

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Luan Willig Silveira

**MÉTODO DE APRIMORAMENTO DE PROCESSAMENTOS DE
IMAGENS APLICADOS À DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FALHAS
EM CADEIAS DE ISOLADORES**

Santa Maria, RS
2025

Luan Willig Silveira

**MÉTODO DE APRIMORAMENTO DE PROCESSAMENTOS DE IMAGENS APLICADOS
À DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FALHAS EM CADEIAS DE ISOLADORES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em CNPq, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Elétrica**. Defesa realizada por videoconferência.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Pinheiro Bernardon

Coorientador: Prof. Dr. Paulo César Vargas Luz

Santa Maria, RS
2025

Luan Willig Silveira

**MÉTODO DE APRIMORAMENTO DE PROCESSAMENTOS DE IMAGENS APLICADOS
À DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FALHAS EM CADEIAS DE ISOLADORES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em CNPq, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Elétrica**.

Aprovado em 8 de dezembro de 2025:

Daniel Pinheiro Bernardon, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Paulo César Vargas Luz, Dr. (UFSM)
(Coorientador)

Banca Um, Dra. (UFSM)

Banca Dois, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2025

RESUMO

MÉTODO DE APRIMORAMENTO DE PROCESSAMENTOS DE IMAGENS APLICADOS À DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FALHAS EM CADEIAS DE ISOLADORES

AUTOR: Luan Willig Silveira
Orientador: Daniel Pinheiro Bernardon
Coorientador: Paulo César Vargas Luz

Escreva seu resumo aqui! Você pode digitá-lo diretamente neste arquivo ou usar o comando input. O resumo deve ter apenas uma página, desde o cabeçalho até as palavras chave. Caso seu resumo seja maior, use comandos para diminuir espaçamento e fonte (até um mínimo de 10pt) no texto. Segundo a MDT, é preciso que os resumos tenham, no máximo, 250 palavras para trabalhos de conclusão de curso de graduação, pós-graduação e iniciação científica e até 500 palavras para dissertações e teses.

Palavras-chave: Processamento de Imagens. Redes Neurais Artificiais. Aprendizado de Máquina. Métricas de Qualidade. Classificação de Imagens. Detecção de Objetos. Regressão. Dataset. Combinação de Processamentos. Otimização. Deep Learning. Segmentação de Imagens. Eficiência Computacional. Redes Convolucionais (CNN). Comparação de Modelos. Inteligência Artificial.

ABSTRACT

IMAGE PROCESSING ENHANCEMENT METHOD APPLIED TO FAULT DETECTION AND CLASSIFICATION IN INSULATOR STRINGS

AUTHOR: Luan Willig Silveira
ADVISOR: Daniel Pinheiro Bernardon
CO-ADVISOR: Paulo César Vargas Luz

Write your abstract here! As recomendações do resumo também se aplicam ao abstract. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Keywords: Keyword 1. Keyword 2. Keyword 3. (...)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	PROPOSTA	7
1.2	OBJETIVO GERAL	8
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.4	JUSTIFICATIVA	9
1.5	CRONOGRAMA	10
2	TRABALHOS RELACIONADOS	11
2.1	ANÁLISE SUSTENTÁVEL DA DETECÇÃO DE FALHAS EM ISOLADORES BASEADA EM OTIMIZAÇÃO VISUAL REFINADA	11
2.2	DETECÇÃO DE FALHAS EM ISOLADORES EM IMAGENS AÉREAS DE LI- NHAS DE TRANSMISSÃO DE ALTA VOLTAGEM BASEADA EM MODELO DE APRENDIZADO PROFUNDO	11
2.3	DETECÇÃO DE DEFEITOS EM ISOLADORES POR IMAGEM BASEADA EM PROCESSAMENTO MORFOLÓGICO E APRENDIZADO PROFUNDO	11
2.4	COMPARANDO REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS E TÉCNICAS DE PRÉ- PROCESSAMENTO PARA CLASSIFICAÇÃO DE CÉLULAS HEP-2 EM IMA- GENS DE IMUNOFLUORESCÊNCIA.....	12
2.5	EFEITOS DO PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS HISTOPATOLÓGICAS EM REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS	12
2.6	O IMPACTO DE TÉCNICAS DE PRÉ-PROCESSAMENTO E PÓS-PROCESSAMENTO DE IMAGENS EM FRAMEWORKS DE APRENDIZADO PROFUNDO: UMA REVISÃO ABRANGENTE PARA ANÁLISE DE IMAGENS DE PATOLOGIA DI- GITAL.....	13
2.7	RESUMO DOS TRABALHOS	13
2.8	JUSTIFICATIVA DA RELEVÂNCIA DA METODOLOGIA PROPOSTA	14
2.9	INOVAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	14
2.10	TABELA COMPARATIVA DOS TRABALHOS.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	PROCESSAMENTO DE IMAGENS	16
3.2	DATASETS	16
3.3	REDES NEURAIS	16
3.3.1	Métricas	16
3.4	INFLUÊNCIA DE DATASETS NA PERFORMANCE DOS MODELOS	16
3.5	MÉTODOS DE AJUSTE DE PARÂMETROS E COMBINAÇÃO DE PROCES- SAMENTOS	17

4	METODOLOGIA	18
4.1	DEFINIÇÃO DAS MÉTRICAS PARA AVALIAR EFICÁCIA DOS PROCESSAMENTOS	18
4.2	ESCOLHA DO TIPO DE MODELO DE REDE NEURAL.....	19
4.3	SELEÇÃO DOS DATASETS PARA AVALIAÇÃO	20
4.4	METODOLOGIA PARA COMBINAÇÃO DE PROCESSAMENTOS UNITÁRIOS ..	20
4.5	IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÉTODO DE AJUSTE AUTOMÁTICO DE PARÂMETROS	20
4.6	CONSTRUÇÃO DE REDES NEURAIS PARA AVALIAÇÃO DOS PROCESSAMENTOS	20
4.7	TESTES COM DIFERENTES ARQUITETURAS E ANÁLISE DE VARIAÇÕES NOS RESULTADOS	20
5	COLETA E ANÁLISE DE RESULTADOS	21
5.1	IMPACTO DOS MODELOS NO DESEMPENHO DOS PROCESSAMENTOS	21
5.2	INFLUÊNCIA DOS DATASETS NOS RESULTADOS.....	21
5.3	COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE PROCESSAMENTO	21
6	CONCLUSÃO	22
6.1	SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS	22
6.2	LIMITAÇÕES E DESAFIOS ENCONTRADOS	22
6.3	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	22
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROPOSTA

O presente estudo tem como objetivo desenvolver uma metodologia capaz de comparar, selecionar, combinar e aprimorar técnicas de processamento de imagem para a detecção e classificação de falhas em cadeias de isoladores. Para isso, serão estabelecidas métricas para avaliar a eficácia dos processamentos de imagem, considerando aspectos como acurácia e tempo de processamento. Além disso, serão construídos modelos de redes neurais para avaliar o desempenho dos processamentos, podendo abranger tarefas como classificação, detecção e regressão. No decorrer do estudo, serão construídos modelos de redes neurais voltados para a avaliação do desempenho das técnicas de processamento de imagem, sem a intenção de definir um modelo ideal.

Também será analisado o impacto da escolha do modelo de rede neural no desempenho do processamento, visto que diferentes modelos podem gerar resultados distintos para um mesmo processamento. A influência do dataset na eficácia do processamento será outro aspecto a ser investigado, considerando possíveis variações nos resultados devido ao uso de diferentes conjuntos de dados. Para aprimorar os processamentos de imagem, será desenvolvida uma metodologia que permita a combinação de diferentes processamentos unitários (processamentos de imagem que realizam uma única operação). Além disso, será criado um método de ajuste automático de parâmetros das técnicas de processamento de imagem, com o intuito de otimizar seus resultados sem exigir extensa intervenção manual.

A metodologia proposta será desenvolvida dentro de um conjunto de restrições previamente estabelecidas, garantindo um escopo bem delimitado e viável dentro do período de realização da dissertação. Primeiramente, o estudo será restrito à detecção e classificação de falhas em cadeias de isoladores elétricos, não abrangendo outros componentes elétricos. O uso de imagens previamente adquiridas será uma diretriz, de modo que apenas imagens já disponíveis ou capturadas por métodos convencionais serão utilizadas, sem o desenvolvimento de novas técnicas de aquisição de imagens. Além disso, a metodologia será aplicada exclusivamente a técnicas de processamento de imagem já conhecidas, sem a criação de novos algoritmos de base.

Os modelos de redes neurais desenvolvidos terão o propósito único de avaliar o impacto das redes sobre os processamentos de imagem, sem a intenção de definir um modelo definitivo para diagnóstico industrial. A análise será conduzida utilizando conjuntos de dados já existentes ou obtidos por métodos convencionais, sem a necessidade de criar um novo dataset específico para o estudo. A otimização contemplada estará limitada ao

ajuste de parâmetros das técnicas existentes, não incluindo o desenvolvimento de novas abordagens baseadas em inteligência artificial para otimização dos processamentos. Por fim, toda a avaliação será realizada em ambiente controlado, sem a realização de testes em ambientes industriais reais.

A Figura 1 ilustra o diagrama da proposta de metodologia.

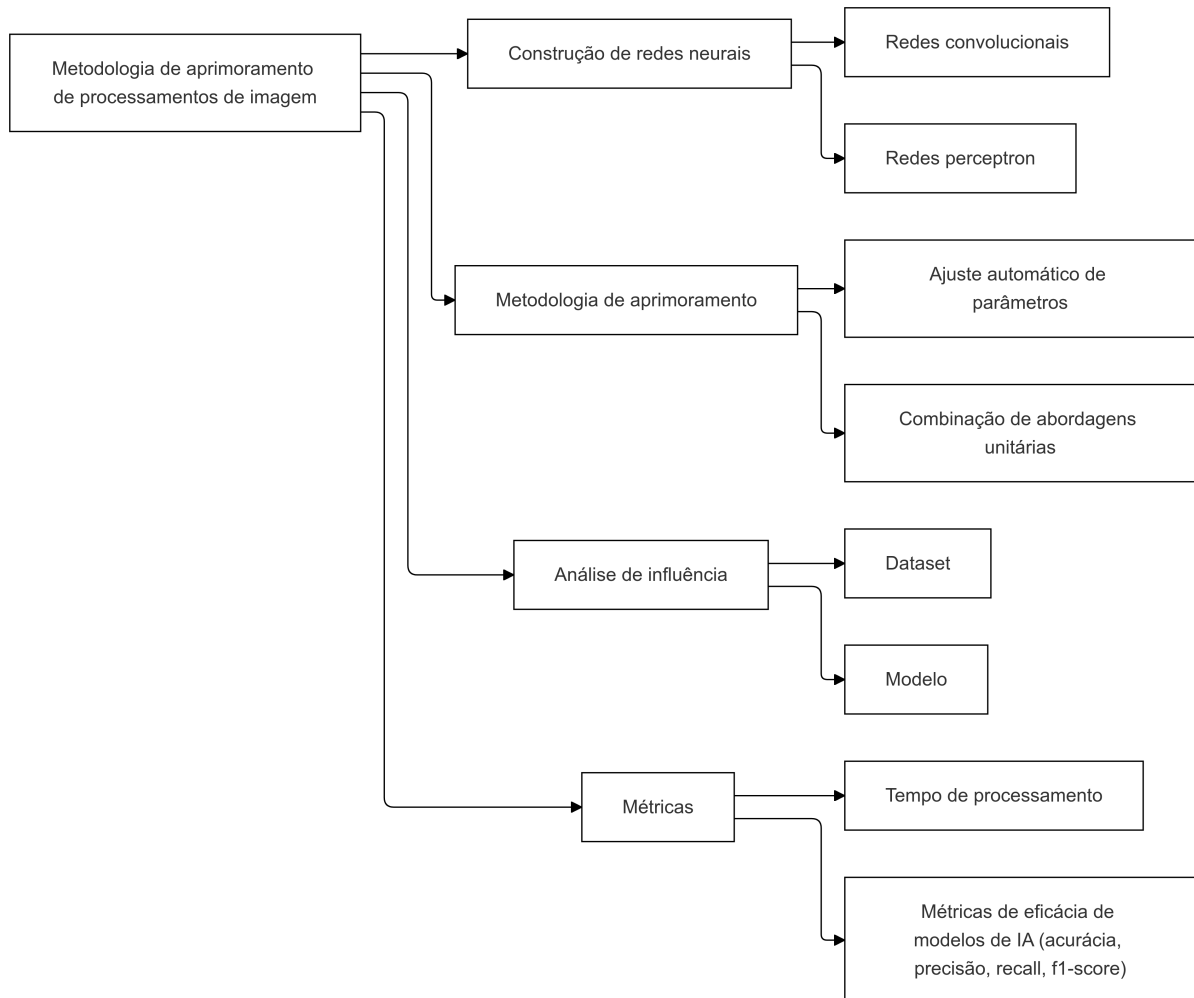


Figura 1 – Diagrama da proposta de metodologia

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é desenvolver uma metodologia capaz de comparar, selecionar, combinar e aprimorar técnicas de processamento de imagem para a detecção e classificação de falhas em cadeias de isoladores.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Estabelecer métricas para avaliar a eficácia dos processamentos de imagem, considerando aspectos como acurácia e tempo de processamento.
- Determinar o tipo de modelo de redes neurais ideal para avaliar o desempenho dos processamentos, podendo abranger classificação, detecção e regressão.
- Construir modelos de redes neurais destinados à avaliação do desempenho das técnicas de processamento de imagem, sem o intuito de encontrar um modelo definitivo.
- Analisar o impacto da escolha do modelo de rede neural no desempenho do processamento, considerando que diferentes modelos podem gerar diferentes resultados para um mesmo processamento.
- Avaliar a influência do dataset na eficácia do processamento, considerando possíveis variações nos resultados devido à utilização de diferentes conjuntos de dados.
- Desenvolver uma metodologia para o aprimoramento dos processamentos de imagem por meio da combinação de diferentes abordagens unitárias.
- Criar um método de ajuste automático de parâmetros dos processamentos de imagem, visando otimizar seus resultados sem a necessidade de intervenção manual extensa.

1.4 JUSTIFICATIVA

A crescente demanda por sistemas automatizados de inspeção de cadeias de isoladores evidencia a necessidade de técnicas avançadas de processamento de imagem para a detecção precoce de falhas. Conforme demonstrado por Gonzalez e Woods (GONZALEZ; WOODS, 2008), a análise digital de imagens permite extrair características relevantes para identificar anomalias em componentes elétricos, possibilitando diagnósticos mais precisos. Ademais, o emprego de redes neurais tem se destacado na resolução de problemas complexos de classificação e detecção, conforme ressaltado por LeCun et al. (LECUN; BENGIO; HINTON, 2015) e Krizhevsky et al. (KRIZHEVSKY; SUTSKEVER; HINTON, 2012), contribuindo para a robustez dos sistemas de inspeção.

Estudos recentes apontam que a combinação de diferentes técnicas de processamento de imagem, aliada ao ajuste automático de parâmetros, pode resultar em melhorias

significativas no desempenho dos sistemas de diagnóstico (LI et al., 2019). Assim, a proposta deste trabalho visa desenvolver uma metodologia que integre esses avanços, buscando não apenas aprimorar a acurácia e a eficiência dos processamentos, mas também possibilitar uma análise comparativa que leve em conta a influência de diferentes modelos e datasets.

Dessa forma, esta dissertação justifica-se pela necessidade de inovar na abordagem de detecção e classificação de falhas em cadeias de isoladores, promovendo ganhos práticos para a segurança e manutenção das redes elétricas, e contribuindo para a evolução do estado da arte em processamento de imagem e aprendizado de máquina.

1.5 CRONOGRAMA

A seguir, é apresentado um cronograma de atividades para garantir a organização e a execução das tarefas.

Etapa	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1. Introdução	✓										
2. Revisão Bibliográfica	✓	✓	✓	✓	✓						
3. Metodologia		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
4. Implementação dos Modelos						✓	✓				
5. Coleta e Análise de Resultados						✓	✓	✓	✓		
6. Conclusão e Redação Final								✓	✓	✓	
7. Defender											✓

Tabela 1 – Cronograma de Atividades

2 TRABALHOS RELACIONADOS

2.1 ANÁLISE SUSTENTÁVEL DA DETECÇÃO DE FALHAS EM ISOLADORES BASEADA EM OTIMIZAÇÃO VISUAL REFINADA

O primeiro estudo aborda a detecção de falhas em isoladores em linhas de transmissão aéreas, destacando a vulnerabilidade desses componentes a fatores ambientais. A inspeção manual é ineficaz devido ao alto volume de dados e à complexidade dos fundos das imagens, levando à aplicação da rede neural convolucional de atenção regressiva (RA-CNN). O método proposto melhora a acurácia da detecção ao empregar extração de características em múltiplas escalas e operações recursivas, com otimização pelo algoritmo de Enxame de Partículas (PSO). Os resultados indicam que a RA-CNN (1+2+3) atinge 85,3% de acurácia, superando os modelos FCAN e MG-CNN. Além disso, a abordagem proposta demonstra maior eficiência em tempo real, atingindo 25,4 FPS. (WANG et al., 2023)

2.2 DETECÇÃO DE FALHAS EM ISOLADORES EM IMAGENS AÉREAS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ALTA VOLTAGEM BASEADA EM MODELO DE APRENDIZADO PROFUNDO

O segundo estudo foca na detecção de falhas em isoladores por meio de imagens aéreas, utilizando um modelo YOLO modificado, denominado CSPD-YOLO, baseado no YOLO-v3 e na Rede Parcial de Estágio Cruzado. A pesquisa envolve a criação do conjunto de dados 'InSF-detection', composto por 1.331 imagens e 2.104 falhas rotuladas. O modelo CSPD-YOLO se destaca por uma alta acurácia (AP = 98,18%) e eficiência no processamento (0,011 s), superando modelos tradicionais como YOLO-v3 e YOLO-v4. A análise qualitativa indica que o método é eficaz mesmo em cenários complexos, como presença de rios, vegetação e torres de energia. (LIU et al., 2021)

2.3 DETECÇÃO DE DEFEITOS EM ISOLADORES POR IMAGEM BASEADA EM PROCESSAMENTO MORFOLÓGICO E APRENDIZADO PROFUNDO

O terceiro estudo propõe um método híbrido para detecção de defeitos em isoladores, combinando aprendizado profundo (Faster RCNN) com processamento morfológico.

A segmentação das imagens utiliza técnicas de transformação de forma para identificação e separação de isoladores, enquanto a detecção de falhas é realizada por um modelo matemático aplicado a imagens binárias. O Faster RCNN alcança $AP = 0,9175$ e *recall* = 0,98, superando abordagens baseadas em ResNet, YOLO e LBP+SVM. Além disso, a análise de desempenho em diferentes níveis de voltagem e condições de ruído demonstra a robustez do modelo. (ZHANG et al., 2022)

2.4 COMPARANDO REDES NEURAI CONVOLUCIONAIS E TÉCNICAS DE PRÉ-PROCESSAMENTO PARA CLASSIFICAÇÃO DE CÉLULAS HEP-2 EM IMAGENS DE IMUNOFLUORESCÊNCIA

A pesquisa avalia seis estratégias de pré-processamento e cinco arquiteturas de CNNs de última geração para classificar células HEp-2 em imagens de imunofluorescência, uma tarefa crítica em diagnósticos médicos. Métodos como aumento de dados (rotações, espelhamentos), ajuste fino e otimização de hiperparâmetros foram testados em conjunto com arquiteturas como Inception-V3 e ResNet. Surpreendentemente, o melhor desempenho, com 98,28% de precisão, foi alcançado ao treinar o modelo Inception-V3 do zero, utilizando apenas aumento de dados sem pré-processamento adicional. A conclusão sugere que, para esse tipo de imagem, técnicas tradicionais de pré-processamento podem ser menos impactantes quando o aumento de dados é bem implementado, desafiando a necessidade de etapas complexas de preparação. A contribuição do estudo está em mostrar que, em cenários específicos como imagens médicas de imunofluorescência, estratégias simples podem superar abordagens mais elaboradas, oferecendo uma alternativa eficiente para aplicações práticas em classificação (RODRIGUES; NALDI; MARI, 2020).

2.5 EFEITOS DO PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS HISTOPATOLÓGICAS EM REDES NEURAI CONVOLUCIONAIS

O artigo analisa como diferentes níveis de pré-processamento afetam a classificação de imagens histopatológicas por CNNs, dividindo os dados em quatro categorias: imagens originais, pré-processadas normalmente (com redução de ruído e aprimoramento de células), outras pré-processadas normalmente e excessivamente pré-processadas (com operações morfológicas adicionais). Os experimentos revelam que o pré-processamento normal melhora a precisão ao remover ruídos de fundo e realçar características celulares, mas o excesso de processamento não agrega valor e pode até degradar o desempenho ao eliminar informações úteis. A conclusão enfatiza a importância de um equilíbrio no pré-

processamento, recomendando ajustes moderados para maximizar a eficácia das CNNs em imagens histopatológicas. A contribuição do trabalho é fornecer uma análise comparativa detalhada que orienta pesquisadores e profissionais na escolha de técnicas de pré-processamento, evitando exageros que comprometam a qualidade dos dados em aplicações médicas (ÖZTÜRK; AKDEMİR, 2018).

2.6 O IMPACTO DE TÉCNICAS DE PRÉ-PROCESSAMENTO E PÓS-PROCESSAMENTO DE IMAGENS EM FRAMEWORKS DE APRENDIZADO PROFUNDO: UMA REVISÃO ABRANGENTE PARA ANÁLISE DE IMAGENS DE PATOLOGIA DIGITAL

Este trabalho explora como técnicas tradicionais de pré- e pós-processamento de imagens, como redução de ruído, correção de iluminação e segmentação, melhoram o desempenho de redes neurais em tarefas de patologia digital, incluindo classificação (tecido saudável vs. canceroso), detecção (contagem de linfócitos) e segmentação (núcleos e glândulas). Ao analisar uma ampla gama de estudos, os autores concluem que essas técnicas são indispensáveis para lidar com a variabilidade e complexidade das imagens médicas, melhorando significativamente a precisão e a robustez dos modelos de aprendizado profundo. A revisão destaca que o pós-processamento, como refinamento de contornos, também desempenha um papel crucial em tarefas de segmentação. A contribuição do artigo está em consolidar evidências sobre a eficácia dessas abordagens, oferecendo um guia abrangente para pesquisadores que buscam integrar métodos tradicionais ao treinamento de redes neurais, especialmente em contextos de patologia digital onde a qualidade dos dados é crítica (SALVI et al., 2021).

2.7 RESUMO DOS TRABALHOS

Diversos estudos abordam o impacto do pré-processamento de imagens na análise por redes neurais convolucionais (CNNs) e outros modelos de aprendizado profundo. O estudo de Liu et al. (2021) e Wang et al. (2023) optam por não realizar processamentos significativos, utilizando apenas redimensionamento e normalização.

Por outro lado, Öztürk e Akdemir (2018) investigam diferentes algoritmos de pré-processamento, incluindo remoção de fundo, filtros de suavização e equalização de histograma, além de um método de sobre-processamento baseado em limiar adaptativo. Rodrigues, Naldi e Mari (2020) testam técnicas como redimensionamento, alongamento de contraste, equalização de histograma e subtração da média, constatando que o uso de imagens originais favorece o desempenho da CNN, enquanto o data augmentation tem

impacto positivo. Salvi et al. (2021) destacam que técnicas como remoção de artefatos, normalização de cor e seleção de patches melhoram a precisão dos modelos e reduzem o tempo computacional. Por fim, Zhang et al. (2022) exploram a segmentação de isoladores para otimizar a classificação.

2.8 JUSTIFICATIVA DA RELEVÂNCIA DA METODOLOGIA PROPOSTA

Os trabalhos analisados demonstram a importância do pré-processamento na análise de imagens, mas também indicam que determinadas abordagens podem comprometer o desempenho da CNN. Em especial, Rodrigues, Naldi e Mari (2020) evidenciam que a eliminação de ruídos e artefatos pode não ser sempre benéfica. Além disso, Salvi et al. (2021) reforçam que técnicas de segmentação e normalização podem aprimorar a análise quando aplicadas corretamente. No entanto, nenhum dos estudos analisados aborda a metodologia específica proposta nesta dissertação, o que destaca sua inovação e potencial contribuição para a área.

2.9 INOVAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia apresentada neste trabalho se diferencia dos estudos revisados ao introduzir um novo enfoque que não foi explorado anteriormente. Enquanto os trabalhos existentes se concentram em construção de modelos de redes neurais e utilização de técnicas tradicionais de pré-processamento e normalização, a metodologia deste trabalho propõe a criação de um método para determinar os processamentos mais eficientes das imagens, além de um método de otimização dos parâmetros de processamento.

2.10 TABELA COMPARATIVA DOS TRABALHOS

A tabela 2 compara os resultados de diferentes estudos sobre pré-processamento de imagens e seu impacto nos modelos de classificação de imagens. Os estudos variam desde melhorias no desempenho até riscos de sobre-processamento, destacando a falta de consenso e a necessidade de novas abordagens, como a proposta neste trabalho.

A análise desses estudos reforça a lacuna existente na literatura e a necessidade de uma nova abordagem, como a metodologia proposta nesta dissertação.

Trabalho	Resultado do pré-processamento
Liu et al. (2021)	Sem impacto significativo
Öztürk e Akdemir (2018)	Melhorou contraste, mas risco de sobre-processamento
Rodrigues, Naldi e Mari (2020)	Afetou negativamente a CNN; data augmentation foi positivo
Salvi et al. (2021)	Melhorou precisão e reduziu tempo computacional
Wang et al. (2023)	Sem impacto significativo
Zhang et al. (2022)	Melhorou desempenho do modelo

Tabela 2 – Comparação dos trabalhos relacionados

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Nesta seção, serão abordados os conceitos fundamentais de processamento de imagens, incluindo técnicas e algoritmos utilizados para a análise e manipulação de imagens digitais. Também será discutida a importância do processamento de imagens no SEP para a detecção e classificação de falhas em equipamentos de linhas de transmissão de energia elétrica.

3.2 DATASETS

Será discutida a influência dos datasets na performance dos modelos de processamento de imagem, considerando a importância da escolha de conjuntos de dados representativos e diversificados para o treinamento e avaliação dos modelos.

3.3 REDES NEURAIS

Aqui, serão discutidos os diferentes tipos de redes neurais aplicáveis ao processamento de imagens, com foco em suas arquiteturas e aplicações específicas para avaliação de desempenho.

3.3.1 Métricas

Serão apresentadas as principais métricas utilizadas para avaliar a eficácia dos processamentos de imagem, como acurácia, tempo de processamento, precisão, recall, entre outras.

3.4 INFLUÊNCIA DE DATASETS NA PERFORMANCE DOS MODELOS

Esta seção tratará da importância dos datasets na performance dos modelos de processamento de imagem, incluindo a análise de diferentes conjuntos de dados e suas

características.

3.5 MÉTODOS DE AJUSTE DE PARÂMETROS E COMBINAÇÃO DE PROCESSAMENTOS

Serão explorados os métodos para ajuste automático de parâmetros e a combinação de diferentes técnicas de processamento de imagem para otimização dos resultados.

4 METODOLOGIA

4.1 DEFINIÇÃO DAS MÉTRICAS PARA AVALIAR EFICÁCIA DOS PROCESSAMENTOS

O fluxograma apresentado na Figura 2 descreve o processo de desenvolvimento de uma metodologia para o processamento de imagens. Inicialmente, define-se e desenvolve-se os processamentos necessários, ajustando seus parâmetros e combinando-os para otimizar os resultados. Com isso, são avaliadas as métricas de desempenho para verificar a eficácia das abordagens adotadas. Se os resultados forem satisfatórios, os melhores processamentos são selecionados e o processo é finalizado. Caso contrário, analisa-se o número de tentativas realizadas: se muitas tentativas falhas ocorreram, o processamento é descartado e novas abordagens são consideradas. Se o número de tentativas ainda for baixo, o processo retorna à etapa de ajuste de parâmetros, permitindo novas tentativas até atingir os resultados desejados.

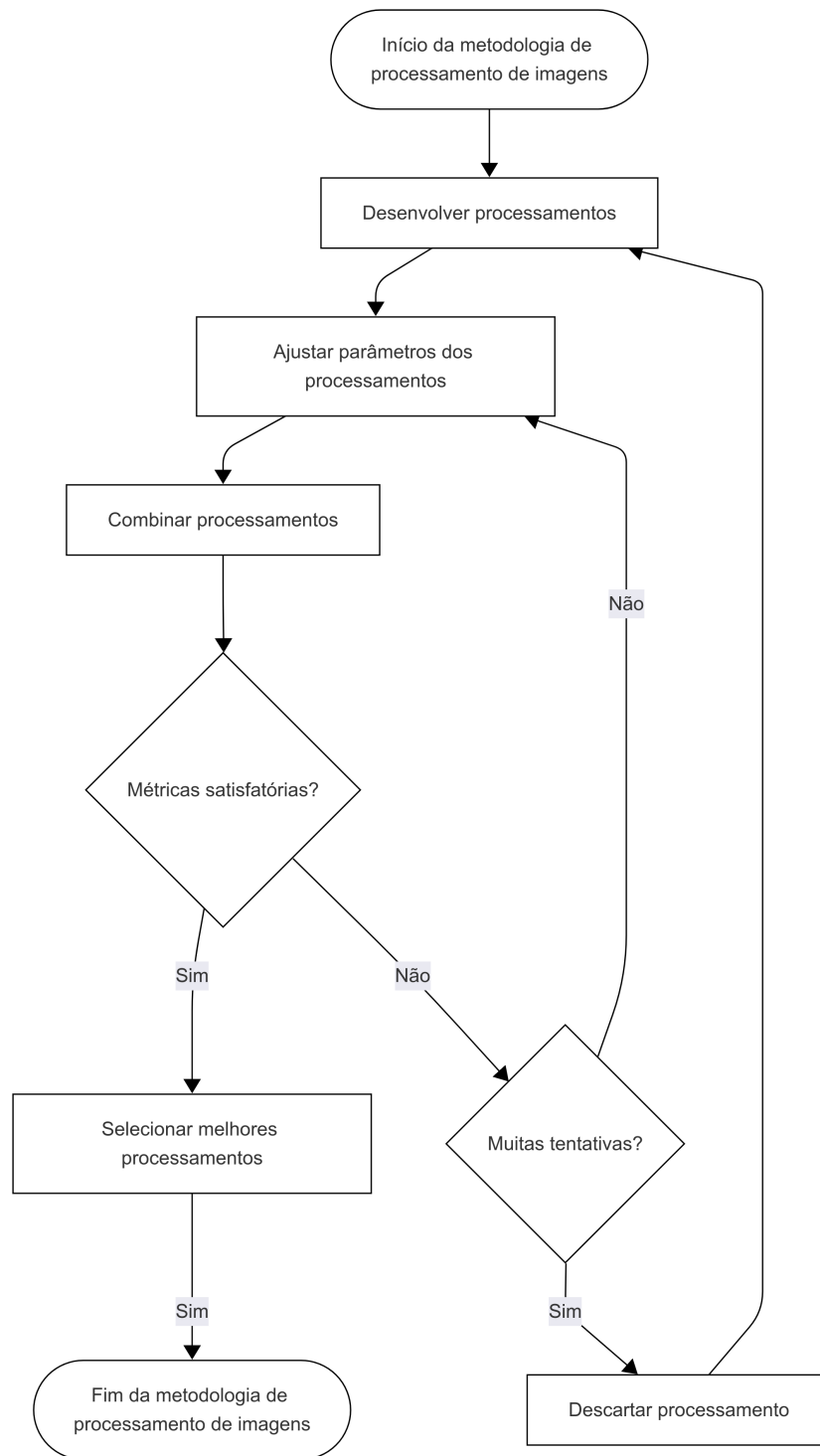


Figura 2 – Fluxograma da metodologia de processamento de imagens

4.2 ESCOLHA DO TIPO DE MODELO DE REDE NEURAL

Será discutida a escolha do tipo de modelo de rede neural mais adequado para as tarefas de classificação, detecção e regressão no contexto do estudo.

4.3 SELEÇÃO DOS DATASETS PARA AVALIAÇÃO

Serão apresentados os critérios e a seleção dos datasets que serão utilizados para a avaliação dos processamentos de imagem.

4.4 METODOLOGIA PARA COMBINAÇÃO DE PROCESSAMENTOS UNITÁRIOS

Aqui, será detalhada a metodologia desenvolvida para combinar diferentes processamentos unitários de imagem visando a melhoria dos resultados.

4.5 IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÉTODO DE AJUSTE AUTOMÁTICO DE PARÂMETROS

Será descrito o método implementado para ajuste automático de parâmetros das técnicas de processamento de imagem, com o objetivo de otimização sem intervenção manual extensa.

4.6 CONSTRUÇÃO DE REDES NEURAIS PARA AVALIAÇÃO DOS PROCESSAMENTOS

Nesta seção, será detalhada a construção dos modelos de redes neurais utilizados para avaliar os processamentos de imagem.

4.7 TESTES COM DIFERENTES ARQUITETURAS E ANÁLISE DE VARIAÇÕES NOS RESULTADOS

Serão apresentados os testes realizados com diferentes arquiteturas de redes neurais e a análise das variações nos resultados obtidos.

5 COLETA E ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 IMPACTO DOS MODELOS NO DESEMPENHO DOS PROCESSAMENTOS

Será analisado o impacto dos diferentes modelos de redes neurais no desempenho dos processamentos de imagem.

5.2 INFLUÊNCIA DOS DATASETS NOS RESULTADOS

Aqui, será discutida a influência dos diferentes datasets nos resultados dos processamentos de imagem.

5.3 COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE PROCESSAMENTO

Serão comparadas as diferentes estratégias de processamento de imagem utilizadas no estudo, destacando as vantagens e desvantagens de cada uma.

6 CONCLUSÃO

6.1 SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Nesta seção, será feita uma síntese dos principais resultados obtidos ao longo do estudo.

6.2 LIMITAÇÕES E DESAFIOS ENCONTRADOS

Serão discutidas as limitações e os desafios encontrados durante a realização do trabalho.

6.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Por fim, serão apresentadas sugestões para pesquisas futuras, com base nos resultados e nas limitações identificadas no estudo.

REFERÊNCIAS

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. 3. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 2008.

KRIZHEVSKY, A.; SUTSKEVER, I.; HINTON, G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In: **Advances in Neural Information Processing Systems**. [S.l.: s.n.], 2012.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. **Nature**, v. 521, n. 7553, p. 436–444, 2015.

LI, X. et al. Fusion of image processing techniques for fault detection in electrical insulators. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 34, n. 3, p. 1234–1241, 2019.

LIU, C. et al. Detecção de falhas em isoladores em imagens aéreas de linhas de transmissão de alta voltagem baseada em modelo de aprendizado profundo. **Appl. Sci.**, v. 11, n. 10, p. 4647, 2021.

RODRIGUES, L. F.; NALDI, M. C.; MARI, J. F. Comparing convolutional neural networks and preprocessing techniques for hep-2 cell classification in immunofluorescence images. **Computers in Biology and Medicine**, Elsevier, v. 116, p. 103542, 2020. Acessado em: 24 mar. 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482519303993>.

SALVI, M. et al. The impact of pre- and post-image processing techniques on deep learning frameworks: A comprehensive review for digital pathology image analysis. **Computers in Biology and Medicine**, Elsevier, v. 128, p. 104129, 2021.

WANG, L. et al. Análise sustentável da detecção de falhas em isoladores baseada em otimização visual refinada. **Sustainability**, v. 15, n. 4, p. 3456, 2023.

ZHANG, Z. et al. Detecção de defeitos em isoladores por imagem baseada em processamento morfológico e aprendizado profundo. **Energies**, v. 15, n. 7, p. 2465, 2022.

ÖZTÜRK, ; AKDEMİR, B. Effects of histopathological image pre-processing on convolutional neural networks. In: ELSEVIER. **Procedia Computer Science**. [S.l.], 2018. v. 132, p. 396–403. International Conference on Computational Intelligence and Data Science (IC-CIDS 2018).