) construção do protocolo; ii) elegibilidade e seleção de estudos; iii) *string* de busca; iv) seleção dos resultados; e v) resultados.

2.1 Construção do protocolo

O foco das buscas foi localizar trabalhos que apresentem a combinação de técnicas de *deep learning* ou inteligência artificial e imagens, na busca por resultados referentes à predição e/ou identificação de doenças em rebanhos bovinos. A próxima etapa consistiu em organizar as seguintes questões condutoras da revisão:

- É possível aplicar as técnicas de inteligência artificial para identificar doenças em bovinos?
- De que forma as técnicas de inteligência artificial têm sido aplicadas na detecção de doenças bovinas?
- Quais são os resultados do uso de IA na predição de doenças dentro do manejo bovino?

2.2 Elegibilidade e seleção dos estudos

Durante a revisão sistemática foram focadas as publicações que combinam a utilização de técnicas de IA com o propósito de detecção/predição de doenças em rebanhos de uma forma geral. Foram consideradas publicações aptas os resultados encontrados no Brasil e no mundo.

Optou-se por limitar o período das publicações de artigos, teses e dissertações entre 2017 e 2022, ou seja, um intervalo de cinco anos. Esta escolha se deu em função do assunto abordado neste trabalho ser considerado relativamente novo, portanto limitando buscas irrelevantes em períodos anteriores. Nenhum outro parâmetro de seleção ou busca foi alterado dentro das bases de dados.

2.3 String de busca

As pesquisas das publicações foram realizadas nas seguintes bases de dados: *ResearchGate*³, *Nature*⁴, *IEEE Xplore*⁵, Acesso livre à informação científica da Embrapa (ALICE)⁶ e *Scopus*⁷. Para garantir que as pesquisas retornassem trabalhos relevantes e adequados à temática a ser pesquisada, foi adotada a seguinte *String* de busca: ("*artificial intelligence*"OR "*deep learning*"OR "*Convolutional neural network*"OR "*computer vision*") AND ("*image*") AND ("*prediction*") AND ("*bovine*"OR "*cattle*"OR "*calf*"OR "*calves*"), e sua respectiva tradução para português: ("*inteligência artificial*"OR "*aprendizado profundo*"OR "*redes neurais convolucionais*"OR "*visão computacional*") AND ("*imagem*"OR "*imagens*") AND ("*predição*") AND ("*bovina*"OR "*gado*").

Dessa forma, a extração dos resultados nas bases de dados resultou em um número de trabalhos variando entre 6 e 189 no total. A Tabela 1 mostra os totais de publicações localizados em cada repositório de busca.

Tabela 1. Resultados das buscas nas bases de dados.

Base de dados	Número de publicações
ResearchGate	14
Nature	189
IEEE Xplore	6
ALICE	64
Scopus	31
Total	304

³ Disponível em: <https://www.researchgate.net/>

⁴ Disponível em: <https://https://www.nature.com/>

⁵ Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

⁶ Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/>

⁷ Disponível em: <https://https://www.scopus.com/>

2.4 Seleção dos resultados

A partir dos resultados obtidos e apresentados na Tabela 1, foram realizadas algumas etapas descritas a seguir. Primeiramente, os trabalhos foram filtrados pela leitura do título, considerando relevante apenas os trabalhos que, de alguma forma, apresentassem alguma ligação com a *string* utilizada. Foram eliminados em função do título o total de 290 trabalhos, restando 14.

Em um segundo momento, foi realizada uma leitura dos resumos das publicações encontradas. Dessa maneira, foi possível observar as publicações que se abordassem a temática prevista para a revisão sistemática. Nesta etapa, trabalhos que não abordaram IA, *deep learning*, *redes neurais convolucionais* e visão computacional foram descartados. Nesta etapa, foram excluídos o total de 8 trabalhos, resultando em 6 para a próxima fase.

Na terceira, e última etapa, foi realizada a leitura das introduções e resultados/conclusões dos trabalhos selecionados na etapa anterior. Deste modo, foi avaliado e identificado quais publicações preenchiam as características pré-definidas para a revisão. A Figura 1 apresenta os resultados após cada etapa durante o processo de seleção. No total foram selecionados 3 trabalhos para a leitura completa.

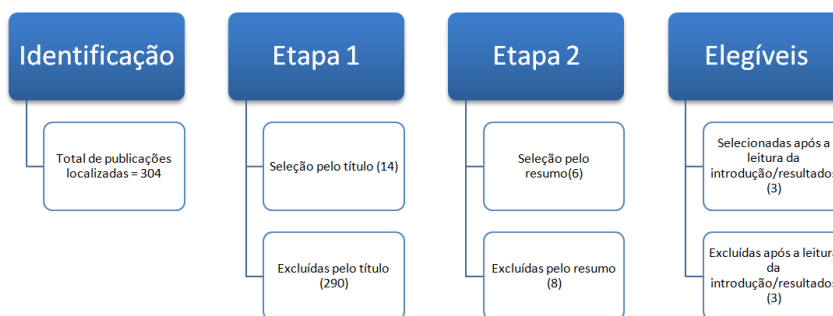


Figura 1. Fluxo de seleção dos trabalhos encontrados através da *string* apresentada na Subseção 2.3. A realização da seleção percorreu as fases de identificação dos trabalhos por meio da *string* de busca; etapa 1 com a seleção através do título; etapa 2 com a leitura do resumo; e por fim, a realização da leitura da introdução e resultados.

Fonte: Autor (2022).

3 Resultados e Discussão

As três publicações resultantes das buscas relacionadas a esta revisão sistemática, representam uma pequena amostra do quanto esta temática ainda pode ser explorada. Se em uma mão temos um vasto número de pesquisas, que abordam a combinação de técnicas de visão computacional para predição de doenças em seres humanos [1,4,12,13,16,21,11], na outra, em um número menor, alguns trabalhos que relacionam diagnósticos de doenças em bovinos utilizando visão computacional. De modo que, baseado nas diversas aplicações de IA em pesquisas realizadas com humanos, fortalece a possibilidade de obter também resultados satisfatórios e confiáveis com as produções agropecuárias. Além disso, demonstra ainda, que é possível agilizar o acesso às análises e resultados para o criador de bovinos e, dessa forma, auxiliar na escolha do tratamento adequado.

Ao realizar uma análise mais detalhada das publicações selecionadas, foi possível constatar as afirmações descritas anteriormente. No entanto, cabe destacar que as buscas realizadas limitaram-se ao número de bases descritas na Subseção 2.3, podendo haver outros trabalhos apresentados em bases distintas. Outro ponto diz respeito a pesquisas aplicadas em outros animais, a temática das buscas realizadas focou em encontrar trabalhos com bovinos, podendo haver, entretanto, pesquisas com outros animais (suínos, equinos, ovinos, etc). Na Tabela 2, são apresentados os títulos, autor(es), tema abordado no trabalho e país de origem das pesquisas localizadas.

Tabela 2. Relação dos trabalhos selecionados nas buscas após análise de título, resumo, introdução e resultados.

Item	Título	Autor/ano	Tema	Local
01	A computer vision approach to improving cattle digestive health by the monitoring of faecal samples	Atkinson et al. (2020)	Uso de visão computacional para melhorar a saúde digestiva do gado	Inglaterra
02	Diagnóstico automático de Ceratoconjuntivite Infecciosa Bovina por meio de Imagens Termográficas e Redes Neurais Convolucionais	de Freitas, D. S. et al. (2019)	Diagnóstico por imagem com Inteligência artificial	Brasil
03	Development of Noncontact Body Temperature Monitoring and Prediction System for Livestock Cattle	MA et al. (2021)	Predição de temperatura interna bovina	Japão

A pesquisa 01, apresentada por Atkinson e outros [2], tem como foco propor um método de monitorar a saúde digestiva bovina, através da utilização de visão computacional para analisar amostras fecais dos animais. Dentre os fatores que interferem no bem-estar e produtividade dos animais, os autores destacam a importância do monitoramento da saúde digestiva dos rebanhos. Esta proposta

se apresenta como uma alternativa de baixo custo e fácil uso pelo produtor, uma vez que resulta na melhoria do ajuste da carga alimentar, evitando dessa forma a subalimentação ou superalimentação e, conseqüentemente, atenuando impactos ambientais e perdas econômicas.

Diferentemente dos métodos atuais de monitoramento da saúde digestiva, ou seja, através da coleta e transporte de amostras fecais para um laboratório para posterior análise de composição, a pesquisa explora uma alternativa de baixo custo e complexidade, baseada em visão computacional. O estudo utiliza a captura de várias imagens, utilizando uma câmera e a combinação de *leds* de luz visível e do infravermelho próximo, de amostras fecais. A pontuação da condição da amostra é realizada por um algoritmo de análise tridimensional com base nas suas características geométricas.

O método proposto pela pesquisa busca parametrizar a consistência fecal e conteúdo de fibra das amostras como um indicador da saúde digestiva do animal através do uso de visão computacional. Foi desenvolvido um sistema de captura de imagens portátil, equipado com a luz visível e infravermelho próximo, capaz de coletar e analisar a aparência tridimensional das amostras, resultando em uma pontuação da saúde com base na consistência. Somado à etapa anterior, foi utilizado um banco de dados de treinamento para extrair os dados relacionados à presença de fibras não digeridas e grãos de milho nas amostras, resultando em uma pontuação final ainda maior.

Os pesquisadores construíram um equipamento sob medida, equipado com uma câmera *USB3.0 Point Grey Grasshopper*, quatro *leds* brancos e quatro *leds* de infravermelho próximo (850 nm), que se comunicam com o *notebook* por meio de um microcontrolador Arduino e código *Python*, conforme demonstrado na Figura 2.

Quanto a pontuação das amostras para classificação da saúde da vaca, foi utilizada a consistência das fezes, que, conforme padronização percorre uma escala de 1 (muito líquido) até 5 (firme). De acordo com o aspecto das amostras coletadas em 2D e 3D, foi utilizada a combinação de três métricas para obtenção da pontuação geral (*score*): métrica da borda (parametriza a rugosidade ou irregularidade da borda), métrica do brilho (descreve a reflectância) e métrica normal (caracteriza a rugosidade da topografia da superfície 3D dentro do próprio corpo da amostra).

O estudo utilizou a técnica de transferência de aprendizado, que consiste em reutilizar um modelo pré-treinado em um novo problema. No total foram utilizadas 100 amostras de solo (que simularam amostras reais em função da textura e umidade), sendo divididas e rotuladas manualmente (sem fibras ou grãos, amostras com fibras e amostras com grãos), para posterior uso no treinamento do modelo de classificação. Diversas arquiteturas de redes convolucionais foram testadas na ferramenta *MATLAB*, porém, a que apresentou melhor desempenho foi a Resnet-101, sendo esta arquitetura adotada para demonstração de todos os resultados da pesquisa. Foram realizados ajustes nas camadas totalmente conectadas e camada de classificação, conforme necessário.

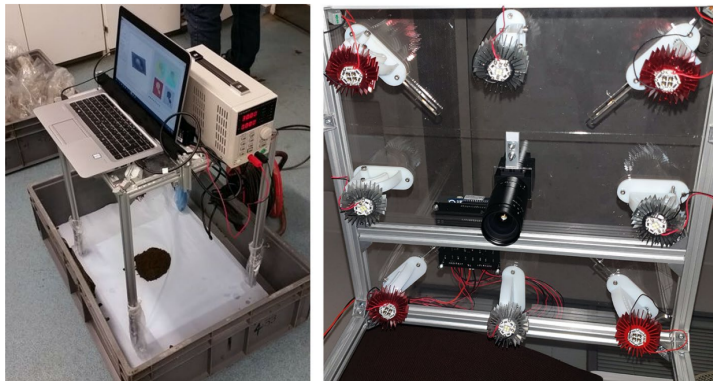


Figura 2. Apresentação do equipamento desenvolvido para a captura das imagens sob luz infravermelho ou visível. Na imagem da esquerda é apresentado uma prática real de captura de imagem das amostras em laboratório. Na imagem da direita é detalhado a parte das luzes e câmera.
Fonte: [2].

A Classificação desejada, após o aprendizado de máquina, buscava identificar corretamente as amostras que continham, ou não, grandes partículas de fibra ou grãos de milho. Para esta etapa foram utilizadas 20 amostras reais, coletadas, armazenadas e capturadas pelos pesquisadores. As taxas de classificação, baseadas nos *scores* obtidos, demonstra que a forma como as imagens foram capturadas e pré-processadas, para serem utilizadas como entradas para a rede neural, impacta diretamente nos resultados. As melhores taxas foram observadas utilizando os valores da mediana (termo central dos valores encontrados), ao invés da média, da luz visível. Entretanto, a combinação entre as medianas da luz visível e infravermelho também apresentaram bons resultados. A taxa de acerto para os resultados de detecção de grãos e fibras obtiveram um valor próximo dos 90%, indicando que a proposta tem potencial para ser adotada como uma solução de baixo custo e eficaz.

O trabalho 02, desenvolvido por Freitas [6], apresenta uma proposta de utilização Redes Neurais Convolucionais (RNC) para o processamento de imagens termográficas com o objetivo de realizar o diagnóstico automático da Ceratoconjuntivite Infecciosa Bovina (CIB). As imagens foram coletadas pela Embrapa Pecuária Sul, através do monitoramento de uma infecção induzida da CIB em 11 animais da raça *Hereford*, totalizando 186 imagens termográficas da região ocular dos bovinos.

O trabalho apresenta a construção e treinamento de seis modelos de redes RNCs, com arquiteturas distintas criadas utilizando a combinação de *Python* com as bibliotecas *Keras* e *TensorFlow*. Conforme demonstrado na Figura 3, dentre as técnicas utilizadas no desenvolvimento do trabalho, destaca-se o uso do aumento de dados (do inglês *Data Augmentation*), amplamente conhecido e

utilizado para expandir o total de dados disponíveis para realizar o treinamento e os testes nos modelos propostos.

Tabela 2: Base de imagens gerada a partir do processo de aumento de dados.

Agrupamento	Antes do processo de aumento de dados		Após o processo de aumento de dados	
	Imagens de olhos infectados	Imagens de olhos sadios	Imagens de olhos infectados	Imagens de olhos sadios
	Treinamento	19	65	938
Teste	7	23	322	327
Validação	7	23	-	-
Total de imagens	33	111	1260	1276
	Total original		Total após aumento	

Figura 3. Relação dos números de imagens antes e depois do uso da técnica de aumento de dados.

Fonte: Adaptada de Freitas [6].

Os modelos propostos, foram treinados utilizando de modo linear 50 épocas cada. O trabalho destaca ainda, a necessidade de haver um equilíbrio entre as camadas convolutivas e totalmente conectadas, a fim de reduzir possíveis ocorrências de sobreajuste (*overfitting*) dos parâmetros, além de observar a necessidade de um número maior de épocas (*epochs*)⁸ em arquiteturas mais profundas. Os resultados alcançaram uma acurácia próxima de 87%, demonstrando a capacidade e viabilidade de obter resultados, através de um método não invasivo, de diagnóstico de CIB.

O trabalho 03, apresentado por Ma e outros [10], propõe o desenvolvimento de uma solução para o monitoramento não invasivo da temperatura interna corporal bovina e monitoramento de movimentação para predizer doenças no animal. Esta proposta tem como objetivo, apresentar uma alternativa para os métodos tradicionais e invasivos de monitoramento da saúde do rebanho. Tradicionalmente, são necessários exames de sangue, exames de urina e controles ruminiais, entre outros para determinar doenças que acometem os animais. A alteração da temperatura corporal pode indicar o surgimento de doenças comuns, como a febre aftosa, além de redução nos movimentos e diminuição do apetite. Dessa forma, a criação de tecnologias capazes de detectar, de maneira precoce e sem contato, a elevação da temperatura e predizer uma febre ou estresse térmico são importantes, pois não geram desconforto para o animal analisado.

O estudo é conduzido em ambientes controlados (alimentação e potreiro interno e externo), e utiliza câmeras infravermelho modelo *testo 872*, e sensores de temperatura/umidade/iluminação modelo *testo 160 THL*. Foram utilizados para construção do modelo de regressão linear e regressão polinomial, os valo-

⁸ Época: Uma época corresponde a um intervalo de iterações em que todas as imagens do conjunto de entrada tenham passado uma vez pela rede [19].

res da temperatura ambiente, umidade, iluminância e temperatura, capturados pelo infravermelho como variáveis independentes. Desse modo foi estabelecido a relação entre estas variáveis independentes e a temperatura interna coletada com sensores colocado na vagina e rúmen das vacas analisadas.

A pesquisa utiliza as funções disponíveis no *Python Scikit-learn* para a criação dos modelos. Foram utilizados um conjunto de dados de 315 amostras, sendo dividido em 158 amostras para treinamento e 157 amostras para testes. As métricas utilizadas para avaliar o modelo foram o coeficiente de determinação R^2 e a precisão. A temperatura média utilizada de cada imagem, foi obtida utilizando a média dos 50 pontos com maior temperatura identificados após o processamento de cada imagem coletada pela câmera infravermelho.

Dentre os pontos selecionados para correlacionar com a temperatura corporal interna, foram observados principalmente, os valores medidos no cifre, globo ocular e nariz. Entretanto os valores coletados para o globo ocular e nariz não apresentaram a precisão necessária para serem utilizados. O primeiro em função da abertura e fechamento das pálpebras (durante o sono principalmente), e o segundo, em função da alta umidade observada. Por outro lado, o cifre estava sempre seco, sem pelos e bem exposto, sendo o local escolhido para medição da temperatura, em função da estabilidade da curva de valores. O R^2 para a temperatura vaginal calculado em relação a temperatura obtida no chifre, olho e nariz, foi de 0,347, 0,083, 0,003, respectivamente. Desse modo, o estimador utilizado para a análise dos resultados foi a temperatura obtida no cifre. Outro fator observado, indica que os valores de R^2 sofrem grande impacto com relação à postura do animal, ou seja, em pé ($R^2_{calculado} 0,0209$) ou sentado ($R^2_{calculado} 0,459$). Esta diferença nos valores se dá em função da constante movimentação do animal na posição em pé, dificultando o rastreamento preciso da câmera infravermelho, sendo adotada como entrada os valores do animal na posição sentado.

Em um segundo experimento, foram coletados os dados de movimentação dos animais nos dois ambientes (interno e externo) utilizando a arquitetura *You only look once (YOLO) v3* para auxiliar na detecção da posição do animal. Para esta etapa, o sensor utilizado para medir os valores de R^2 e precisão da temperatura corporal, foi implantado no rúmen. Foram utilizadas como variáveis independentes neste experimento, a temperatura ambiente, umidade, iluminância, temperatura medida e distância percorrida. Da mesma forma que, a medição da temperatura procurou relacionar com as variáveis independentes, nesta etapa foi criado diferentes modelos de regressão linear e polinomial. No total, foram utilizados os dados de 277 amostras, divididas em 235 amostras para treino e 42 amostras para teste. Foram utilizadas para o treinamento, as funções *support vector regression (SVR)*, *K-nearest neighbors (KNN)* e *random forest (RF)*, conforme demonstrado na Figura 4.

Para análise dos dois modelos criados para estimar a temperatura interna, foram utilizadas 157 entradas para ambos, tendo o $R^2 = 0,709$ como o melhor valor previsto para o valor real (temperatura vaginal), obtido utilizando o modelo de regressão polinomial. Desse modo, fica comprovado a viabilidade para a

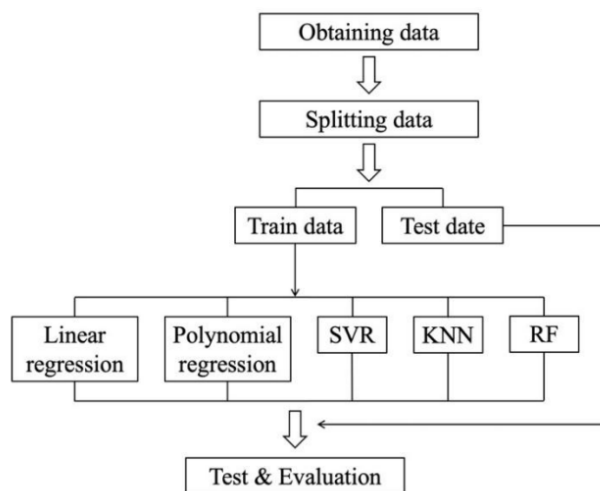


Figura 4. Arquitetura utilizada para o algoritmo de estimativa da temperatura corporal.

Fonte: [10].

construção do módulo de estimativa de temperatura corporal profunda de alta precisão, utilizando a combinação da classificação postural (sentada) e a seleção de partes de corpo do animal (cifre).

Em relação ao sistema de estimativa de distância, foram considerados os dados coletados durante 25 dias. A pesquisa apontou um melhor resultado nas observações realizadas com a câmera externa, uma vez que as imagens possuíam maior brilho, sem muitas variações, diferentemente do que ocorreu com as imagens coletadas na parte interna. Desse modo, apenas as imagens coletadas externamente foram utilizadas para análise dos resultados. Os resultados do sensor de temperatura ruminal apontam claramente para uma maior movimentação durante o meio-dia, uma vez que os animais eram soltos diariamente, entre 10h-14h. Outra observação apontada, relaciona o aumento da temperatura ruminal após o fornecimento da alimentação (alimentação especial fornecida pelo período de 9 dias, com alto teor calórico em um período específico), resultando em uma redução significativa do deslocamento do animal. Os resultados selecionados para inserção no sistema de estimativa de temperatura, foram retirados de um dia antes e um depois da alimentação especial.

Foram construídos dois novos modelos, um incluindo a distância móvel percorrida e outro sem incluir estes valores. Desse modo, pode-se comprovar a importância do uso da distância móvel como um parâmetro válido para os aperfeiçoamento dos resultados. O R^2 obtido foi igual a 0,826 e a precisão estimada igual a $\pm 0,15^\circ\text{C}$, o que demonstra que a utilização da combinação da temperatura infravermelho, temperatura ambiente, umidade, iluminância e distância de

movimentação do gado resultam em valores semelhantes aos obtidos utilizando sensor no rúmen bovino.

3.1 Discussão

Nos três trabalhos o uso de redes neurais artificiais é imprescindível para alcançar os resultados obtidos. O primeiro trabalho se apresenta como uma alternativa completa para a análise da saúde digestiva sem a necessidade de deslocamento para um laboratório e, principalmente, sem contato com o animal. Apesar do equipamento desenvolvido ainda poder ser aprimorado, com a redução no tamanho por exemplo, representa um importante passo no monitoramento em tempo real (ou em menos tempo e deslocamento para análise), fornecendo resultados precisos e com um custo significativamente menor.

Desse modo, o resultado aponta não só para um manejo adequado, mas também na redução de perdas com desperdícios alimentares e redução de produção de carne e laticínios. Entretanto, conforme destacam os autores da pesquisa, é necessário expandir o total de imagens disponibilizadas para treinar o modelo, além de aprimorar alguns ajustes nas métricas de pontuação e leitura das amostras, incorporando novas características na equação, bem como testar modelos de regressão para aprimorar os resultados.

O trabalho 02 representa o uso das redes neurais da melhor maneira, explorando as técnicas disponíveis nas bibliotecas *Keras* e *Tensorflow*, resultando em seis modelos utilizando redes neurais convolucionais e e com uma acurácia próxima a 87%. Confirmando dessa forma, a capacidade de processamento de imagens que as RNCs possuem. No entanto, a maior complexidade para a reprodução deste trabalho se dá em função do uso de uma a câmera térmica modelo *T300* da marca *FLIR*®. Freitas e outros [6], também destacam a complexidade de desenvolvimento de RNCs para novos problemas, ressaltando a necessidade encontrar uma arquitetura com melhor capacidade de abstração e com modelos que se consigam prever corretamente novas amostras apresentadas.

Em função do maior número de variáveis que podem ser utilizadas no terceiro trabalho, os autores destacam que o modelo ainda pode ser aperfeiçoado. Entretanto, os resultados apresentados demonstram a importância de realizar testes correlacionando diferentes variáveis. Do mesmo modo dos trabalhos citados anteriormente, o uso das redes neurais possibilita ampliar os campos de pesquisa relacionados a pecuária bovina. No caso da variável utilizada para referencia da temperatura medida (chifre), os autores destacam que é preciso discutir melhor esta escolha, pois alguns animais não possuem chifres. Outro ponto que merece ser destacado, diz respeito com a redução da carga de *stress* sofrida pelo animal durante as medições realizadas com sensores (vaginal, rúmen, calda, etc), consequentemente os resultando se refletem em valores mais precisos, possibilitando ainda, que o monitoramento ocorra por um maior período.

Na prática, as três abordagens propostas demonstraram efetividade nos resultados obtidos e, utilizam meios específicos para capturar os dados de entrada (câmera termográfica, luzes específicas, sensores, etc). De fato, a necessidade de adaptar ou desenvolver novos dispositivos caminha junto com resultados mais

precisos, resultando nas entradas necessárias para a criação dos modelos. Enquanto o primeiro trabalho apresentou um número de dados de entrada ainda considerado pequeno para resultados definitivamente efetivos, o segundo optou por utilizar o recurso de *Data Augmentation* para aumentar as o total de entradas para treinar a rede neural. Da mesma forma que o terceiro trabalho buscou coletar um número significativo de amostras para treinar e testar os modelos propostos.

De um modo geral, o destaque nos trabalhos descritos anteriormente fica por conta do uso de monitoramento e diagnóstico sem contato com o animal, reduzindo assim, possíveis desconfortos e erros de leitura que possam ocorrer, decorrente do posicionamento incorreto dos sensores por exemplo. Deste modo, a possibilidade de apresentar ao produtor uma ferramenta, mesmo que ainda em fase de testes, que consiga identificar ou prever as doenças que acometem os animais, sem a dependência de especialistas ou análises laboratoriais, fortalece a importância das pesquisas já existentes e impulsiona a necessidade da exploração de novos campos na área da agropecuária.

4 Conclusões

O objetivo da presente revisão da literatura foi localizar trabalhos que abordassem a combinação entre técnicas de IA através do uso de visão computacional aplicadas em bovinos. Estas técnicas se demonstram necessárias, uma vez que, os diagnósticos atuais tornam o processo mais demorado e dependente de especialistas clínicos e exames laboratoriais além de gerar desconforto para os animais.

Os métodos atuais necessitam de coletas sanguíneas, amostras de fezes, coletas com sensores internos e testes que aumentam os custos de produção, e algumas vezes, podem não apresentar resultados a tempo de salvar os animais. Atualmente, diversas técnicas se mostram confiáveis nos diagnósticos apresentados pelas pesquisas realizadas em humanos. Dessa forma explorar e desenvolver ferramentas utilizando inteligência artificial, se apresenta como uma abordagem bastante promissora e confiável a curto/médio prazo.

No entanto, o número de amostras e resultados clínicos para treinamento dos modelos é uma etapa que impacta diretamente no avanço das proposições de novas abordagens, principalmente em alguns casos que as doenças apresentam sintomas muito próximo entre elas.

Ainda que o número de trabalhos utilizando técnicas de visão computacional, desenvolvidos com imagens de bovinos seja modesto, é preciso consumir todo potencial fornecido pela IA. Por fim, a busca de novas soluções que tragam conforto, segurança para o animal, e agilidade, confiança e acessibilidade nos resultados para o produtor, é um passo importante no avanço da integração entre tecnologias e agropecuária.

O próximo passo deste trabalho envolve a coleta de imagens da área ocular de bovinos, realização de exames de sangue nos animais para mensurar o Valor Globular (VG), e a aplicação de técnicas de *deep learning* para aproximar uma

função de mapeamento da imagem com o VG. Tais resultados, se bem sucedidos, permitirão a construção de uma abordagem de predição do baixo VG.

Apesar dos resultados desta pesquisa literária localizar, ainda que um número modesto, trabalhos que utilizam a visão computacional para auxiliar na solução de problemas relacionados à criação bovina, pretende-se adotar posteriormente algumas ações:

- Expandir o total de base de dados na expectativa de ampliar os resultados encontrados;
- Ampliar o escopo de animais nas buscas;
- Aplicar os resultados obtidos nas buscas para desenvolver uma pesquisa prática autoral;

Referências

1. Aresta, G.M.: Detection of lung nodules in computed tomography images. Tese de Doutorado, Electrical and Computer Engineering (2021)
2. Atkinson, G.A., Smith, L.N., Smith, M.L., Reynolds, C.K., Humphries, D.J., Morby, J.M., Leemans, D.K., Kingston-Smith, A.H.: A computer vision approach to improving cattle digestive health by the monitoring of faecal samples. *Scientific Reports* **10**(1), 1–12 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74511-0>
3. Bassoi, L.H., Inamasu, R.Y., Bernardi, A.d.C., Vaz, C.M.P., Speranza, E.A., Cruvinel, P.E.: Agricultura de precisão e agricultura digital. *TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas* (20), 17–36 (2019). <https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p17-36>
4. Brito, E.N.D., de Figueiredo, B.Q., Souto, D.N., Nogueira, J.F., de Castro Melo, A.L., da Silva, I.T., Oliveira, I.P., de Almeida, M.G.: Inteligência artificial no diagnóstico de doenças neurodegenerativas: uma revisão sistemática de literatura. *Research, Society and Development* **10**(11), e482101120004–e482101120004 (2021). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.20004>
5. Demoliner, G., Alves, R.J.F.: Anemimetro: app móvel para implementação do método famacha. *Unoesc & Ciência-ACET* **8**(1), 25–32 (2017)
6. de Freitas, D., Camargo, S.d.S., Comin, H., Domingues, R., Gaspar, E., Cardoso, F.: Diagnostico automático de ceratoconjuntivite infecciosa bovina por meio de imagens termográficas e deep learning. In: *Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroinformática*. pp. 172–181. Sociedade Brasileira de Agroinformática (SBIA-GRO), Indaiatuba, SP (2020)
7. Kitchenham, B., Charters, S.: Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Relatório Técnico EBSE-2007-01, Keele University and University of Durham (2007)
8. Leite, W.L.S.: Análise de viabilidade do uso de aprendizagem profunda para detecção de frutos de acerola em imagens. Relatório técnico, Universidade Federal do Ceará, Russas, CE (2020)
9. Lorensi, R.A.d.R., Maria, M.A., Loguercio, A.B., Camargo, S.d.S.: Um modelo de classificação de doenças da folha do arroz através de imagens. In: *Anales de las 50 JAIIO*. pp. 115–124. Sociedad Argentina de Informática (SADIO), Buenos Aires, Argentina (2021)

10. Ma, S., Yao, Q., Masuda, T., Higaki, S., Yoshioka, K., Arai, S., Takamatsu, S., Itoh, T.: Development of noncontact body temperature monitoring and prediction system for livestock cattle. *IEEE Sensors Journal* **21**(7), 9367–9376 (2021)
11. Mannino, R.G., Myers, D.R., Tyburski, E.A., Caruso, C., Boudreaux, J., Leong, T., Clifford, G., Lam, W.A.: Smartphone app for non-invasive detection of anemia using only patient-sourced photos. *Nature communications* **9**(1), 1–10 (2018)
12. Nunes, L.d.S., Danas, D.O.: Use of deep learning to diagnose covid-19 based on computed tomography images. *Holos* **3**, 1–13 (2021)
13. Pickler, G.: Diagnóstico e segmentos de imagem com auxílio de deep learning: um estudo sobre aplicação da inteligência artificial na área médica. Relatório técnico, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), Palhoça, SC (2021)
14. dos Santos, R.P., Beko, M., Leithardt, V.R.: Modelo de machine learning em tempo real para agricultura de precisão. In: *Anais da XXII Escola Regional de Alto Desempenho da Região Sul*. pp. 69–70. SBC (2022)
15. Santos, T.T., Barbedo, J.G.A., Ternes, S., Camargo Neto, J., Koenigkan, L.V., de Souza, K.X.S.: Visão computacional aplicada na agricultura, pp. 146–164. Embrapa, Brasília, DF (2020)
16. Singh, Y., Wu, S.Y., Friebe, M., Tavares, J.M.R., Hu, W., et al.: Cardiac electrophysiology studies based on image and machine learning. *Journal of Biomedical Engineering and Technology* **6**(1), 1–6 (2018). <https://doi.org/10.12691/jbet-6-1-1>
17. Soares, Â.F.: TouceiraTech: um Farm Management Information System para pecuária de precisão baseado em predição com redes neurais recorrentes. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (2021)
18. de Souza, L.F., Mior, L.B., Costa, M.H., Riet-Correa, B.: Sistema para classificação de infestação parasitária em pequenos ruminantes. In: *Anais do XXXIX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBRT)*. pp. 1–5. Fortaleza, CE (2021). <https://doi.org/10.14209/sbrt.2021.1570727119>
19. Trindade, R.G.T., Lima, J.V.L.: Análise de desempenho de frameworks de deep learning. In: *XXXVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC)*. pp. 1–4. Natal - RN (2018)
20. Tschiedel, M., Ferreira, M.F.: Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. *Ciência Rural* **32**, 159–163 (2002)
21. Wunderlich, R.: Um modelo baseado em redes neurais convolucionais para predição de malignidade de nódulos pulmonares a partir de imagens pré-processadas em MIP. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Gestão em Saúde (2021)