

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – PPGCO/UFU

SOLICITAÇÃO DE PRORROGAÇÃO DE PRAZO PARA CONCLUSÃO DO CURSO DE MESTRADO

1. Dados gerais

Discente: Marcio Salmazo Ramos

Orientador(a): Maurício Cunha Escarpinati

Coorientador(a): Daniel Duarte Abdala

Título do trabalho: Avaliação de Dor em Camundongos com Redes Neurais e Visão Computacional

Data de início do curso: 14/03/2024

Nova data para conclusão do curso:

Prazo solicitado: 6 meses (padrão)

2. Objetivos do trabalho

O projeto tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta automatizada, voltada para a detecção e classificação de padrões faciais que expressam a presença de dor em animais. A proposta se baseia na *Grimace Scale* associada a técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina, visando superar as limitações dos métodos convencionais, que ainda dependem predominantemente da observação humana manual.

O estudo também se propõe a avaliar, de forma abrangente, a aplicabilidade da ferramenta em contextos de produção. Para isso, diferentes métodos de classificação baseados em redes neurais, integrados à *Grimace Scale*, foram explorados com o objetivo de identificar a abordagem mais eficaz. Espera-se, portanto, agregar maior confiabilidade aos resultados das análises, tornando-a atrativa para instituições científicas e clínicas na área veterinária.

3. Resumo do projeto de dissertação

As estratégias metodológicas adotadas para o desenvolvimento deste estudo foram organizadas em cinco etapas principais. A primeira refere-se ao processo de aquisição da base de dados, cujo objetivo foi garantir a captura de vídeos dos camundongos ao longo do protocolo de indução à dor, buscando registrar as expressões de desconforto de acordo com os critérios estabelecidos pela *Mouse Grimace Scale* (MGS). A adoção da MGS foi fundamental para padronizar o registro das alterações morfológicas associadas à manifestação de dor, assegurando consistência na classificação.

Para a execução desta etapa, inicialmente foram definidos os protocolos de coleta de dados, incluindo a padronização do ambiente experimental, o posicionamento e configuração dos equipamentos de captura, bem como os procedimentos de manipulação e contenção dos animais. Em seguida, estabeleceu-se o protocolo de indução controlada de dor, realizado por meio da administração de 20 µL de formalina a 5% por via subcutânea na região plantar da pata traseira direita dos camundongos, conforme metodologia validada no estudo de Langford et al. (2010) sobre codificação de expressões faciais de dor em roedores. Tal abordagem possibilita a observação de respostas consistentes com o estímulo nociceptivo, além de assegurar a reprodutibilidade experimental e rigor ético no manejo dos animais.

A segunda etapa desta pesquisa consistiu na revisão bibliográfica exploratória, com foco em modelos de aprendizado profundo empregados em tarefas de classificação de imagens. Considerando que o classificador representa a principal ferramenta computacional responsável pelo processo de aprendizado de máquina, a seleção das arquiteturas demandou uma análise criteriosa de critérios como desempenho, capacidade de generalização, robustez e adequação ao contexto da visão computacional aplicada à detecção de dor em animais.

Com base nessa análise, duas arquiteturas foram selecionadas como candidatas promissoras. A primeira delas, a arquitetura convolucional *ResNet* (*Residual Network*), foi escolhida em virtude do seu mecanismo de aprendizado residual, que permite reduzir o desaparecimento do gradiente e viabiliza o treinamento de redes profundas de forma estável e eficiente, sendo ideal para aplicações viabilizar redes complexas no campo de visão computacional. A segunda arquitetura selecionada foi o *Vision Transformer* (ViT), por apresentar uma abordagem inovadora no campo da visão computacional ao substituir convoluções tradicionais pelo mecanismo de *self-attention*, originalmente introduzido no domínio do processamento de linguagem natural. Essa estratégia permite que o modelo avalie simultaneamente as inter-relações entre todas as regiões da imagem, facilitando a captura de dependências espaciais globais desde as primeiras camadas da rede.

A terceira etapa do projeto consistiu no tratamento dos vídeos coletados para a construção da base de imagens utilizada no estudo. Inicialmente, os vídeos foram submetidos a um processo de extração de *frames*, conduzido por profissionais da equipe veterinária. O foco foi identificação e seleção de quadros que evidenciassem alterações faciais relevantes para a avaliação da dor segundo os critérios da *Mouse Grimace Scale* (MGS), com ênfase em regiões como orelhas, olhos, focinho e boca.

Para viabilizar o processo de forma eficiente e padronizada, foi desenvolvido um software dedicado à manipulação e análise dos vídeos. Entre as funcionalidades implementadas, destaca-se o módulo específico para extração de imagens, o qual possibilita o recorte e armazenamento individual das regiões de interesse em um mesmo frame, associando rótulos pré-definidos referentes à presença e intensidade dor.

A ferramenta foi disponibilizada à equipe veterinária responsável pela manipulação e observação dos animais durante o experimento. O retorno recebido ao longo de sua utilização foi incorporado iterativamente ao software, resultando em melhorias em sua usabilidade e adequação às necessidades práticas da atividade. Além de otimizar o trabalho da equipe, o sistema desenvolvido contribuiu para a construção de uma base de dados consistente e bem estruturada, assegurando a qualidade dos experimentos subsequentes.

A quarta etapa deste trabalho teve como foco a construção e o treinamento dos modelos classificadores selecionados previamente por meio da pesquisa exploratória. Essa etapa compreendeu a definição e configuração da estrutura matemática e computacional necessária para que as redes fossem capazes de processar os dados e aprender os padrões relevantes para o problema proposto. Em termos gerais, ela estabelece como cada modelo é organizado, como os dados são transformados ao longo de suas camadas e de que forma seus parâmetros são ajustados durante o processo de aprendizado.

No que se refere à arquitetura ResNet-50, adotou-se a topologia padrão descrita em sua publicação original, assegurando a reproduzibilidade experimental e a aderência às práticas consolidadas na literatura. Essa configuração também permitiu a aplicação da técnica de *transfer learning*, na qual o modelo foi inicializado com pesos pré-treinados na base *ImageNet*. Dessa forma, o treinamento pôde ser conduzido a partir de representações visuais previamente aprendidas, acelerando a convergência e favorecendo o desempenho mesmo diante de um conjunto de dados reduzido.

Para o modelo baseado na arquitetura ViT, a topologia padrão apresentada em sua proposta original também foi adotada como configuração inicial, preservando suas dimensões e configurações estruturais, a fim de garantir estabilidade metodológica. Contudo, o sistema desenvolvido permitiu a alteração controlada de determinados hiperparâmetros, possibilitando a investigação de configurações alternativas que pudessem favorecer a adequação ao conjunto de dados utilizado e às limitações computacionais disponíveis.

Com o intuito de automatizar e padronizar o processo experimental, foram desenvolvidas duas aplicações independentes em Python — uma para a ResNet-50 e outra para o modelo ViT — utilizando o framework *TensorFlow* para a construção e treinamento dos modelos, bem como a biblioteca PyQt5 para o desenvolvimento das interfaces gráficas. Entre as funcionalidades implementadas destacam-se: a seleção da base de dados e definição dos parâmetros de entrada, a construção automatizada das arquiteturas com possibilidade de ajuste de hiperparâmetros, o gerenciamento e monitoramento do processo de treinamento e a integração com o *TensorBoard*, permitindo o acompanhamento visual das métricas de desempenho após o treinamento.

Por fim, a etapa final do desenvolvimento deste projeto consiste na definição das técnicas de avaliação dos resultados, uma atividade crucial para mensurar a eficácia dos modelos e assegurar a validade das conclusões obtidas. Para isso, foi elaborado um protocolo de avaliação com os seguintes objetivos: medir a capacidade dos modelos em detectar e quantificar a dor, comparar o desempenho entre as arquiteturas testadas (ResNet e ViT) e avaliar a robustez e a capacidade de generalização das abordagens.

A coleta e análise das métricas de desempenho foram realizadas a partir dos registros gerados pelo *TensorFlow*, em conjunto com o *TensorBoard*, utilizado para monitoramento durante o treinamento. Os principais indicadores são registrados automaticamente em arquivos de log por meio de *callbacks* configurados no código de treinamento. Além disso, a análise foi complementada por técnicas estatísticas, como a construção de matrizes de confusão e o cálculo de precisão (*precision*), revocação (*recall*) e *F1-Score*, permitindo uma avaliação abrangente do desempenho dos modelos.

4. Cronograma do projeto

A Tabela 1 apresenta o cronograma de execução completo com as etapas inerentes ao trabalho, onde cada linha representa uma atividade e cada coluna um mês (a partir de janeiro de 2024).

Tabela 1: Cronograma de atividades

Atividades	Meses de Trabalho (01: Jan/2024 24: Dez/2025)																							
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								

- **Atividade 1:** Formulação das hipóteses referentes ao estudo do projeto;
- **Atividade 2:** Revisão bibliográfica detalhada sobre as diferentes técnicas de aprendizagem de máquina, bem como a aplicação de redes neurais convolucionais na área de visão computacional;
- **Atividade 3:** Avaliação dos algoritmos e técnicas estudadas, bem como sua aplicação no setor avícola ;
- **Atividade 4:** Coleta da base de dados, composta por fotografias padronizada de ovos destinados à incubação;
- **Atividade 5:** Testes preliminares utilizando diferentes arquiteturas de rede e configurações de hiperparâmetros;
- **Atividade 6:** Coleta de resultados preliminares dos experimentos e estudo de técnicas voltadas para a otimização dos resultados obtidos;
- **Atividade 7:** Implementação das técnicas otimizadas que foram estudadas e definidas previamente;
- **Atividade 8:** Avaliação do desempenho dos resultados gerais;
- **Atividade 9:** Escrita e submissão de artigos científicos para congressos e/ou periódicos da área;
- **Atividade 10:** Escrita e defesa da dissertação.

5. Justificativa para o pedido de prorrogação

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema computacional voltado à identificação automática dos marcadores faciais descritos pela *Mouse Grimace Scale* (MGS) em imagens de camundongos, classificando-as de acordo com a presença e intensidade de dor. A utilização de animais em experimentos científicos representa um desafio ético e metodológico, especialmente quando envolve a indução de dor. Caso esse processo não seja conduzido de forma controlada uma equipe especializada, existe o risco de violação dos princípios fundamentais de bem-estar animal.

A escolha dos camundongos como objetos de experimentação se justifica por sua ampla utilização em pesquisas biomédicas e comportamentais, resultado de uma combinação de fatores biológicos e operacionais. Dentre esses fatores, destacam-se o baixo custo de manutenção, a facilidade de manejo, e o elevado grau de homologia genética com seres humanos — estimado em aproximadamente 95% — o que os torna altamente relevantes para o estudo de respostas fisiológicas e comportamentais.

Diante desse contexto, o manejo dos camundongos e a fase inicial do estudo — referente à extração de quadros relevantes dos vídeos e à posterior classificação destinada à construção do *ground truth* — precisaram ser conduzidas por uma equipe especializada da área veterinária, uma vez que tais profissionais detêm a expertise técnica e o treinamento adequados tanto para a manipulação ética dos animais quanto para a avaliação precisa das expressões associadas à dor, garantindo a confiabilidade da base gerada.

Em virtude dessa dependência técnica, o desenvolvimento do trabalho ficou sujeito à colaboração direta com a equipe veterinária para a obtenção dos dados necessária ao treinamento dos modelos de aprendizado de máquina, os quais, demandam um volume significativo de amostras a fim de alcançar níveis satisfatórios de desempenho, confiabilidade e capacidade de generalização. O início da coleta das imagens sofreu atrasos substanciais em decorrência dos trâmites relacionados ao Comitê de Ética para o uso de animais, cuja análise e aprovação prévias são obrigatórias para a realização de experimentos propostos nesse projeto.

Infelizmente, os contratemplos associados à construção da base de dados inviabilizaram a conclusão das etapas finais do projeto dentro do prazo inicialmente estabelecido pelo cronograma. Ainda assim, destaca-se que houve avanços significativos na execução das atividades previstas, demonstrando o comprometimento com o desenvolvimento da pesquisa e o progresso efetivamente alcançado até o presente momento.

Adicionalmente o projeto inicial proposto no mestrado era voltado para a previsão do sucesso de eclosão de ovos de galinha. A abordagem se baseava na análise de imagens digitais dos ovos e de metadados relacionados, após a percepção de que as características físicas externas dos ovos não eram capazes de definir a ecodibilidade (durante a execução da atividade 8 do cronograma), o projeto foi alterado para o contexto atual descrito neste documento (aproveitando os conhecimentos adquiridos previamente). Essa alteração do escopo também contribuiu para a necessidade de prorrogação do projeto. A seguir, são expressas as principais etapas já concluídas ou em fase avançada de execução:

1. **Definição dos protocolos de captura:** foi realizada a elaboração do protocolo experimental para o registro adequado dos vídeos dos animais durante o processo de indução de dor, incluindo a padronização do ambiente, dos equipamentos e dos parâmetros de captura.
2. **Construção das ferramentas voltadas à construção da base:** foi implementado um software dedicado à manipulação dos vídeos coletados, extração e classificação de frames, e organização estruturada da base de dados, incorporando funcionalidades específicas para apoiar o trabalho da equipe veterinária.
3. **Estruturação parcial da base de dados:** foi iniciada a coleta e organização das imagens pela equipe veterinária, resultando, até o momento, em 9.471 imagens distribuídas em quatro classes distintas. Embora expressiva, essa quantidade ainda é considerada insuficiente para garantir a robustez desejada no treinamento dos modelos;
4. **Revisão bibliográfica de modelos classificadores:** foi conduzido um estudo exploratório sobre diferentes arquiteturas de visão computacional, com o objetivo de selecionar os modelos mais adequados aos objetivos deste trabalho;
5. **construção dos classificadores selecionados:** foram desenvolvidas duas aplicações responsáveis pela configuração e treinamento dos modelos adotados (arquiteturas ResNet-50 e *Vision Transformer*);
6. **Definição dos métodos de avaliação:** foram estabelecidas as métricas, os critérios de validação e as ferramentas destinadas à análise dos resultados, com destaque para o uso do *TensorBoard* no monitoramento do desempenho dos modelos.
7. **Escrita da monografia:** os capítulos teóricos, metodológicos e demais seções estruturais encontram-se substancialmente desenvolvidos, restando apenas a elaboração das seções referentes à experimentação e à discussão final dos resultados.

Diante de tais avanços, observa-se que o projeto se encontra em estágio significativamente adiantado, restando essencialmente a conclusão da base de dados experimental para viabilizar a fase final de treinamento e avaliação dos modelos propostos. Estima-se que, com seis meses extras de prazo concedidos pela prorrogação, será possível finalizar a construção de uma base de dados robusta, capaz de sustentar um treinamento estatisticamente consistente, além de permitir uma análise aprofundada dos hiperparâmetros e da performance dos classificadores, assegurando resultados confiáveis e tecnicamente fundamentados.

6. Cronograma do que será feito até a data da defesa

A Tabela 2 apresenta o cronograma de execução completo com as etapas previstas para a execução durante o período de prorrogação, onde cada linha representa uma atividade e cada coluna um mês (a partir de Janeiro de 2025).

Tabela 1: Cronograma de atividades

Atividades	Meses de Trabalho (set/2025 24: Dez/2026)															
	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	■															
2		■	■													
3			■	■	■											
4				■	■	■										
5					■	■	■									
6						■	■	■								
7							■	■	■							
8								■	■	■	■					
9									■	■	■	■				

- **Atividade 1:** Formulação das hipóteses referentes ao estudo do projeto;
- **Atividade 2:** Avaliação dos algoritmos e técnicas estudadas para sua aplicação no setor veterinário;
- **Atividade 3:** Coleta da base de dados, composta por fotografias padronizada de camundongos (segundo a MGS);
- **Atividade 4:** Testes preliminares utilizando diferentes arquiteturas de rede e configurações de hiperparâmetros;
- **Atividade 5:** Coleta de resultados preliminares dos experimentos aplicação de técnicas voltadas para a otimização dos resultados obtidos;
- **Atividade 6:** Implementação das técnicas otimizadas que foram estudadas e definidas previamente;
- **Atividade 7:** Avaliação do desempenho dos resultados gerais;
- **Atividade 8:** Escrita e submissão de artigos científicos para congressos e/ou periódicos da área;
- **Atividade 9:** Escrita e defesa da dissertação.

Uberlândia, ____ de _____ de 20____.

Assinatura do aluno(a)

Assinatura do(a) orientador(a)

Importante:

- A solicitação (em versão PDF) deve ser anexada no Portal do Estudante
- As assinaturas podem ser eletrônicas