

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO

DAVID CORREA GUEDES

**ESTUDO DA VISUALIZAÇÃO COMPUTACIONAL
PARA A MELHORIA DE ACURÁCIA NA
CARACTERIZAÇÃO DE FERIDAS EM IMAGENS
DIGITAIS**

BAURU
2022

DAVID CORREA GUEDES

**ESTUDO DA VISUALIZAÇÃO COMPUTACIONAL
PARA A MELHORIA DE ACURÁCIA NA
CARACTERIZAÇÃO DE FERIDAS EM IMAGENS
DIGITAIS**

Monografia de Iniciação Científica
apresentado a Pró-Reitoria de Pesquisa e
Pós-graduação do curso de Ciência da
Computação do Centro Universitário
Sagrado Coração.

Orientação: M.e Vinicius Santos Andrade
Co-Orientação: Profa. Dra. Márcia Ap.
Nuevo Gatti

BAURU
2022

RESUMO

Com os avanços na tecnologia, alguns softwares para diagnóstico de feridas foram desenvolvidos, a fim de auxiliar o profissional da saúde na obtenção de análises precisas e confiáveis. Porém, os programas já desenvolvidos possuem funções muito específicas individualmente, tornando necessário o estabelecimento de uma metodologia que reúna técnicas dados de uma maneira mais abrangente, inclusive com abordagens de inteligência computacional, adaptados à realidade de operação prática do UNISAGRADO, local de desenvolvimento desse projeto. Para tanto, é fundamental a existência de um conjunto inicial de dados sistematicamente organizados, confiável e que sirva para treinamento e validação de técnicas computacionais futuramente. A ideia deste projeto pode ser dividida em duas etapas consecutivas, a primeira corresponde ao desenvolvimento de um modelo de *Machine Learning* que seja capaz de processar computacionalmente imagens de feridas isolando a região da lesão e a categorizando de acordo com bibliografia farmacológica. O modelo desenvolvido ao longo do projeto proposto foi treinado utilizando as imagens coletadas em estudos anteriores. A segunda etapa do projeto foi dedicada ao desenvolvimento de um aplicativo móvel para implementar o modelo e desta forma, realizando a análise e categorização da ferida em tempo real. É objetivo desse projeto estabelecer diferentes conjuntos de técnicas envolvendo processamento de imagens digitais e visão computacional no intuito de caracterizar diferentes aspectos visuais de feridas obtidas por imagens digitais, auxiliando no diagnóstico e tomada de decisão por profissionais especializados. Com os resultados obtidos, está à disposição dos usuários uma ferramenta desenvolvida na linguagem Java para auxílio na detecção e categorização de feridas.

Palavras-chave: Feridas. Auxílio ao Diagnóstico. Visão Computacional.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
de acordo com ISBD

Guedes, David Corrêa

G924e

Estudo da visualização computacional para a
melhoria de acurácia na caracterização de feridas em
imagens digitais / David Corrêa Guedes. -- 2022.

40f. : il.

Orientador: Prof. M.e Vinicius Santos Andrade

Coorientadora: Prof.^a Dra. Márcia Ap. Nuevo Gatti

Monografia (Iniciação Científica em Ciência da
Computação) - Centro Universitário Sagrado Coração -
UNISAGRADO - Bauru - SP

1. Feridas. 2. Auxílio ao Diagnóstico. 3. Visão

Elaborado por Lidyane Silva Lima - CRB-8/9602

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	10
2.1	OBJETIVO GERAL	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3	JUSTIFICATIVA	11
4	METODOLOGIA	14
4.1	ASPECTOS ÉTICOS E PÚBLICO-ALVO.....	14
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS	14
4.2.1	<i>Bases de Imagens</i>	15
4.3	VISUALIZAÇÃO COMPUTACIONAL	16
4.3.1	<i>Extração de características</i>	17
4.3.2	<i>Inteligência Artificial</i>	18
4.4	TESTES E VALIDAÇÃO	18
4.5	REDAÇÃO FINAL E APRESENTAÇÃO DA PESQUISA	19
5	RESULTADOS	20
5.1	COLETA E FILTRAGEM DE IMAGENS.....	20
5.2	DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMO PARA SEGMENTAÇÃO	20
5.3	ESTUDO DE TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO DE IMAGENS.....	26
5.4	RESULTADOS OBTIDOS INDIVIDUALMENTE FOTO POR FOTO	27
5.5	RESULTADOS QUANTITATIVOS DAS IMAGENS.....	33
5.6	DISCUSSÕES ACERCA DOS RESULTADOS.....	33
5.7	TENTATIVA DE CLASSIFICAÇÃO DAS FERIDAS NAS IMAGENS.....	34
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de feridas vem sendo tema destacado em diversos setores profissionais da área de saúde no mundo todo, sendo uma prática milenar. Com o desenvolvimento tecnológico, os procedimentos envolvendo diagnósticos e tratamento adequado vêm conquistando seu merecido cunho científico. Atualmente, profissionais de diferentes áreas e as próprias instituições estão se empenhando e buscando a excelência para proporcionar ao portador de lesões um tratamento eficaz, em curto prazo que possam trazer maior conforto e breve retorno à normalidade de sua vida. (CUNHA, 2006 *apud* MARIA; AUM, 2004).

Uma forma de auxiliar nesse processo é a utilização de aplicação computacional (*software*) capaz de averiguar matematicamente a presença de estruturas e, assim, caracterizar os achados em imagens. Trata-se do processo de visualização computacional – quando a máquina deriva o papel de avaliação ocular realizada pelos seres humanos, a partir de um prévio ensinamento e aprendizado.

As feridas são consequência de uma interrupção da continuidade de um tecido corpóreo, independentemente da extensão, ocasionada por qualquer tipo de trauma físico, químico, mecânico, entre outros. Assim, existe uma alta preocupação em reconhecer, prevenir e tratar lesões, a fim de atenuar os danos locais e sistêmicos. (FHEMIG, 2013).

Observa-se avanço no conhecimento dos processos e fenômenos contidos nas fases de reparação tissular e no desenvolvimento de novas tecnologias, para a realização de procedimentos baseados nestas evidências científicas no tratamento de feridas. Neste contexto, surge a necessidade da intervenção de uma equipe de trabalho interdisciplinar. (FHEMIG, 2013).

Apesar de direcionado especificamente ao profissional de enfermagem, o tratamento de feridas pode ser amparado por uma variedade de especialidades e recursos, caracterizando a interdisciplinaridade em prol da saúde pública, inclusive.

No decorrer dos últimos anos, como mencionado, o tratamento de feridas tem recebido apoio pelo avanço tecnológico e científico, tanto no desenvolvimento de produtos quanto nas técnicas aplicadas. Contudo, o objetivo dos avanços recai, principalmente, sobre a redução no tempo de cicatrização (fator imprescindível no cuidado a pacientes portadores das mesmas), na diminuição de danos psicológicos,

riscos para infecção e conseqüentemente, gastos com materiais para curativos. (PAIXÃO, 2017).

A partir de aplicações digitais que apresentem maior acurácia e expressiva confiança para a caracterização de feridas, o auxílio ao diagnóstico se torna uma poderosa ferramenta para precocemente tomar decisões, amparar o paciente e, ainda, auxiliar na composição de estatísticas mais condizentes com a realidade.

Já mencionado pela pesquisa de Paixão (2017), vários dispositivos computadorizados ou aparelhos especializados buscam calcular as dimensões da úlcera como Uthscsa Image Tool 3.0, DICOM software Osirix, Image J, Planimetria com decalque, entre outros. O MOWA® (Mobile Wound Analyser) *Wound Care Solution* (Gestão de Úlceras) é um software móvel para celulares e tablets que tem o objetivo de fornecer ao profissional de saúde uma ferramenta diferenciada para o estudo das úlceras. (MOWA..., 2015). Em seu trabalho, Chakraborty et al. (2014) desenvolveram um sistema móvel, atualmente considerado rudimentar, para auxiliar o diagnóstico de feridas, através da captura (feita pelo próprio paciente) e envio da imagem, juntamente de dados descritivos (metadados), para bases específicas de dados onde médicos realizam o diagnóstico. Dahne et al. (2017) utiliza câmera digital convencional para captura de imagens de feridas, que, sequencialmente, são submetidas a processos inteligentes para delineamento da região da borda.

Apesar de cada software possuir suas particularidades, para uso de um segundo observador em sistemas computadorizados de auxílio ao diagnóstico (CAD – *Computer aided-Diagnosis*), faz-se necessária a ampla reunião de dados específicos, que reflitam a realidade, para que processos de investigação, análise e treinamento feitos pelas técnicas de inteligência artificial produzam resultados em conformidade com o que de fato será investigado. (FAUZI et al., 2015). Por isso, tendo as imagens disponíveis, segue-se para a etapa de caracterização através de técnicas de processamento de imagens. Por fim, como etapa final, o emprego de inteligência artificial para auxiliar os profissionais em seus pareceres finais.

Assim, fica evidenciada a necessidade de diagnósticos cada vez mais precisos, em estágios iniciais, com abordagens sistemáticas e de exatidão, executados por profissionais da área da saúde, capazes de prover melhoria em todo o processo.

Embora a existência de algumas aplicações relacionadas com as feridas, a dificuldade de posicionamento, variação de resultados e parametrização dos métodos

acabam influenciando negativamente no resultado, diminuindo a acurácia e especificidade do software, culminando em baixa confiança.

Por isso, esse projeto propôs a investigação comparativa de técnicas de visualização computacional sobre a imagem digital de feridas, no intuito de aumentar a acurácia e especificidade do auxílio ao diagnóstico. Como consequência, o resultado positivo obtido ainda contribuirá para processos de tomada de decisão em relação a indicação de tratamento.

O uso de dispositivos móveis tem desempenhado um papel importante aos serviços de saúde, proporcionando aos profissionais maior precisão e agilidade em seus trabalhos, auxiliar na tomada de decisão, promover o acesso à coleta de dados e auxiliar na interpretação de resultados e diagnósticos. (CRUS; LIMA, 2014).

Alvo de outros estudos, a caracterização de feridas ainda requer melhorias no que tange o auxílio digital ao diagnóstico.

Vale ressaltar que o estudo dessa pesquisa não intenciona a digitalização (ou obtenção por qualquer forma) de prontuários de pacientes, tão pouco o armazenamento de dados pessoais e sigilosos. Apenas visa fornecer uma ferramenta especializada na caracterização detalhada de diferentes feridas.

Em síntese, o estudo realizado por essa pesquisa trata da comparação quantitativa de técnicas de visualização computacional como ferramentas para a caracterização de feridas. Embora a aplicação desenvolvida possa ser capaz de caracterizar aspectos morfológicos visíveis em imagens digitais de feridas, caberá sempre ao profissional especialista da área prover o diagnóstico final e indicação de tratamento. Sendo assim, esse projeto atua em parceria com pesquisadores do curso de enfermagem para apoiar o desenvolvimento e validar o resultado final obtido.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar diferentes sequências de técnicas envolvendo processamento de imagens digitais e até inteligência artificial na busca por maior acurácia e eficiência na caracterização de feridas em imagens digitais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Levantar na bibliografia correlata os aspectos morfológicos na caracterização de feridas e técnicas de processamento digital de imagens;
- b) Selecionar e padronizar o conjunto de imagens digitais de feridas;
- c) Apresentar sequência de técnicas de processamento de imagens digitais e inteligência artificial que melhor caracterizam a morfologia de feridas;
- d) Complementar módulo de aplicação digital para caracterização de feridas;
- e) Promover a divulgação da experiência e resultados obtidos em eventos técnicos e científicos, publicações correlatas, e participar do Congresso Anual de Iniciação Científica e Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do UNISAGRADO.

3 JUSTIFICATIVA

Embora algumas aplicações estejam empenhadas na caracterização de feridas, é notável a falta de acurácia e a dificuldade de uso (seja pela interface ou pelos requisitos impostos para utilização) dos recursos computacionais, juntamente de uma parametrização que pode não condizer satisfatoriamente com o resultado real.

Pareado com esse projeto, pesquisadores do curso de Enfermagem buscam avaliar a especificidade dessas aplicações disponíveis para a caracterização de feridas. Assim, tanto a abordagem utilizada quanto a metodologia aplicada poderão ser verificadas e uma nova proposta apresentada.

Independentemente da etnia, gênero ou idade, um alto índice da população brasileira é acometida por feridas, contribuindo para mais um problema de saúde pública, diminuindo a qualidade de vida da população e onerando os gastos com a saúde. Um fator que compromete o levantamento estatístico deste fato é a falta de dados registrados. (SALOMÉ et al., 2014).

É indispensável que os profissionais envolvidos com o tratamento de feridas estejam acompanhando os avanços nesta área, conciliando, adequando e introduzindo novos métodos e conceitos alternativos às tecnologias existentes. A estruturação de normas e rotinas exige uma constante busca de conhecimento para prestar cuidado de qualidade ao portador de ferida. (FHEMIG, 2013).

Levantamentos indicam que nos Estados Unidos o custo com tratamentos de úlceras crônicas por insuficiência venosa é de cerca de US\$1 bilhão por ano (BRODERICK, 2009). Já no Brasil, apesar de caracterizar um problema de saúde pública, Santos et al. (2014) afirmam que essa realidade é difícil de ser comprovada estatisticamente devida a escassez nos registros de dados relacionados com as feridas. Logo se verifica a falta da informatização nos processos envolvendo o diagnóstico e tratamento de feridas.

Santos et al. (2014) em sua pesquisa relatam que aproximadamente 8,5 milhões de pessoas no mundo apresentam incidência de úlceras por pressão; 12,5 milhões de úlceras venosas; e 13,5 milhões de úlceras diabéticas. (LAWALL, 2012). Ainda segundo Santos et al. (2014) as feridas crônicas têm aumentado devido ao crescente aumento do número de idosos na população; úlceras neuropáticas em função do aumento de casos de diabetes; aumento de pacientes idosos (acima de 65

anos) acamados, formando um grupo de risco de úlceras de pressão e outras lesões. Todos acabam em gerar mais gastos públicos além de interferirem na qualidade de vida da população. (LAWALL, 2012).

Para que o tratamento das feridas se torne efetivo, ou seja, proporcione a cicatrização total das úlceras e previna as recidivas, é necessário que o serviço de atenção aos pacientes com feridas seja estruturado. (ABREU, et al., 2013). Mais que isso, processos digitais envolvidos com as feridas precisam prover confiança para os profissionais, que só é obtida a partir da acurácia do resultado final apresentado pelas técnicas.

Embora a atenção primária, nos últimos anos, tenha avançado muito em garantir acesso do cidadão às ações de atenção à saúde, ela carece ainda de informações sistematizadas sobre a caracterização da população atendida, bem como dos recursos disponíveis para assistência. (SANTOS, et al., 2014).

Além dos fatos já relatados, os resultados analisados por esse projeto e a positividade encontrada no que diz respeito a eficácia das técnicas, ainda irá contribuir com:

- a) Armazenamento de dados e estatísticas reais sobre as feridas;
- b) auxílio no ensino e na formação de profissionais buscando maior eficiência na caracterização de feridas;

Ainda, essa pesquisa trata da continuação de projetos em desenvolvimento e finalizados que trataram do desenvolvimento e alimentação de base de imagens de feridas (RANZANI, 2019; COSTA, 2019), da formulação de interface digital de aplicativo para caracterização e acompanhamento de pacientes que apresentaram feridas (PAIXÃO, 2018) e da prototipação de aplicação digital com visão computacional para a caracterização de feridas.

Na revisão da literatura feita por Fauzi et al. (2015) fica explícita a quantidade e empenho de pesquisas voltadas para a construção de sistemas de visão computacional na caracterização de feridas, embora ainda nenhum possa ser indicado como referencial na área devido à baixa acurácia ou inexistência de avaliação comparativa.

Dessa forma, com o grande acometimento de feridas na população na ordem de problemas de saúde pública, porém sem recursos, controles ou centralização de

dados que comprovem tal situação; o aumento de casos nesse cenário estabelecido; a ausência de histórico, organização e padronização das informações; a deficiência de confiança e credibilidade de softwares já desenvolvidos; o objetivo geral proposto nesse projeto de pesquisa se mostra importante, autêntico e promissor para a caracterização digital de feridas. Ainda, instiga que novas pesquisas sejam realizadas por diferentes áreas, contribui para a integração profissional e busca de maior consistência de resultados, além de poder também figurar como uma ferramenta de suporte ao ensino de profissionais relacionados ao tratamento e caracterização de feridas.

4 METODOLOGIA

O método utilizado nessa pesquisa foi do tipo descritivo observacional com abordagem quantitativa, para a avaliação de conjuntos de técnicas de visualização computacional para a delimitação e caracterização de feridas em imagens digitais.

4.1 Aspectos Éticos e público-alvo

Apesar dessa pesquisa estar direcionada no auxílio a área da saúde, para caracterização de feridas em imagens digitais, não consta como objetivos geral ou específicos desta a relação direta ou indireta com qualquer paciente. Da mesma forma, informações sigilosas e estritamente pessoais do prontuário dos pacientes não serão aferidas ou requisitadas para o desenvolvimento dessa pesquisa, não influenciando sobre os objetivos propostos e, conseqüentemente, nem sobre os resultados a serem obtidos.

Os resultados obtidos com a pesquisa serão direcionados exclusivamente a profissionais da área de saúde que atuam diretamente no tratamento de feridas, sendo estes os responsáveis pelo conjunto de imagens antes, durante e após o desenvolvimento desse projeto.

Assim, como essa proposta trata apenas da definição de conjunto de técnicas e métodos para caracterização de feridas em imagens digitais, não havendo contato direto ou indireto com pacientes e, nem mesmo experimentos com seres vivos em geral, o mesmo não fora submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do UNISAGRADO.

Cabe ressaltar que outros projetos, anteriormente desenvolvidos no UNISAGRADO, os quais realizaram a aquisição de imagens de feridas, foram submetidos ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO) nos termos da resolução 466/2012, (CNS, 2012), tendo aprovação em março de 2016, com parecer número 1.431.346.

4.2 Caracterização dos dados

A proposta dessa pesquisa está embasada por relatos para a necessidade de auxílio ao diagnóstico e tratamento de feridas em parceria com o Ambulatório para

Tratamento de Feridas do Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO) em Bauru- SP.

Além dos dados provenientes do Ambulatório do UNISAGRADO, da base de imagens obtida pela pesquisa de Coradi et al. (2020), ainda são utilizadas imagens provenientes de outras bases, conforme descritas a seguir.

Como relatado anteriormente, essa pesquisa é voltada para a investigação, análise de técnicas relacionadas com a implementação de software capaz de atender e facilitar a caracterização de feridas. Assim, os pesquisadores ficaram em contato direto com profissionais da área de saúde, especificamente no trato de feridas, para coleta de requisitos necessários e fundamentais, no intuito de que a aplicação digital desenvolvida reflita o mais próximo possível a realidade vivenciada (BEZERRA, 2007). Assim, foi compreendida como ocorre a caracterização de feridas (dados mensuráveis, fisiológicos, epidemiológicos, histórico clínico, acometimentos diversos, entre outros) na prática para reprodutibilidade de parte dessa análise sob investigação computacional.

4.2.1 Bases de Imagens

A variedade de imagens de diferentes padrões potencializa a capacidade de identificação das etapas subsequentes, buscando uma maior generalização das técnicas. Alguns conjuntos de dados previamente pesquisados são citados na sequência.

A organização Medetec¹ disponibiliza de forma livre para fins educacionais uma base de imagens que contém 14 tipos de feridas, todas obtidas por um profissional especializado no tratamento de feridas. Contudo, nenhuma outra informação sobre a ferida é disponibilizada (medidas, cores, aspectos epidemiológicos e fisiológicos em geral, entre outros). Yang et al., disponibiliza também uma série temporal de imagens de 30 pacientes para a análise da eficácia de tratamentos de cicatrização secundária, onde a ferida permanece aberta por não ser possível fechá-la utilizando pontos cirúrgicos (Yang et al., 2016).

Existem bases que, apesar de restritas, podem ser solicitadas aos desenvolvedores como no caso de (Netten et al., 2017). Nesse trabalho, um tipo

¹ Medetec Wound Database: stock pictures of wounds. Disponível em <
<http://www.medetec.co.uk/files/medetec-image-databases.html>>

específico de feridas é analisado, as feridas que surgem nos pés de pessoas diabéticas e é objetivo do trabalho analisar a eficácia dos diagnósticos feitos por dispositivos móveis dessas feridas. Essas bases de dados foram prospectadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa proposta na medida em que se tornaram necessárias para a preparação do modelo responsável pela caracterização das imagens.

Além das bases de imagens já citadas, pesquisas anteriores (RANZANI, 2019; COSTA, 2019) realizadas pelo grupo envolvido nesse projeto também reuniram imagens de feridas, obtidas sobre um ambiente controlado de uso específico e direcionado para pesquisas dessa natureza. Tais imagens também foram analisadas e compuseram a base final que corresponde aos testes e validação das técnicas aplicadas para o cumprimento dos objetivos desse projeto.

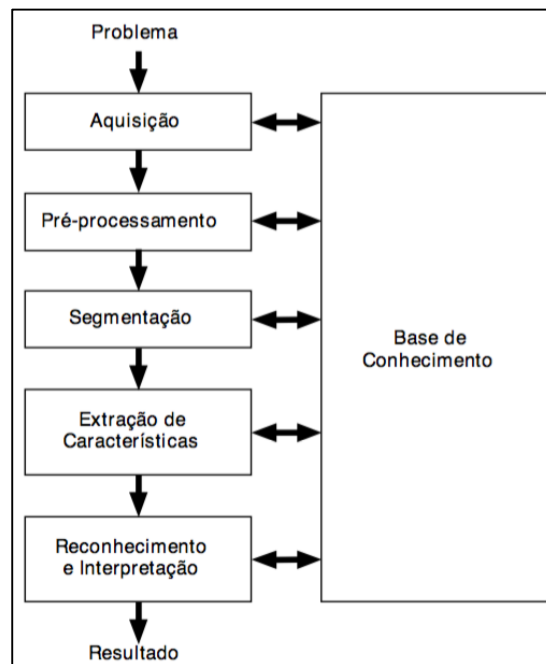
Para que, em trabalhos futuros, as imagens possam ser analisadas por técnicas computacionais inteligentes, faz-se necessária a padronização na aquisição das mesmas. Isso reflete em: distância focal, área a ser capturada, influência de *background* (aspectos de fundo), iluminação (ambiente, natural e/ou artificial), posicionamento de câmera e paciente, entre outros. (GONZALEZ; WOOD, 2011).

Seguindo o mesmo propósito, os arquivos das imagens também deverão seguir uma padronização pré-determinada em função de atributos e propriedades gerais, como: resolução mínima, extensão do arquivo, tolerância de compressão, razão de aspecto, canais de cores, entre outros.

4.3 Visualização Computacional

Como o projeto é focado principalmente em verificar sequência de técnicas que promovam a melhor acurácia na identificação das estruturas dermatológicas das feridas, as principais etapas estão baseadas, primordialmente, no diagrama proposto Marques-filho e Vieira Neto (1999), conforme a Figura 1, a seguir.

Figura 1 - Etapas de um sistema de visão artificial



Fonte: Marques Filho; Vieira Neto (1999)

Trata da investigação de técnicas já conhecidas na literatura como: correções, conversão em níveis de cinza, manipulações no histograma das imagens, melhoria de contraste, filtragem espacial, detecção de bordas, segmentação e delimitação do objeto em estudo (GONZALEZ & WOODS, 2010), nesse caso, de feridas em imagens digitais. Essas etapas foram aplicadas sobre as imagens com apoio das linguagens de programação Java e Python, juntamente de bibliotecas de processamento de imagens, apropriadas a cada linguagem.

Considerando que, na prática, a realidade envolve variações ambientes, como a variação de iluminação, (PUTZU et al., 2016), situações simuladas devem ser testadas e avaliadas na busca por um processamento automatizado possa ser aplicado, a fim de não prejudicar as etapas futuras, inclusive o resultado final de caracterização.

4.3.1 Extração de características

Para a temática proposta, a extração de características é uma etapa fundamental do processamento. Os objetivos primitivos da extração de recursos específicos e bastante diferenciáveis entre as amostras buscam reduzir a complexidade computacional do processo subsequente, facilitando um

reconhecimento confiável e preciso para dados novos desconhecidos (KAZEROUNI, et al. 2015). Em outras palavras, o objetivo da extração de características é produzir uma representação de padrão que torna a caracterização e até a classificação trivial e generalista. Como um desafio, a extração de atributos afeta diretamente a eficiência dos sistemas de caracterização de feridas, uma vez que aplicações desse tipo não são muito comuns e acessíveis na atualidade.

Nesse momento, já pode-se destacar o uso de atributos morfológicos e geométricos relacionados com a forma, contorno e estrutura geral da ferida (GONZALEZ & WOODS, 2010; PRATT, 2007).

4.3.2 Inteligência Artificial

Atualmente, a inteligência artificial apresenta uma ampla variedade de técnicas no intuito de possibilitar a máquina capacidades decisórias e de aprendizado (RUSSEL & NORVIG, 2004).

Essa etapa almeja a investigação sobre as técnicas de inteligência artificial e suas possíveis contribuições para aumentar a especificidade da aplicação voltada a caracterização de feridas em imagens digitais.

Assim os atributos extraídos (e previamente descritos) podem servir como dados de entradas para classificadores, entre eles: redes neurais artificiais, SVM, KNN, entre outros. Outras técnicas que se mostrem mais pertinentes a realidade e o resultado buscado, como a lógica nebulosa, podem também ser implementadas com base em simuladores (Weka, Joone, NeurphStudio, etc) para aferir os acertos de caracterização em confronto com os diagnósticos previamente fornecidos por profissionais e pesquisadores da área de enfermagem, parceiros nesse projeto.

Assim, espera-se que o resultado obtido com essa etapa seja bastante promissor para esse estudo, pois sofre pouca ou nenhuma interferência do usuário e reflete em técnicas adaptativas ao contexto.

4.4 Testes e Validação

Em ambiente controlado, as imagens digitais previamente obtidas foram submetidas a comparação de procedimentos técnicos de visualização computacional para demonstrar quantitativamente (percentual de acerto) a acurácia e confiança que uma aplicação que implementar as técnicas possa ter.

Tanto as técnicas empregadas quanto a provável melhoria em aplicação já existente foram submetidos a testes, com uso de métricas já estabelecidas pela literatura correlata.

A influência da etapa de pré-processamento pode ser avaliada em função das métricas que qualificam diferentes resultados da aplicação de técnicas de segmentação (MENECELLI, 2013).

A seleção dos atributos extraídos das imagens configura uma forma de determinação da relevância e possibilidade de separabilidade dos mesmos, podendo, entre outros, ser obtida pela distribuição gaussiana (MENECELLI, 2013).

As técnicas inteligentes, por si só, são capazes de determinar a separabilidade do conjunto de atributos fornecidos como entradas para as amostras submetidas, corroborando assim a eficiência da extração e relevância dos atributos selecionados. Também, para medir a eficiência de classificação, modelos de avaliação e medição de taxas de erros foram utilizadas e aplicadas nesse projeto.

Por fim, em uma avaliação qualitativa sobre a confiança geral para os resultados finais foi estabelecida e será divulgada em eventos relacionados com a área proposta dessa pesquisa.

4.5 Redação final e apresentação da pesquisa

Integrante da documentação para o resultado metodológico quantitativo e qualitativo para a caracterização de feridas em imagens digitais, a redação final desse projeto contém todo o levantamento bibliográfico utilizado, os materiais e métodos empregados para a elaboração da própria documentação e do produto final, os ensaios e respectivos resultados alcançados, as discussões e considerações sob a aplicação que foi proposta e as referências.

Por fim, após o término desse projeto de pesquisa, a proposta, os resultados obtidos e próprio aplicativo serão apresentados no Fórum de Iniciação Científica e Inovação do UNISAGRADO, a fim de compartilhar ao público interessado todos os procedimentos, limitações e singularidades do produto final desenvolvido.

5 RESULTADOS

A seguir, será apresentado os resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto em questão.

5.1 COLETA E FILTRAGEM DE IMAGENS

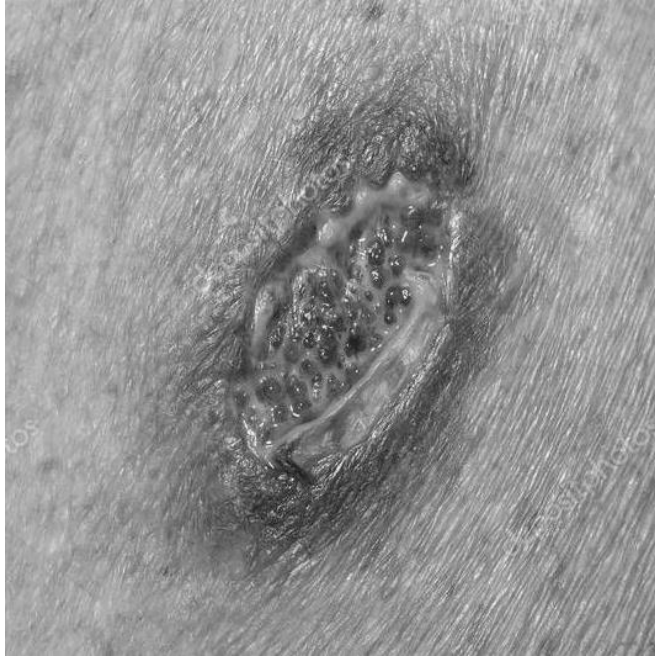
Devido a pouca quantidade de imagens obtidas de outros bancos de imagem e outras pesquisas já realizadas, se fez necessário uma busca maior por imagens de feridas para que posteriormente as mesmas fossem utilizadas em testes. A busca se estendeu por algumas semanas, devido à dificuldade de encontrar imagens que se adequassem ao proposto pela pesquisa.

Após a coleta de aproximadamente 150 imagens, foi realizada uma filtragem visando detalhes como focagem, iluminação, angulação, dentre outros critérios julgados como necessários. Ao fim, restaram 86 imagens para utilização.

5.2 DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMO PARA SEGMENTAÇÃO

O desenvolvimento do algoritmo desenvolvido se deu da seguinte forma: a primeira técnica utilizada foi a conversão da imagem para escalas de cinza em base de 8 bits, para facilitar os demais processamentos, ilustrado por meio da Figura 2.

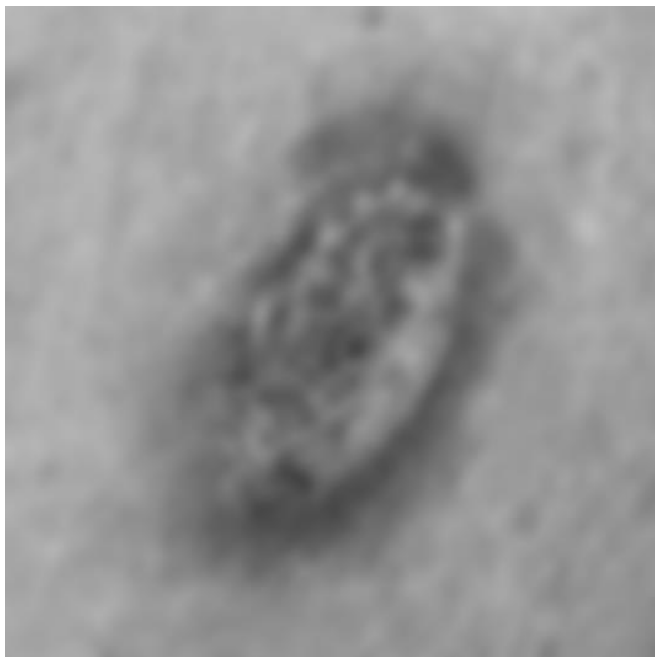
Figura 2 – Conversão da imagem
para escala de cinza



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Após a conversão, foi realizado a aplicação de um filtro gaussiano, com sigma 6 para que ocorresse um leve desfoque, deixando opaco detalhes desnecessários na imagem e itens em segundo plano, conforme ilustrado na Figura 3.

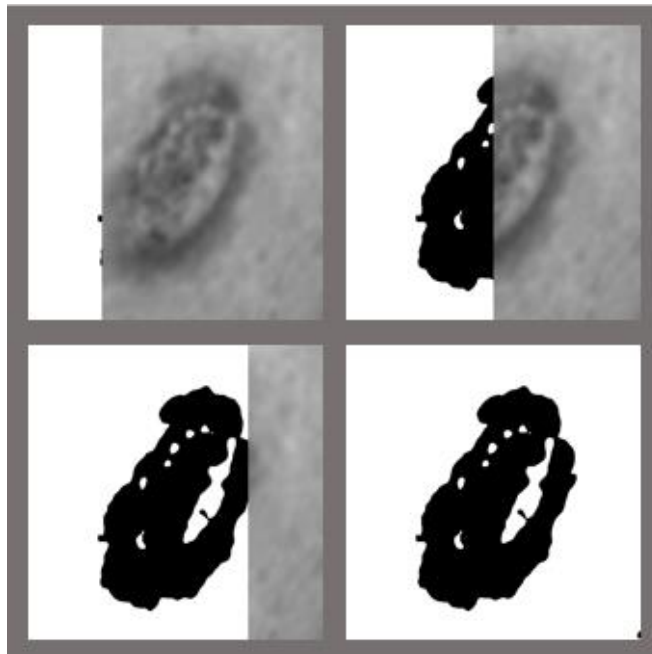
Figura 3 – Aplicação de filtro Gaussiano



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O próximo passo foi realizar uma busca pelo maior e menor valor de pixel encontrado na imagem, por meio de um duplo laço de repetição, percorrendo toda a imagem e armazenando os valores em variáveis. Após a obtenção da média, é feito um novo laço de repetição percorrendo a imagem e comparando com os pixels. Ao localizar um pixel maior que a média, este é transformado em branco, em caso de pixel menor ou igual, o mesmo é transformado em pixel preto. Devido a grande quantidade de imagens geradas no processo, sua representação será por meio de uma ilustração apresentando 4 momentos do processo, para facilitar a compreensão.

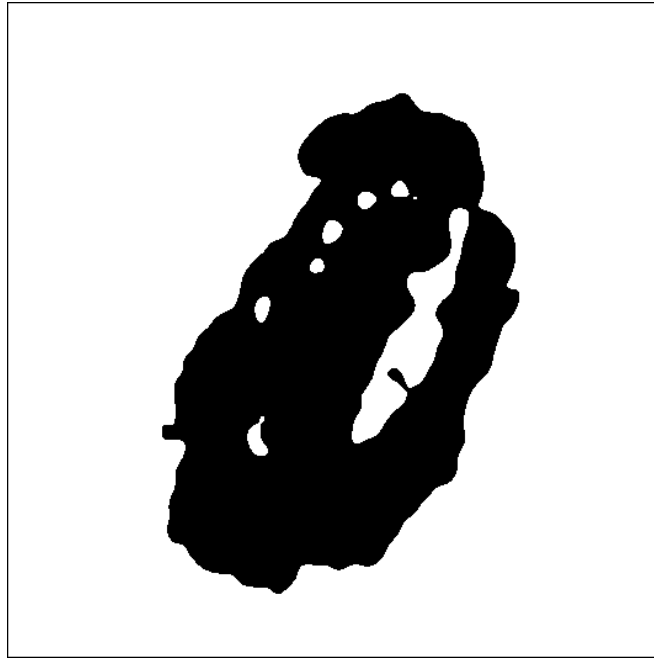
Figura 4 – Filtragem de pixels conforme um limiar



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O próximo passo foi a passagem de um filtro de mediana, para realizar uma “limpeza” no resultado, removendo pixels perdidos pela imagem resultante, ilustrado por meio da Figura 5.

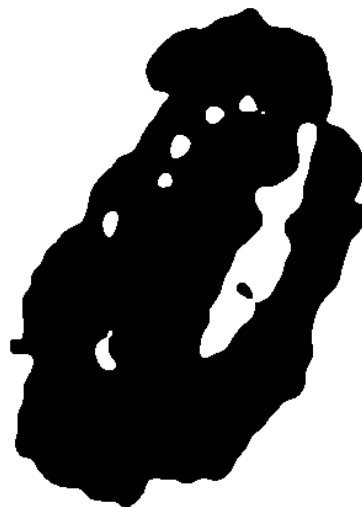
Figura 5 – Aplicação do filtro mediana



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Com a nova imagem, é feita uma sequência de dupla erosão e dupla dilatação 5 vezes por meio de um laço de repetição *for*, a sequência em questão foi testada e apresentou bons resultados, limpando a imagem e mantendo o tamanho das formas o mais próximo do original, conforme ilustra a Figura 6.

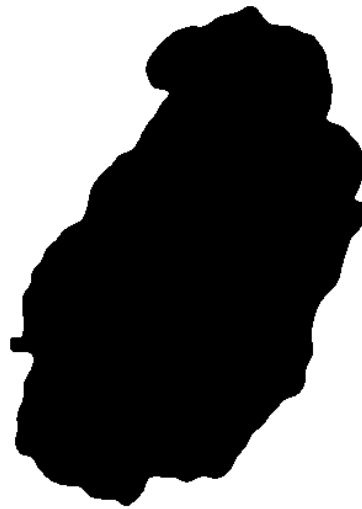
Figura 6 – Processo resultante de sequência de erosões e dilatações



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O preenchimento de buracos (Fill Holes) foi utilizado a seguir, para que as formas resultantes fossem preenchidas. O processo pode ser visualizado por meio da Figura 7.

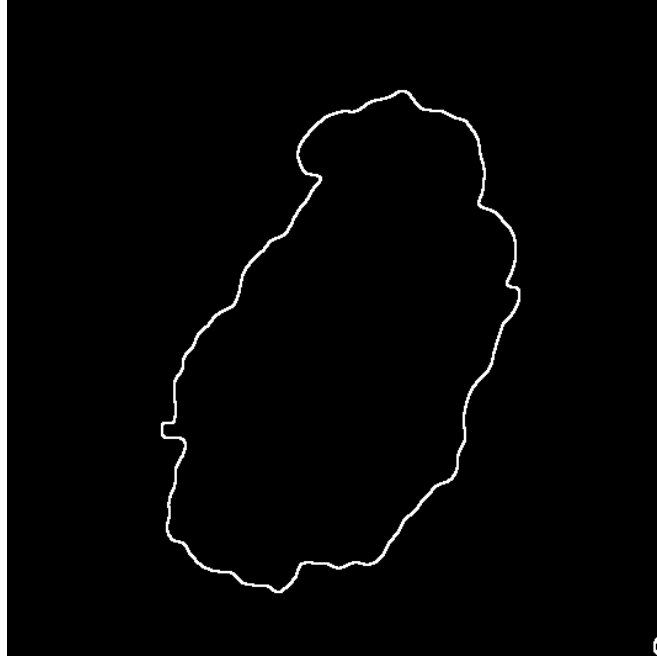
Figura 7 – Uso do Fill Holes para preenchimento



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Ao fim, foi realizada uma busca por bordas (Sobel) nas formas, resultando em linhas nas extremidades das mesmas, facilitando a visualização, conforme ilustra a Figura 8.

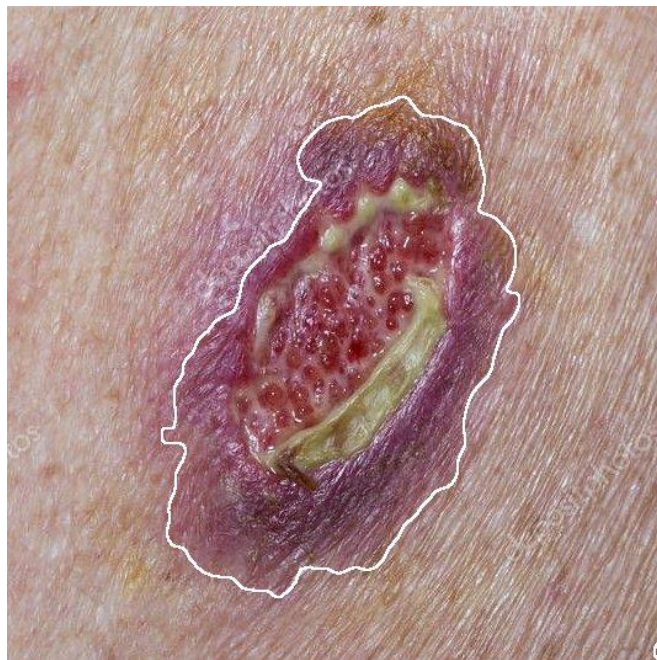
Figura 8 – Busca por bordas



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Por escolha do autor, foi realizado uma soma da imagem resultante com a imagem original, para uma melhor visualização do resultado, apresentado por meio da Figura 9.

Figura 9 – Processo de soma do resultado junto a imagem original



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O algoritmo em questão foi implementado em uma aplicação utilizando a linguagem Java e o plugin ImageJ, de código livre comumente utilizado em processamento de imagem. A aplicação permitiu automatizar alguns dos processos, como por exemplo, a seleção das imagens e o salvamento das mesmas após a passagem do algoritmo nas imagens, tornando o processo muito mais eficiente e rápido. No tópico seguinte, será abordado de forma mais explicativas os métodos citados anteriormente a fim de uma melhor compreensão.

5.3 ESTUDO DE TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO DE IMAGENS

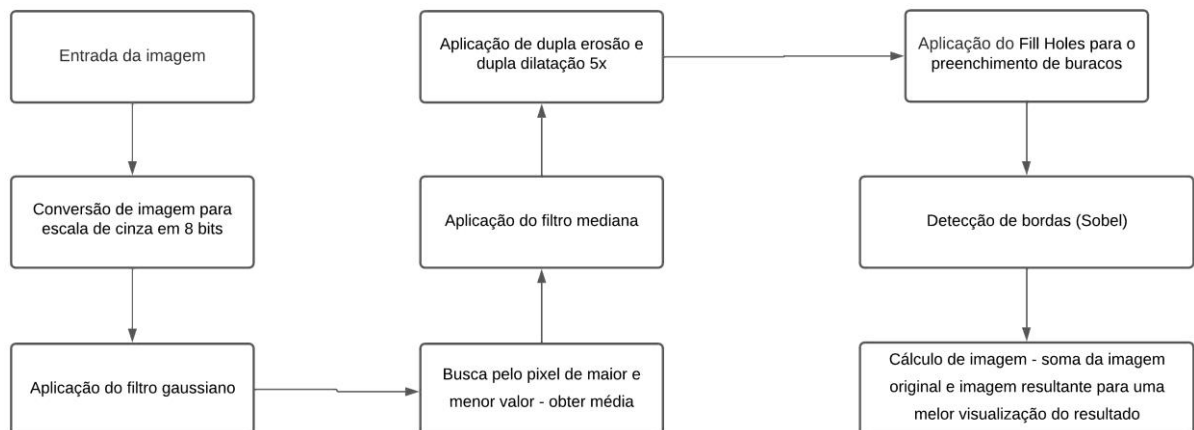
Conforme demonstrado no tópico anterior, após a obtenção das imagens, o próximo passo foi realizar um estudo aprofundado acerca das técnicas de manipulação de imagem. As técnicas utilizadas e citadas no projeto foram:

- Conversão de imagem para escala de cinza em 8 bits – essa conversão consiste na verificação dos pixels e de acordo com o valor, são convertidos para valores entre 0 e 255;
- Filtro gaussiano - responsável por desfocar a imagem, sendo necessário a passagem de um parâmetro de sigma para especificar o grau de desfoque;
- Busca pelo pixel de maior e menor valor dentro da imagem em 8 bits, para obter uma média;
- Filtro mediana - o filtro percorre a matriz (imagem) e ao identificar um pixel com um valor muito maior do que os pixels vizinhos, ele seleciona todos os vizinhos em ordem crescente e escolhe o valor médio entre eles para substituir o pixel em questão;
- Erosão - utilizada em imagens binárias (valores 0 e 1), a erosão realiza a remoção de 1 pixel nas bordas da imagem onde o valor do pixel é 1;
- Dilatação - também utilizada em imagens binárias, a dilatação adiciona 1 pixel nas bordas da imagem onde o valor do pixel for igual a 1;
- Fill Holes – também necessita que a imagem seja binária, o Fill Holes realiza o preenchimento de buracos na imagem, aplicando pixels em locais da imagem onde os pixels são conectados, sem vazamentos;

- Detecção de bordas (Sobel) - ao ser utilizado, o filtro realiza uma busca por mudanças de intensidade dos pixels, evidenciando essas mudanças, fazendo assim a detecção de bordas;
- Cálculo de imagem – utilizado para realizar operações com as imagens, como por exemplo uma adição, onde uma imagem é “somada” a outra, fazendo assim uma sobreposição de uma sobre a outra.

Tendo em vista as técnicas utilizadas e a construção do algoritmo fazendo uso destas, a figura 10 ilustra de forma visual o fluxograma dos processos realizados nas imagens, facilitando a compreensão.

Figura 10 – Fluxograma do algoritmo utilizado sob as imagens



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

5.4 RESULTADOS OBTIDOS INDIVIDUALMENTE FOTO POR FOTO




A seguir, será ilustrado por meio da Tabela 1 os resultados obtidos através da aplicação após a aplicação do algoritmo. As imagens resultantes foram avaliadas pela estudante, Thais de Souza, do 3º ano do curso de Enfermagem da instituição UNISAGRADO, junto a professora Me. Marcia Gatti, responsável por auxiliá-la. A Tabela conta com 2 colunas, sendo elas:





- Imagem: contém as imagens após a aplicação do filtro





- Classificação: categoriza por meio de satisfatório, regular e insatisfatório





A Tabela contempla 19 imagens das 95 utilizadas, totalizando $\frac{1}{5}$ para melhor ilustrar os resultados.




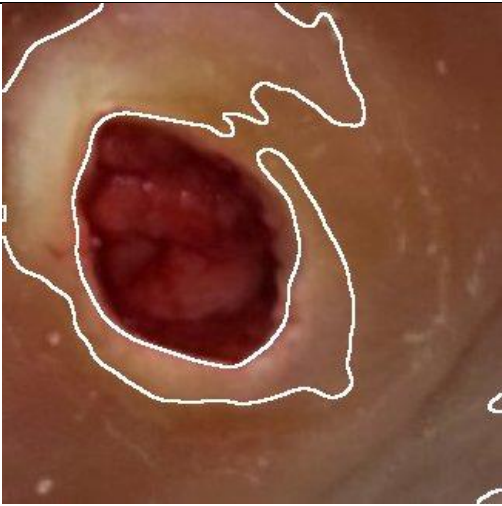
Tabela 1 – Classificação das imagens após aplicação do algoritmo

	Imagem	Classificação
1		Satisfatório
2		Satisfatório
3		Satisfatório

4		Satisfatório
5		Regular
6		Insatisfatório
7		Satisfatório

8		Satisfatório
9		Regular
10		Regular
11		Regular

12	 A circular ulcer with a white outline. The center contains dark, necrotic material, and the surrounding tissue is red and inflamed.	Regular
13	 A circular ulcer with a white outline. The center is dark and necrotic, surrounded by a red, inflamed border.	Regular
14	 A circular ulcer with a white outline. The center is dark and necrotic, surrounded by a red, inflamed border. A small number '5' is visible in the bottom left corner of the image.	Regular
15	 An irregular, elongated ulcer with a white outline. The center is dark and necrotic, surrounded by a red, inflamed border.	Insatisfatório

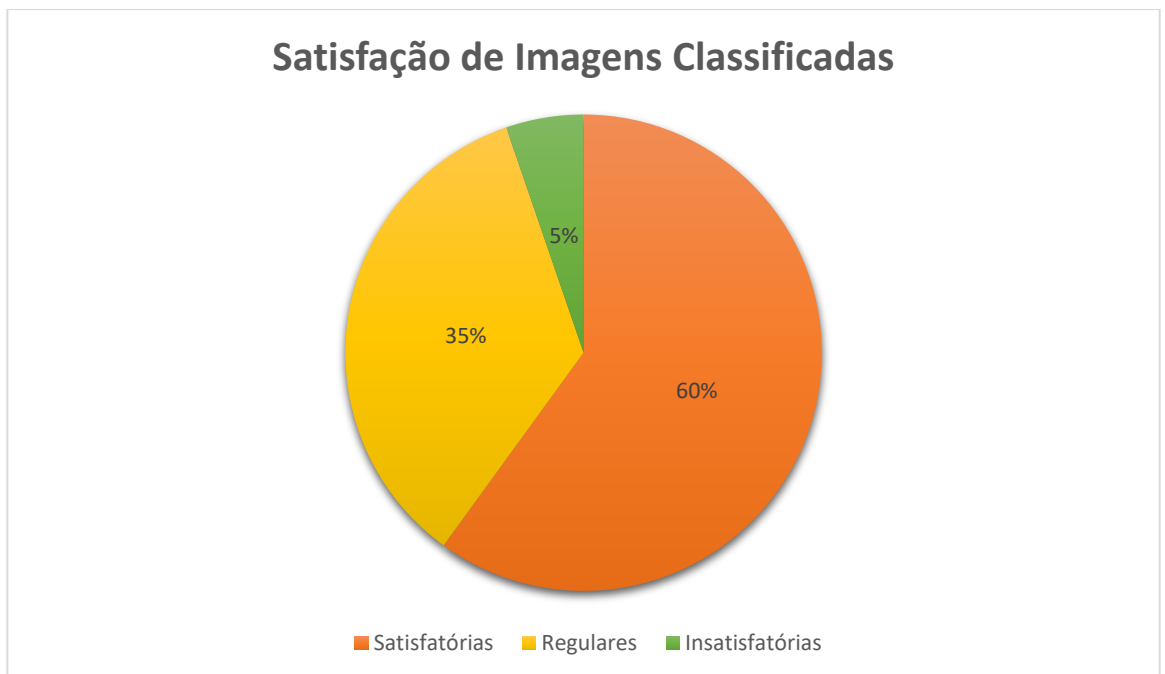
16		Insatisfatório
17		Insatisfatório
18		Satisfatório
19		Insatisfatório

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

5.5 RESULTADOS QUANTITATIVOS DAS IMAGENS

Ao todo, foram avaliadas 95 imagens das feridas. Após validadas e classificadas, foram obtidas 57 como sendo satisfatórias, 33 regulares e 5 insatisfatórias, demonstradas pelo Gráfico 1, ilustrado a seguir:

Gráfico 1 – Satisfação de imagens classificadas



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

5.6 DISCUSSÕES ACERCA DOS RESULTADOS

Ao observar as imagens e suas classificações, notasse alguns padrões. A começar pelas classificadas como satisfatórias, as mesmas possuem em geral uma boa resolução, as feridas se encontram bem enquadradas na imagem, a iluminação em sua maior parte aparece de forma suave, sendo assim, não formam grandes sombras diminuindo demarcações erradas após a utilização do algoritmo. Em contrapartida, as imagens classificadas como regulares ou insatisfatórias em sua

maioria apresentam elementos além da ferida como espaços de fundo, possuem sombras, causando umas variações de tons bruscas e baixa resolução, dificultando o processo. Dessa forma, como era esperado, o algoritmo não funciona de forma adequada em qualquer imagem de ferida, necessitando um certo cuidado na captura da imagem, se preocupando com enquadramento e principalmente iluminação.

5.7 TENTATIVA DE CLASSIFICAÇÃO DAS FERIDAS NAS IMAGENS

Após o desenvolvimento do algoritmo para a segmentação das feridas, foi iniciado o processo de estudo para realizar a classificação destas por meio de inteligência artificial. Para iniciar o processo, foi realizada a *clusterização* das imagens do banco de imagens conforme suas categorias, que previamente foram classificados pela já citada aluna de enfermagem, Thais de Souza. O resultado do processo se deu com 4 categorias de feridas, sendo elas: Necrose, Epitelial, Fibrinoso e Granulação.

Tendo as categorias definidas, foi iniciada uma busca por bibliotecas em Java que auxiliassem no processo. A primeira e mais famosa biblioteca encontrada para realizar o processo foi a TensorFlow, sendo está de código livre e há 6 anos no mercado.

Após consultar a documentação e realizar alguns testes, foi feito uma tentativa de implementação na aplicação, porém, sem sucesso. Devido à dificuldade e ao tempo escasso, foram pesquisadas outras alternativas e a mais propícia se deu por realizar a migração do projeto para a linguagem de programação Python, sendo que esta é muito utilizada para o processamento de imagens e com grande suporte em bibliotecas para auxílio no processo.

A migração se deu de forma rápida devido à alta curva de aprendizado da linguagem, algo que facilitou o processo. Foram realizados os mesmos processos feitos anteriormente de forma adaptada utilizando a biblioteca desenvolvida pela Intel intitulada OpenCV, utilizada para operações de visão computacional. Ao fim, o algoritmo foi finalizado realizando os mesmos processos do anterior desenvolvido em Java, e com resultados bem semelhantes, tendo como finalidade realizar a segmentação das feridas nas imagens. A figura 11 ilustra uma comparação entre uma imagem segmentada no algoritmo em Java a esquerda e em Python, a direita.

Figura 11 – Comparação entre resultado obtido em Java e em Python para realizar segmentação de ferida



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O próximo passo foi a implementação das bibliotecas TensorFlow e Keras, sendo esta última utilizada para criação e treinamento de redes neurais, muitas vezes utilizada junto ao TensorFlow. Ao realizar a implementação, foi feita a organização das imagens por categoria e então, escolhida duas delas para iniciar o processo de criação da rede para treinamento, sendo elas: Fibrinoso e Necrose. Desta forma, o aprendizado pretendido é um aprendizado supervisionado, tendo em vista o prévio conhecimento das categorias as classificar. Por conta destes fatos, a rede escolhida foi a Rede Neural Convolutiva, um algoritmo com boa performance em classificação de imagens. A escolha das categorias para início se deu por serem as duas com mais imagens, contendo 16 e 22 imagens, respectivamente (números muito pequenos).

O primeiro processo realizado foi o de padronização das imagens, para deixá-las todas com as mesmas dimensões. O tamanho escolhido foi 160 por 160 pixels, tendo como base a menor imagem do conjunto. O próximo passo foi a definição de algumas variáveis que seriam posteriormente utilizadas na rede, sendo elas o *batch_size* – número de imagens trazidas por vez no treinamento (o valor por padrão é 32), *epochs* – número de vezes que a rede é treinada (foi utilizado o valor de 20

para início), *learning_rate* – taxa de aprendizagem da rede (seu valor inicial foi de 0.0001) e *class_names* – array títulos que serão impressos ao fim da classificação (necrose e fibrinoso).

O próximo passo foi a criação do *dataset* de treino e de validação, passando como parâmetros os valores definidos nas variáveis anteriormente citadas, além dos respectivos diretórios já criados anteriormente. O *dataset* de treino será o responsável por atualizar os parâmetros da rede, fazendo os ajustes conforme cada interação e o *dataset* de validação será responsável por validar o modelo ao decorrer do treinamento da rede, mas sem realizar alterações nos parâmetros da rede. Um terceiro *dataset* é criado fazendo uso de uma parte do *dataset* de validação, este será utilizado ao fim para testar o modelo criado. Uma outra *feature* é criada com o intuito de aumentar o número de imagens existentes, fazendo uso do *dataset* de treino e realizando pequenas alterações nas imagens como alteração na rotação e no zoom, possibilitando o aumento no número de imagens para treino sem necessariamente coletar novas imagens.

Com os *datasets* criados, foi o momento de criar o modelo da rede. O modelo definido foi o Sequencial, sendo assim, será aplicado camada por camada no treinamento. Uma das escolhas para configuração do modelo foi a utilização da técnica de *transfer learning* (transferência de aprendizado), que faz uso de um modelo já pronto e pré-treinado como parte do modelo em desenvolvimento, fazendo uso de seu aprendizado. Foi utilizada também utilizada uma função de otimização para um melhor ajuste na retropropagação da rede, visando o menor erro. A função em questão foi a Adam, escolhida apenas para iniciar os testes.

Ao realizar o treinamento, foi criada uma função para melhor visualização da performance da rede, demonstrando por forma de gráficos o valor da acurácia e o valor de erro. Ao fim o modelo é salvo para poder ser utilizado.

O grande problema se inicia com o *batch size*, tendo em vista o tamanho do banco de imagens presente no projeto. Ao realizar as pesquisas para o desenvolvimento da rede, notasse que em grande parte dos exemplos vistos, os autores possuem uma vasta base de imagens, com mais de 1000 para treinamento e ao mínimo 500 para validação, além de que, todas as imagens padronizadas.

Na presente pesquisa, foi realizada buscas por imagens na instituição de ensino do autor, onde foi conseguida algumas poucas, porém, sem possibilidade para uso, já que as mesmas continham elementos em frente a ferida, como por exemplo

réguas, utilizadas para os estudos em enfermagem. Desta forma, foi realizada uma pesquisa na internet por base de imagens prontas, mas também sem sucesso. Ao fim, o autor realizou uma busca pela internet onde ao fim, após as revisões, obteve 95 imagens para utilizar, e ao realizar a separação pelas classes das feridas, cada grupo ficou com majoritariamente menos que 20 imagens, fato que impossibilitou a pesquisa de prosseguir para realizar a classificação, tendo em vista a falta de convergência da rede, que não possui dados o suficiente para treinar e validar seus resultados.

Portando, notasse a falta de base de imagens no campo de feridas para realizar estudos e desenvolver melhorias na área.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto foi elaborado tendo como objetivo auxiliar em uma maior acurácia na caracterização de imagens de feridas digitais, levando em consideração a falta de aplicações ou soluções digitais para este tipo de processo. Tendo isso em vista, foi constatado por meio da pesquisa a falta de base de imagens, ou pelo menos, imagens públicas que se fazem necessário para a construção de ferramentas auxiliares, visto que, para o treino de uma rede artificial por exemplo ou para o levantamento de características que auxiliem em uma categorização é necessário um acervo considerável para realizar os processos como treinamento, validação e testes. As imagens que fizeram parte do acervo para o projeto auxiliaram no processo de segmentação das feridas, mas para a classificação não foi o suficiente, e, portanto, a solução mobile inicialmente proposta não pode ser de fato desenvolvida.

Para possíveis trabalhos futuros, é recomendado uma maior coleta de imagens para a construção de uma base consistente, e que estas sigam padrões, fator que facilita no ato de processamento das mesmas.

Um outro ponto a ser levantado, é a falta de representatividade até mesmo nas imagens de feridas, onde ao observar as imagens utilizadas no projeto, notasse que nenhuma era pele negra. Esse fato prejudica o desenvolvimento do projeto como um todo, tendo em vista que o algoritmo certamente falharia ao processar imagens de feridas em pele negra, tornando-o excludente de um público.

De uma forma geral, o desenvolvimento do projeto foi de grande avalia, sendo necessário o estudo de diversas ferramentas, levantamento de imagens, elaboração de testes, aprendizado de duas linguagens de programação (Java e Python) e bibliotecas como o TensorFlow e Keras, além do estudo sobre redes neurais e sua implementação com a linguagem escolhida. Ao fim, o projeto colocou em prática diversos dos assuntos tratados em sala de aula durante o curso de graduação, sendo de grande avalia para a fixação e prática do aprendizado.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. M.; RENAUD, B. G.; OLIVEIRA, B. Atendimento a pacientes com feridas crônicas nas salas de curativo das policlínicas de saúde. **Rev Bras Pesq Saúde**, v. 15, n. 2, p. 42-49, abr./jun. 2013.
- BEZERRA, E. **Princípios de Análise e Projeto de Sistemas com UML**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BRODERICK N. Understanding chronic wound healing. **The Nurse Practitioner**, v. 34, n. 10, p. 16-22, out. 2009.
- CHAKRABORTY, C.; GUPTA, B.; GHOSH, S. K. Mobile metadata assisted community database of chronic wound images. **Wound Medicine**, v. 6, p.34-42, out. 2014.
- COSTA, Rafael Fernandes. Concepção de banco de imagens para confecção de aplicativo para avaliação e mensuração de feridas. In: Fórum De Iniciação Científica, Fórum De Desenvolvimento Tecnológico E Inovação E Fórum De Iniciação Científica Do Ensino Médio – 2019. Bauru: Universidade do Sagrado Coração, **Anais...** 2019.
- CRUS, A. K. B. S; LIMA, L. C. M. Estudo e testes de usabilidade em sistemas de autoria de software: scratch e alice. In: 11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, n.4, 2014, Gramado. **Anais...** Gramado: Blucher, 2014. p.3673-3685.
- CUNHA, N. A. **Sistematização da assistência de enfermagem no tratamento de feridas crônicas**. 2006. 20f. TCC – Fundação de Ensino Superior de Olinda, Centro de Ciências da Saúde, Olinda, PE. Disponível em <http://www.abenpe.com.br/diversos/sae_tfc.pdf>. Acessado em 24 fev 2018.
- DHANE, D.M.; MAITY, M.; MUNGLE, T.; BAR, C.; ACHAR, A.; KOLEKAR, M.; CHAKRABORTY, C. Fuzzy spectral clustering for automated delineation of chronic wound region using digital images. **Computers in Biology and Medicine**, v. 89, p.551-560, abr. 2017.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Sistemas de Banco de Dados**. 6 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.
- FAUZI, M. F. A. F.; IBRAHIM KHANSA, CATIGNANI, K.; GORDILLO, G.; SEN, C. K.; GURCAN, M. N. Computerized segmentation and measurement of chronic wound images. **Computers in Biology and Medicine**, v. 60, p. 74-85, maio 2015,
- FEHMIG. FUNDAÇÃO HOSPITALAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Diretrizes Clínicas, Protocolos Clínicos: Feridas Hospitalares II**. n. 35, 20 ago. 2013. Disponível em <http://www.fhemig.mg.gov.br/index.php/docman/Protocolos_Clinicos-1/155-035-feridas-hospitalares-ii-151014/file> Acessado em 24 fev. 2018.

KEENGWE, J.; BHARGAVA, M.. Mobile learning and integration of mobile technologies in education. **Education and Information Technologies**, v. 19, n. 4, p. 737-746, dez. 2014.

LAWALL, H. Treatment of Chronic Wounds. **Vasa**, v. 41, n. 6, p. 96-409, nov. 2011.

MARIA, R. P; AUN, R. B. **Projeto e implantação de um serviço de atendimento a pacientes portadores de feridas em uma instituição pública**. 2004. Disponível em <www.rtratamentodeferidas.com.br>. Acessado em 22 abr 2005.

MOWA - Mobile Wound Analyzer - Wound Care Solution, 2015. Disponível em: <<https://www.healthpath.it/files/Mowa-Manual-REV-1.2-eng.pdf>> Acesso em: 11 jul. 2017.

PAIXÃO, T. S. Comparação entre a avaliação clínica e a utilização de software digital na caracterização de feridas. In: FÓRUM DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2017, Bauru: Universidade do Sagrado Coração **Anais...**, 2017.

PETIT, T.; SANTOS, G. L. Mobile Learning: An Ergonomic Alternative for Long-Awaited Educational Changes?. **Mobile as a Mainstream – Towards Future Challenges in Mobile Learning**: proceedings of 13th World Conference on Mobile and Contextual Learning, mLearn 2014, Istambul/Turquia, v. 479, p. 1-14, nov. 2014.

PRASAD, S.; KUMAR, P. S.; GHOSH, D. An efficient low vision plant leaf shape identification system for smart phones. **Multimedia Tools and Applications**, [S.L], p. 1-25, fev. 2016.

RANZANI, Gustavo Corradi. Aplicativo Móvel Para Gerenciamento De Base De Imagens De Feridas E Respectivas Caracterizações. In: Fórum De Iniciação Científica, Fórum De Desenvolvimento Tecnológico E Inovação E Fórum De Iniciação Científica Do Ensino Médio – 2019. Bauru: Universidade do Sagrado Coração, **Anais...** 2019.

SALOMÉ, G. M.; SANTOS, L. F.; CABECEIRA, H. S.; PANZA, A. M. M.; PAULA, M. A. B. Knowledge of undergraduate nursing course teachers on the prevention and care of peristomal skin. **J Coloproctol**, n. 34, p. 224-230, 2014.

SANTOS, I. C. R. V.; SOUZA, M. A. O.; ANDRADE, L. N. V.; LOPES, M. P.; SILVA, M. F. A. B.; SANTIAGO, R. T. Caracterização do atendimento de pacientes com feridas na atenção primária. **Rev Rene**, v. 15, n. 4, p. 613-620, jul./ago. 2014. Disponível em < <http://www.periodicos.ufc.br/index.php/rene/article/viewFile/1077/1039>> Acessado em 22 fev. 2018.

SULC, M. **Image-based Recognition of Plants**. 2012. 30f. Tese – Faculdade de Engenharia Elétrica, Czech Technical University in Prague, República Checa.

SUMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.