

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO**

**ROBSON MELCHIADES NETO JUNIOR**

**ESTUDO DA AUTOMAÇÃO PARA AUXÍLIO DA  
CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FERIDAS  
POR APLICAÇÃO DIGITAL**

BAURU  
2021

**ROBSON MELCHIADES NETO JUNIOR**

**ESTUDO DA AUTOMAÇÃO PARA AUXÍLIO DA  
CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FERIDAS  
POR APLICAÇÃO DIGITAL**

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

Orientador: Prof. Me. Renan Caldeira  
Menechelli

Co-Orientadora: Profa. Dra. Marcia  
Aparecida Nuevo Gatti

BAURU  
2021

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

Neto Junior, Robson Melchiades

N469s

Estudo Da Automação Para Auxílio Da Caracterização E  
Diagnóstico De Feridas Por Aplicação Digital / Robson  
Melchiades Neto Junior. -- 2021.

51f. : il.

Orientador: Prof. M.e Renan Caldeira Menechelli

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

1. Feridas. 2. Auxílio ao Diagnóstico. 3. Visão  
Computacional. I. Menechelli, Renan Caldeira. II. Título.

Dedico esta monografia à minha família que me apoiou nos momentos mais complicados do desenvolvimento, à minha namorada Amanda que ficou ao meu lado nesse período, ao meu orientador, professor Renan Caldeira Menechelli, pela confiança e oportunidade proporcionada.

Agradeço meu orientador pela ajuda e disponibilidade nas orientações à professora Márcia Aparecida Nuevo Gatti e à Thais Francielle De Souza pelo suporte nos tópicos específicos do âmbito da enfermagem sem o qual seria inviável o andamento no projeto.

## 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 e dados de uma maneira mais abrangente, inclusive com abordagens de inteligência computacional, adaptados a realidade de operação prática do UNISAGRADO, local de desenvolvimento dessa pesquisa. É objetivo desse projeto estabelecer diferentes conjuntos de técnicas envolvendo processamento de imagens digitais e visão computacional no intuito de caracterizar aspectos visuais de feridas obtidas por imagens digitais, auxiliando no diagnóstico e tomada de decisão por profissionais especializados. 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; a segunda etapa do projeto dedica-se ao desenvolvimento de uma aplicação digital que implementa o modelo e realiza a análise e categorização da ferida em tempo real. O modelo desenvolvido foi treinado utilizando KNN e XGBOOST sob as imagens coletadas. O acerto final foi de 67%, sendo necessárias melhorias e maiores testes para que a eficácia do software possa ser considerada satisfatória. Com os resultados obtidos, fica à disposição dos usuários uma ferramenta inicial que auxilie na detecção e categorização de feridas.

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

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma genérico de um sistema CADe e CADx.....	19
Figura 2 - Etapas de um sistema de processamento de imagens .....	22
Figura 3 – Exemplo de antes e depois da aplicação do filtro de mediana .....	26
Figura 4 – Exemplo de resultado da aplicação de filtro passa-alta.....	27
Figura 5 - Imagem ferida sem alteração .....	40
Figura 6 - Imagem Recortada .....	40
Figura 7 - Figura Original .....	41
Figura 8 – Ferida Segmentada .....	42
Figura 9 - Imagem para Diagnóstico.....	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>3</b>	<b>TRATAMENTO E DIAGNÓSTICO DE FERIDAS .....</b>	<b>14</b>
3.1	TECNOLOGIA E TRABALHOS CORRELATOS .....	17
3.1.1	<i>Sistemas de auxílio ao diagnóstico.....</i>	<i>18</i>
<b>4</b>	<b>ANÁLISES EM IMAGENS.....</b>	<b>21</b>
4.1.1	<i>Pré processamento .....</i>	<i>23</i>
4.1.2	<i>Segmentação.....</i>	<i>27</i>
4.1.3	<i>Extração de Características.....</i>	<i>28</i>
4.2	APRENDIZAGEM DE MÁQUINA.....	29
4.2.1	<i>Classificação.....</i>	<i>30</i>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
5.1	ASPECTOS ÉTICOS E PÚBLICO-ALVO .....	33
5.2	CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS.....	34
5.2.1	<i>Bases de Imagens .....</i>	<i>34</i>
5.3	PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS.....	36
5.3.1	<i>Extração de características .....</i>	<i>36</i>
5.4	CLASSIFICAÇÃO DE PADRÕES.....	36
5.5	TESTES E VALIDAÇÃO .....	37
5.6	REDAÇÃO FINAL E APRESENTAÇÃO DA PESQUISA.....	37
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>39</b>
6.1	COLETA DOS DADOS .....	39
6.2	PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	39
6.3	DIAGNÓSTICO DAS FERIDAS.....	43
6.4	MODELO DE CLASSIFICAÇÃO.....	44
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>47</b>



REFERÊNCIAS .....	48
-------------------	----

## 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, o tratamento de feridas conquistou seu merecido cunho científico. Atualmente, profissionais, instituições e indústrias 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).

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). A implementação de um aplicativo (proposto nesse projeto) também será capaz de estimar diferentes dados, sob diferentes formas de categorização e, caso adotado em larga escala, uma visão panorâmica de outras realidades, inclusive.

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, o tratamento de feridas tem recebido grande 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 delas), na diminuição de danos psicológicos, riscos para infecção e conseqüentemente, gastos com materiais para curativos. (PAIXÃO, 2017).

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, sem a dispensa do auxílio de ferramentas computacionais modernas, capazes de prover melhoria em todo o processo.

Em sua pesquisa, Santos et al. (2014) 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).

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) voltam a afirmar que essa realidade é difícil de ser comprovada estatisticamente devida a escassez nos registros de dados relacionados com as feridas.

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).

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; o objetivo geral proposto nesse projeto de pesquisa se mostra importante, autêntico e promissor no preenchimento de lacunas relacionadas ao gerenciamento e tratamento de dados relacionados com o tratamento de feridas. Ainda, contribui para que novas pesquisas sejam realizadas, por diferentes áreas, além de poder também figurar como uma ferramenta de suporte ao ensino de profissionais relacionados ao tratamento e caracterização de feridas.

Por isso, essa pesquisa propõe a investigação e análise computacional de imagens de feridas para auxiliar na caracterização e em diagnóstico inicial, constituindo uma ferramenta de auxílio e, conseqüentemente, à tomada de decisão em relação ao tratamento mais indicado em cada caso específico.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar e definir diferentes conjuntos de técnicas envolvendo processamento de imagens digitais e visão computacional no intuito de detalhar a caracterização de diferentes aspectos morfológicos de feridas em imagens digitais, auxiliando no diagnóstico e tomada de decisão por profissionais especializados.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Levantar na bibliografia correlata os aspectos morfológicos na caracterização de feridas e técnicas de processamento digital de imagens;
- b) Obter e selecionar conjunto de imagens digitais de feridas padronizadas;
- c) Estabelecer diferentes agrupamentos de técnicas de processamento de imagens e/ou visão computacional capazes de analisar computacionalmente as feridas em imagens digitais;
- d) Apresentar desempenho de modelo de classificação com intuito de auxiliar o diagnóstico na caracterização de feridas;
- e) Promover a divulgação da experiência e resultados obtidos em eventos técnicos e científicos, publicações correlatas, e participar do Fórum Anual de Iniciação Científica e Desenvolvimento Tecnológico e Inovação.

### 3 TRATAMENTO E DIAGNÓSTICO DE FERIDAS

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).

De acordo com Costa (2019, p. 6-7), para uma avaliação mais completa de uma úlcera, se faz necessário avaliar todas as características da ferida e saber sobre a sua história. Dessa maneira, levam-se em consideração na avaliação da ferida a anamnese e exame físico para observar:

- a) Medidas antropométricas
- b) Localização da úlcera
- c) Condições da pele
- d) Presença de calosidades
- e) Atrofias musculares
- f) Edema
- g) Pulsos (pedioso e tibial posterior)
- h) Alterações de sensibilidade e sinais de inflamação.

Além desses, a avaliação dermatoneurológica ajuda a detectar problemas de sensibilidade, conforme descrito no Manual de Prevenção de Incapacidades (BRASIL, (a), 2008).

- I. Avaliação psicossocial
- II. Autocuidado
- III. Características da úlcera
- IV. Pele ao seu redor
- V. Características do exsudato, podendo ser:
  - a. Seroso
  - b. Serosanguinolento
  - c. Sanguinolento
  - d. Piosanguinolento
  - e. Purulento

Aparência da úlcera (BRASIL, (b), 2008) onde o tipo de tecido presente indica a fase do processo de cicatrização em que a úlcera se encontra – podendo, por sua vez, ser:

- Tecido desvitalizado (marrom ou Preto)
- Esfacelo (amarelado ou cinza)
- Tecido de granulação (vermelho)
- Tecido de epitelização (branco rosado)

Para se entender o processo de criação do banco de imagens, e a necessidade da diversificação de feridas para sua composição, se faz necessário o entendimento de como acontece o tratamento das lesões e suas subdivisões (COSTA, 2019, p. 12).

Segundo o “Manual de Condutas para Úlceras Neurotróficas e Traumáticas”, o processo Inicia-se com uma avaliação integral e criteriosa do doente, levando em consideração os aspectos biológicos, psicológicos e sociais, participação ativa do paciente e sua família, além da interação e esclarecimento do profissional para com o doente, evitando assim, dúvidas e abandono do tratamento (COSTA, 2019, p. 12).

Como processo inicial deve-se realizar a anamnese, com presença de dados pessoais, história, condição socioeconômica e psicológica, higiene pessoal, estado nutricional, doenças associadas, uso de medicamentos e drogas, valores culturais, atividades da vida diária e de trabalho (COSTA, 2019, p. 12).

Como descrito por Costa (2019, p. 12-13), durante a avaliação criteriosa da lesão é necessário atenção a:

- 1) História do doente: verificando sempre a queixa principal e a presença de fatores que possam tardar a cicatrização, além de características sentidas pelo paciente como dor, angústia, desconforto.
- 2) Exame físico: Verificando a localização da úlcera, condições da pele, presença de calosidades, atrofia muscular, edema, pulsos, alterações de sensibilidade e sinais de inflamação.
- 3) Avaliação psicossocial: analisando alterações em sua imagem corporal, ansiedade em relação ao diagnóstico, pois esses fatores podem levar o doente a situações de estresse, tardando a cicatrização.
- 4) Autocuidado: ensinar e orientar estimulando o paciente a realizar seu curativo, para adaptar-se às atividades da vida diária.

- 5) Características da úlcera e da pele ao seu redor: alterações da pele, como: hiperemia, calor, edema, dor, maceração, ressecamento, descamação, eczema, hiperpigmentação, ou outras alterações, também valiosas para direcionar o tratamento.
- 6) Características do exsudato: Informações importantes para o direcionamento do tratamento, além de no processo cicatricial. A presença de exsudato após 72 horas de lesão é um sinal de prejuízo para o processo cicatricial, sua coloração e consistência variam durante o tratamento, sendo os fluídos serosos e sanguinolentos considerados normais, já o exsudato purulento indica processo infeccioso.
- 7) Aparência da úlcera: o tipo de tecido presente indica a fase do processo de cicatrização em que a úlcera se encontra

Ainda conforme Costa (2019) e considerando o objeto de estudo dessa pesquisa, quando da aparência de úlcera, é possível ainda classificar o tecido em:

- a) Tecido necrótico: Pode variar a sua coloração entre as tonalidades de cor preta, cinza, esbranquiçada, marrom, até a esverdeada. Equivale ao tecido desvitalizado ou morto, desidratado, podendo apresentar pus e o material fibroso, que por sua vez facilitam a multiplicação de microrganismos, podendo possuir crosta que nada mais é do que um tecido desvitalizado, ressecado e desidratado devido sua exposição ao ar.
- b) Tecido fibrinoso: Possui predominantemente a coloração amarelada, de consistência cremosa, devido à quantidade de degradação celular, podendo a fibrina recobrir parcial ou total a extensão da lesão.
- c) Tecido de granulação: Possui aspecto avermelhado, brilhante e úmido, no entanto, quando o tecido se encontra doente tem aspecto pálido-escuro, podendo sangrar espontaneamente e com aparência friável indicando processo infeccioso.
- d) Tecido de epitelização: ou tecido de cicatrização, possui aspecto branco rosado, que migra a partir da margem para o centro da úlcera.



Assim, é de grande importância que tais dados relacionados com a saúde dos pacientes possam ser armazenados e, futuramente, processados por técnicas inteligentes a fim de auxiliar os profissionais no diagnóstico das feridas.

### 3.1 Tecnologia e trabalhos correlatos

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.

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).

No trabalho de Chakraborty et al. (2014), a presença do médico se torna crucial, o que não contribui para a construção de uma sólida base de imagens e de dados característicos (metadados), mas de um precário sistema de auxílio ao diagnóstico. 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.

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). Isso

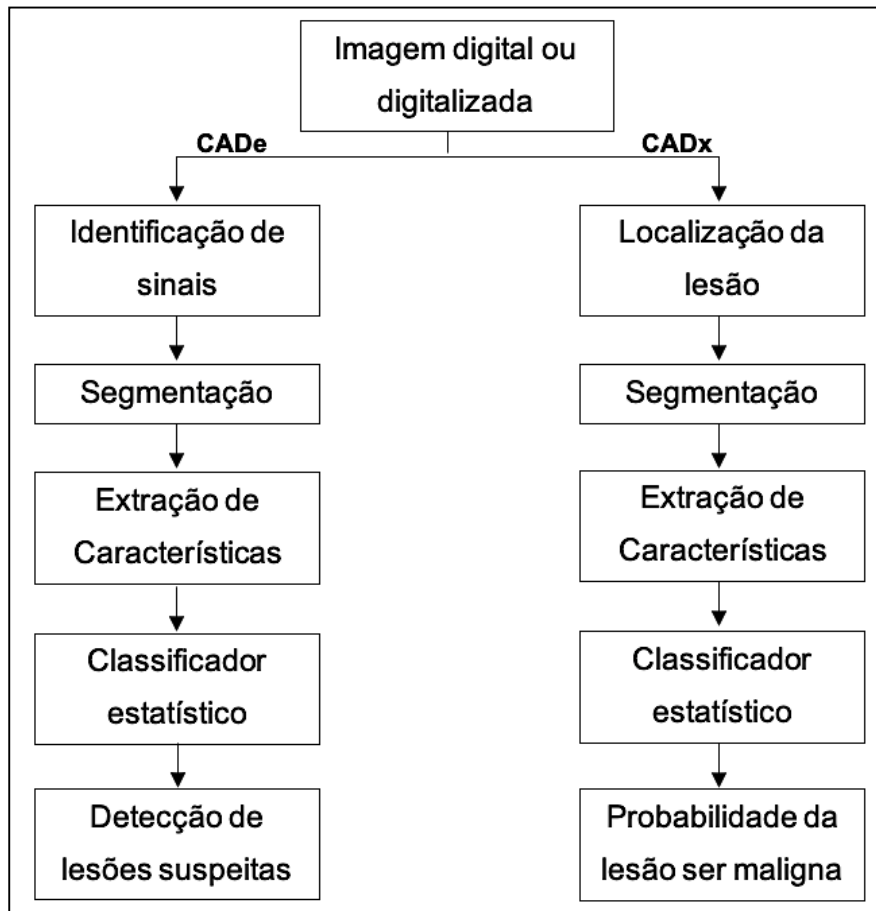
também inclui a organização e sistematização dos dados para que, futuramente, possam ser recuperados e sirvam, inclusive, de exemplos para outros tratamentos. Dessa forma, possibilitar a realização do diagnóstico e da intervenção de Enfermagem adequadamente, considerando as características socioeconômicas do paciente, suas condições clínicas, a etiologia da lesão e as diferentes formas de tratamento. (ABREU, et al., 2013).

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.

### 3.1.1 Sistemas de auxílio ao diagnóstico

Os CADe (*Computer Aided-Diagnosis* – Diagnóstico Auxiliado por Computador) objetivam identificar e marcar áreas suspeitas em uma imagem, sendo sua maior potencialidade evidenciar casos clinicamente ocultos. Já os CADx têm por finalidade fornecer um relatório com maior detalhamento sobre uma suspeita para ajudar o especialista a decidir sobre necessidade de um encaminhamento ou procedimento específico, por exemplo. (NISHIKAWA, 2010). A Figura 1 exibe um fluxograma genérico de esquemas CADe e CADx.

Figura 1 - Fluxograma genérico de um sistema CADe e CADx



Fonte: adaptado de Nishikawa, 2010.

A principal diferença notada na Figura 1 está na saída de cada um dos sistemas. No CADe a saída delimita uma possível localização de um achado suspeito, enquanto no CADx fornece um parecer estatístico sobre a indicação/caracterização de um achado. A complexidade desses sistemas CAD em implementarem todas as funcionalidades para um diagnóstico preciso de qualquer tipo de imagem torna a sua comercialização inviável, já que fornecem soluções apenas para casos muito específicos e com muitas limitações. (DOI, 2007; RANGAYYAN; AYRES; DESAULTELS, 2007).

Em geral, os esquemas CAD fornecem opiniões extraídas de imagens médicas através de técnicas de processamento de imagens, visão computacional, inteligência artificial, reconhecimento de padrões, entre outras, a fim de prover melhorias e extrair informações úteis no suporte ao diagnóstico. (BRANCATO et al., 2008). Na essência, CAD/CADx são sistemas especializados em resolver problemas complexos da

mesma maneira que os especialistas humanos, mesclando o conhecimento do especialista com as técnicas computacionais. (CIESIELSKI et al., 1979).

Sistemas Especialistas (ES – *specialist systems*) são programas especializados em uma área específica de conhecimento, como sistemas médicos para apoio e tomada de decisão. Nas últimas décadas, principalmente devido ao surgimento de vários sistemas especialistas genéricos altamente potentes, o ES se multiplicou devido à facilidade de implementação em bancos de dados médicos de conhecimento especializado. Esses bancos de dados são bem definidos em relação à representação do conhecimento, regras de decisão, dados para apoiar a decisão, padronização da terminologia e concordância entre especialistas. Eles produzem resultados mais úteis do ponto de vista prático e clínico, pois concentram a resolução de problemas complexos e que levam tempo de diagnóstico para seres humanos. (KULIKOWSKI & WEISS, 1982).

A literatura correlata já está mostrando que tanto os esquemas CAD (ou CADx) quanto os sistemas especialistas são ferramentas promissoras para a área da saúde, utilizando técnicas de processamento de imagens e inteligência artificial.

## 4 ANÁLISES EM IMAGENS

Podemos definir uma imagem como uma função  $f(x, y)$ , em que  $f$  é chamada de intensidade ou nível de cinza da imagem em qualquer ponto  $x$  e  $y$ . Quando os valores de  $x$ ,  $y$  e  $f$  são finitos e discretos, chamamos de imagem digital. O processamento dessas imagens feito por um computador digital é o que se refere o campo do processamento digital de imagens. (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Considera-se processamento de imagens a manipulação de imagens após a captura por dispositivos imageadores (câmeras digitais, scanners, sensores de infravermelho etc.). Nessa manipulação inclui tópicos como diminuição de ruídos, realce, restauração, entre outros (AZEVEDO et al. 2008).

O advento do processamento digital de imagens dependeu da disponibilidade dessas máquinas e do início do programa espacial durante esse período. [...] O emprego de técnicas computacionais para melhoramento de imagens produzidas por uma sonda espacial teve início no Jet Propulsion Laboratory em 1964, quando figuras da Lua transmitidas pelo Ranger 7 foram processadas por um computador para corrigir vários tipos de distorções de imagem inerentes à câmera de televisão a bordo. (GONZALEZ; WOODS, 2010, p. 4).

O processamento de imagens é útil e utilizado nos estágios iniciais de um sistema de análise de imagens, com ele é possível extrair melhor as informações necessárias para a realização das etapas posteriores de reconhecimento de padrões, visão computacional ou extração de conhecimento das imagens. (AZEVEDO et al., 2008).

Considerando o objetivo dessa pesquisa, técnicas e procedimentos comuns e fundamentais de sistemas de processamento de imagens (Figura 2) utilizados objetivam a obtenção de resultados preliminares para a problemática já mencionada, assim como em trabalhos da literatura correlata para investigação do mesmo problema.

Figura 2 - Etapas de um sistema de processamento de imagens



Fonte: Marques Filho; Vieira Neto (1999)

As principais técnicas empregadas que utilizam processamento de imagens e inteligência artificial evidenciam semelhantes e recorrentes etapas, também aplicadas nesse projeto, entre elas:

- a) Aquisição de imagens: obtidas em bases próprias sob ambientes controlados, em buscas no Google, em bases disponíveis na internet.
- b) Pré-Processamento das imagens: técnicas de melhoria de contraste, redução de ruídos, filtragem, alinhamento e posicionamento são aplicadas sobre a imagem inicialmente obtida.
- c) Segmentação das imagens: é a tarefa mais crítica dos sistemas de análise de imagens. De acordo com a região de interesse, a imagem será dividida em regiões de interesse para serem estudadas isoladamente.

- d) Extração de características: são obtidas informações relevantes e discriminatórias das imagens, para então serem cuidadosamente selecionadas. Envolve a descrição e obtenção de um largo conjunto de dados obtidos das imagens. Aqueles que se demonstrarem mais característicos para o problema, servirão de entrada para a etapa seguinte de classificação.
- e) Classificação: em sistemas de processamento de imagens, apenas, configura-se como um processo de categorização de todos os pixels das imagens. Contudo, a maioria dos trabalhos acabam utilizando técnicas inteligentes na realização dessa etapa.

#### 4.1.1 Pré processamento

Esse termo, pré-processamento, é utilizado para as técnicas que visam melhorar a imagem, como equalização de histograma, redução de ruídos, realce das características, entre outras. (SILVA, 1996).

O uso de filtros em imagens objetiva, principalmente, melhorar a qualidade das imagens através da ampliação do seu contraste, eliminação de padrões periódicos ou aleatórios (ruídos ou imperfeições das imagens provenientes do processo de aquisição, transmissão ou compressão), melhoria no seu foco e acentuação de características. (AZEVEDO et al., 2008, p. 135).

Essas técnicas atuam tanto no domínio espacial quanto no domínio de frequência da imagem. Não há um padrão das técnicas ou ordem das mesmas a serem utilizadas nas imagens; cada uma é escolhida de acordo com as imagens adquiridas e com os resultados esperados. (SILVA, 1996).

##### 4.1.1.1 Domínio espacial

Domínio espacial é o plano que contém os pixels de uma imagem. As técnicas realizadas nesse domínio são aplicadas diretamente nos pixels da imagem que está sendo processada com a ajuda do que chamamos de máscara. Máscaras são matrizes bem menores que a imagem que está sendo processada e os seus valores são determinados de acordo com o objetivo que se quer alcançar. (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Processamentos realizados no domínio espacial podem ser expressos pela seguinte fórmula:

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (1)$$

em que  $g(x, y)$  é a imagem de saída,  $f(x, y)$  a imagem de entrada e  $T$  é um operador em  $f$  definido em uma vizinhança do ponto  $(x, y)$ . (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Seja uma máscara 3x3 de coeficientes genéricos  $W_1$  a  $W_9$ , ela percorrerá a imagem inteira, desde o seu canto superior esquerdo até seu canto inferior direito. A cada posição relativa da máscara sobre a imagem, o pixel central em questão será substituído pelo valor encontrado na equação (2), conforme Marques Filho e Vieira Neto (1999):

$$Z = \sum_{i=1}^9 W_i \cdot Z_i \quad (2)$$

Essa troca é feita em uma nova imagem criada para receber esses novos valores. Raramente a troca de valores dos pixels é feita na imagem original, pois isso alteraria o conteúdo da imagem enquanto a operação estivesse sendo realizada. (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Dependendo da escolha dos valores dos coeficientes  $W_1$  a  $W_9$ , é possível uma grande variedade de operações, como redução de ruído, afinamento e detecção de características da imagem. (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999).

#### 4.1.1.2 Filtros passa-baixa

O objetivo principal desses tipos de filtros é a suavização da imagem, ou seja, a redução de ruídos presentes na mesma. Isso ocorre com a atenuação das altas frequências da imagem e a redução das variações nos níveis de cinza. O efeito negativo causado por essa filtragem é a degradação da nitidez da imagem, causando um efeito borrado como resultado final. (AZEVEDO et al., 2008).

##### 4.1.1.2.1 Média

O filtro da média tem como objetivo a redução de ruídos na imagem. Para a implementação desse filtro primeiro deve se criar uma máscara  $N \times N$  onde todos os seus coeficientes devem ser iguais a 1 e o valor obtido com isso deve ser dividido pelo



número de pixels da máscara, ou seja  $n^2$ . Abaixo é dado um exemplo de uma máscara de tamanho 3x3 e uma de tamanho 5x5. Esses filtros são conhecidos por esse nome por obter a média entre os tons de pixels vizinhos. (AZEVEDO et al., 2008).

$$z = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$z = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

A aplicação do filtro da média faz com que a imagem, além de ter seus ruídos reduzidos, também tenha sua nitidez afetada.

#### 4.1.1.2.2 Mediana

Usada para superar os limites do filtro da média, o filtro da mediana é utilizado para se preservar as bordas e os detalhes finos de uma imagem. O nível de cinza do pixel central da janela é substituído pela mediana dos pixels que estão em sua vizinhança. Seu resultado se mostra muito satisfatório na eliminação de ruídos impulsivos (do tipo não-contínuo, pulsos irregulares de grandes amplitudes) ou do tipo sal-e-pimenta (descontinuidades abruptas e isoladas na imagem). (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999). Na Figura 3 é mostrado um exemplo da aplicação do filtro de mediana em uma imagem com ruídos do tipo sal-e-pimenta, a primeira imagem é a original (ruidosa) e a do seu lado é a imagem resultado da aplicação do filtro com máscara 3x3.

Figura 3 – Exemplo de antes e depois da aplicação do filtro de mediana



Fonte: MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999.

A mediana  $m$  de um conjunto de  $n$  elementos é o valor tal que metade dos  $n$  elementos do conjunto situam-se abaixo de  $m$  e a outra metade acima de  $m$ . Quando  $n$  é ímpar, a mediana é o próprio elemento central do conjunto ordenado. Nos casos em que  $n$  é par, a mediana é calculada pela média aritmética dos dois elementos mais próximos do centro (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999, p. 90).

O filtro da mediana não adiciona valores de níveis de cinza diferentes do que já estão na imagem original, e pode ser aplicado iterativamente por não afetar tanto os contornos da imagem. Assim como o filtro da média, o resultado de sua aplicação depende diretamente do tamanho da máscara utilizada. Já mencionado, seus resultados são excelentes na filtragem de ruídos que apresentam valores muito diferente dos seus pixels vizinhos (AZEVEDO et al., 2008).

Esse filtro [...] ordena a intensidade dos pixels dentro da área da máscara em ordem crescente ou decrescente, atribuindo ao pixel da imagem correspondente à posição central da máscara, o valor da intensidade do pixel que corresponde à posição do meio do respectivo intervalo ordenado. (AZEVEDO et al., 2008, p. 173).

Quando comparado com os do filtro da média, os resultados do filtro da mediana são melhores, e isso está ligado ao fato de que um ponto que é considerado como ruído nunca estará no centro da máscara, sendo assim, o seu valor nunca será utilizado para substituir o valor do pixel central. Assim, os pontos cinza de uma região tendem a ter similaridade e, dessa forma, ponto discrepantes têm grande possibilidade de serem ruído.

#### 4.1.1.3 Filtros passa-alta

Ao contrário da filtragem passa-baixa, a passa-alta atenua ou elimina os componentes de baixa frequência da imagem, por isso o resultado de sua aplicação é o realce das bordas e regiões de alto contraste. (AZEVEDO et al., 2008).

A máscara de um filtro passa-alta deve apresentar coeficientes negativos longe de seu centro e positivos perto dele. Ou seja, em uma máscara 3x3 o pixel central seria de valor positivo, enquanto todos os outros seriam valores negativos, como mostrado a seguir. (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999).

$$z = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Foi realizada a aplicação dessa mesma máscara em uma imagem e o resultado é exemplificado pela Figura 4.

Figura 4 – Exemplo de resultado da aplicação de filtro passa-alta



Fonte: adaptado de GONZALEZ; WOODS (2010, p. 107).

#### 4.1.2 Segmentação

“Na maioria das aplicações, a segmentação de imagens é um estágio prévio de processamento para reconhecimento ou identificação das imagens”. (AZEVEDO et al., 2008, p. 199).

Segundo Conci e Nunes (2003 apud AZEVEDO et al., 2008, p. 201) a segmentação é muito importante para a área de análise de imagens, assim como é

para as áreas de visão computacional e a de reconhecimento de padrões. Isso tudo porque é ela que torna possível identificar partes das imagens que representem elementos de interesse.

Segmentar uma imagem é classificar os pixels dela de acordo com a escolha de um ou mais limiares. Nessa etapa uma imagem em tons variados de cinza é convertida para apenas dois tons de cinza: preto e branco. Um limiar é escolhido para a separação da imagem em objeto de interesse e fundo da imagem. De acordo com o limiar, os pontos da imagem são analisados, se o mesmo tiver intensidade maior do que o do limiar escolhido, o ponto é considerado ponto do objeto (cor preta), caso contrário ele é considerado ponto do background (cor branca). (PORTELA, 2009).

A segmentação é uma das tarefas mais difíceis no processamento de imagens, é a precisão dela que determina o sucesso ou o fracasso final dos procedimentos de análise computadorizada. (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Para obter como resultado uma segmentação bem-sucedida, é muito importante que a escolha do limiar seja correta, essa escolha pode ser determinada interativamente ou pode ser o resultado de algum método de detecção automático. (BOYLE et al., 2014).

#### 4.1.3 Extração de Características

Na área da visão computacional e do reconhecimento de padrões, a extração de características é uma das principais etapas 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 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.

O uso de atributos morfológicos e geométricos relacionados com a forma, contorno e estrutura geral da ferida (GONZALEZ & WOODS, 2010; PRATT, 2007) podem não ser tão promissores quanto o entendimento e estudo do mapa de cores,

através de formulações próprias, segundo as características das imagens e natureza do problema abordado nessa pesquisa.

Em síntese, o software resultante é destinado a operação por profissionais especializados e competentes, ficando responsável pela caracterização de aspectos visíveis em imagens digitais de feridas, sendo o diagnóstico feito pelo próprio profissional especialista, de forma sistematicamente padronizada.

## 4.2 Aprendizagem de máquina

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

Desde a concepção dos computadores tem-se questionado quando estas máquinas poderão ser construídas para aprender. O impacto resultante de tal façanha seria fascinante e ao mesmo tempo inspiraria cuidado. (PAULA, 2002).

Economistas, estatísticos e engenheiros de comunicação trabalham há muito tempo com a ideia de que os padrões nos dados podem ser procurados automaticamente, identificados, validados e usados para previsão. O que é novo é o aumento impressionante de oportunidades para encontrar padrões nos dados. (WITTEN et al., 2016).

Aprendizado de máquina é uma área de IA cujo objetivo é o desenvolvimento de técnicas computacionais sobre o aprendizado bem como a construção de sistemas capazes de adquirir conhecimento de forma automática. Um sistema de aprendizado é um programa de computador que toma decisões baseado em experiências acumuladas por meio da solução bem-sucedida de problemas anteriores. Os diversos sistemas de aprendizado de máquina possuem características particulares e comuns que possibilitam sua classificação quanto à linguagem de descrição, modo, paradigma e forma de aprendizado utilizado. (MONARD; BARANAUSKAS, 2003).

Ainda que Aprendizado de Máquina seja uma ferramenta poderosa para aquisição automática de conhecimento, deve-se observar que não existe um único algoritmo que apresente o melhor desempenho para todos os problemas. Portanto, é importante compreender o poder e a limitação dos diversos algoritmos de aprendizado de máquina utilizando alguma metodologia que permita avaliar os conceitos induzidos

por esses algoritmos em determinados problemas. (MONARD; BARANAUSKAS, 2003).

De acordo com Weiss (1991 apud PAULA, 2002, p. 15) um sistema de aprendizado (ou aprendizado de máquina) é um programa de computador que realiza decisões com base na experiência anteriores em casos resolvidos com sucesso. Um sistema de aprendizado pode usufruir de diferentes técnicas para explorar o poder computacional, considerando seu relacionamento com o processo de cognição humana.

Os objetivos dos sistemas de aprendizado não são diferentes dos comumente citados em sistemas especialistas. Estes são: lidar com a tomada de decisão de problemas reais complexos, e resolver estes problemas. (PAULA, 2002).

Há várias razões que demonstram o considerável aumento de interesse por sistemas de aprendizado. Novos métodos formais e novas técnicas de confecção têm sido desenvolvidas e o poder computacional dos computadores atuais proporcionam que simulações sejam realizadas. O processo de aprendizagem automática sustenta a ideia de incorporar conhecimento em um sistema sem a necessidade de um engenheiro do conhecimento. Um argumento a favor da construção de sistemas de aprendizado é que estes apresentam potencial para exceder a performance dos especialistas no domínio do assunto e ainda descobrir novas relações no meio de conceitos e hipóteses, examinando um conjunto de exemplares resolvidos com sucesso. (PAULA, 2002).

O conceito de aprendizado de máquina é bastante vasto e a classificação é uma das tarefas mais comuns de aprendizado. Para resolver problemas de classificação, um sistema de aprendizado pode ser visto como um método que constrói um sistema o qual o objetivo é a tomada de decisão, isso é o que chamamos de classificador. Simplificando, um classificador é qualquer coisa que produz uma decisão para cada padrão de dados apresentado a ele. (PAULA, 2002).

#### 4.2.1 Classificação

Pode se referir a classificação como categorização, o processo no qual ideias e objetos são reconhecidos, diferenciados e compreendidos. Um algoritmo que implementa a classificação, especialmente em uma implementação concreta, é conhecido como um classificador. (KALMEGH, 2015).

O princípio da tarefa de classificação é descobrir algum relacionamento entre os atributos preditivos e o atributo meta, de modo a descobrir um padrão que possa ser utilizado para previsões. (LIBRELOTTO; MOZZAQUATRO, 2014).

Na terminologia de aprendizagem de máquina, a classificação é considerada uma instância de aprendizagem supervisionada, ou seja, aprendizagem onde um conjunto de treinamento que já está classificado corretamente está disponível. O procedimento não supervisionado correspondente é conhecido como clustering ou análise de cluster e envolve o agrupamento de dados em categorias com base em alguma medida de similaridade inerente. (KALMEGH, 2015).

#### 4.2.1.1 Algoritmo de KNN

Conhecido como algoritmo dos k vizinhos mais próximos, KNN (*K-Nearest Neighbors*) é um algoritmo de classificação supervisionado. É necessário um considerável número de amostras rotuladas para que ele possa aprender a prever a classe de outras. Para rotular uma nova amostra, ele tem como base as amostras rotuladas mais próximas daquela nova, (seus k vizinhos mais próximos). Então, qualquer que seja o rótulo, a maioria dos vizinhos tem a indicação para a nova amostra via proximidade de características. O “k” representa o número de vizinhos que serão verificados para uma comparação e agrupamento. É supervisionado porque o algoritmo está tentando classificar uma amostra com base na classificação conhecida de outras (BEYER et al., 1999).

#### 4.2.1.2 Modelos XGBOOST

Modelos XGBOOST (*eXtreme Gradient Boosting*) constituem *ensembles* de árvores de regressão semelhantes, que formulam hipóteses sobre os exemplos agregando as respostas de uma assembleia de preditores simples. O conjunto de árvores de regressão que compõem esta assembleia é elaborado em duas etapas: (1) uma árvore  $T_0$  é construída adicionando à sua estrutura a ramificação do atributo  $F_i$  que mais aperfeiçoa o preditor a cada etapa e, definida sua estrutura, são calculados os valores ótimos para as folhas  $l$ ; (2) a inclusão de novas árvores  $T_1...N$  ao *ensemble* é orientada pelo erro residual do modelo, de maneira que novos preditores complementem as imperfeições dos anteriores. (FRIEDMAN, 2002).

Esses modelos empregam um algoritmo sensível à dispersão na busca por ramificações, que torna a complexidade computacional do modelo linear ao número de observações não ausentes. Assim como integram otimizações do uso de recursos que permitem calcular paralelamente a aptidão dos atributos (CHEN; GUESTRIN, 2016).



## 5 METODOLOGIA

O método utilizado nessa pesquisa será do tipo descritivo observacional com abordagens quantitativas e qualitativas, na implementação de recurso tecnológico baseado em técnicas de processamento de imagens e visão computacional, a fim de refletir a realidade e completude de caracterização de feridas em imagens digitais.

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

### 5.1 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.

Nesse primeiro momento, o produto dessa pesquisa é direcionado exclusivamente a profissionais da área de saúde que atuam diretamente no tratamento de feridas, sendo estes os responsáveis pela obtenção de imagens e alimentação de dados no sistema, após finalização desse projeto.

Assim, como esse projeto 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, ele 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.

## 5.2 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.

O Ambulatório para Tratamento de Feridas localiza-se na Rua Irmã Arminda, 10-50, no bairro Jardim Brasil na cidade de Bauru-SP com telefone de contato (14) 2107-7000. Funciona todas as quartas-feiras no período da tarde, atendendo usuários do sistema de saúde, encaminhados pelas unidades ou que comparecem por demanda espontânea. São avaliados pela equipe de enfermagem que prescreve e executa os curativos e fisioterapia, que aplica a fototerapia. É uma atividade de extensão universitária, em atuação desde 2003, porém com caráter de extensão desde 2006.

Como relatado anteriormente, essa pesquisa é voltada para a investigação, análise de requisitos e implementação de software capaz de atender e facilitar a caracterização de feridas. Assim, os pesquisadores estarão 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, deverá ser 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.

### 5.2.1 Bases de Imagens

O primeiro passo importante para o desenvolvimento de um projeto de visão computacional é a seleção de um conjunto de dados de imagens, nesse caso, de feridas. Existem alguns conjuntos de dados previamente pesquisados e citados a seguir:

A organização Medetec<sup>1</sup> 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 fecha-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 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 serão prospectadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa proposta na medida em que se tornar necessário 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 serão analisadas e irão compor 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 delas. 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 seguem 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.

---

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

### 5.3 Processamento digital das imagens

No intuito de implementar e incluir um sistema de visão computacional na aplicação resultante desse projeto e, futuramente em dispositivos móveis, as etapas dessa pesquisa estão baseadas, primordialmente, no diagrama proposto Marques-filho e Vieira Neto (1999), demonstrado anteriormente na Figura 2.

Inicialmente, são aplicadas 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 aplicação final desenvolvida irá obter a imagem estudada a partir de quaisquer câmeras convencionais, em diferentes ambientes com variação de iluminação (PUTZU et al., 2016), situações simuladas ainda serão testadas e avaliadas para que um processamento automático e eficaz possa ser avaliado, a fim de não prejudicar as etapas futuras, inclusive o resultado de classificação.

#### 5.3.1 Extração de características

Nessa etapa foram investigados atributos morfológicos, porém, por se tratar de reprodução observacional de especialista baseada em imagens coloridas, modelos estatísticos de cores foram propostos para que a etapa seguinte (de classificação) pudesse ser implementada. Esses modelos são mencionados no item seguinte que diz respeito aos resultados e discussões desse projeto.

### 5.4 Classificação de Padrões

Essa proposta não irá consagrar o estabelecimento de grau de comparação ou referencial de similaridade, na fase final, para caracterização de feridas, a partir da imagem em estudo. Foram pesquisados, analisados e implementados classificadores de inteligência artificial, os quais possuem a tarefa de determinar classes a qual a ferida estudada pertence. Para isso, os atributos extraídos (e previamente descritos) serviram como dados de entradas para tais classificadores estudados, sendo kNN e

o modelo XGBOOST os que obtiveram melhores desempenhos. Vale ressaltar que classificadores foram testados, porém, implementado aquele cujo resultado se mostrou mais satisfatório em cada estudo realizado.

Assim, o resultado obtido com essa etapa é bastante promissor para esse tipo de estudo, pois sofre pouca ou nenhuma interferência do usuário e reflete em técnicas adaptativas ao contexto – diferente da comparação por similaridades com a possibilidade de acréscimo de informações do próprio usuário a base de informação.

## 5.5 Testes e Validação

Tanto as técnicas empregadas quanto o possível software final desenvolvido são testados e, com uso de métricas já estabelecidas pela literatura correlata, avaliados.

A influência da etapa de pré-processamento foi avaliada em função de análise visual por especialista capaz de qualificar diferentes resultados da aplicação de técnicas de segmentação (MENECELLI, 2013).

Para validar as informações e aprendizado do software contou-se com o auxílio de profissionais da área de enfermagem na caracterização manual de cada imagem em correspondência com as respostas obtidas nos testes do software em desenvolvimento.

Os classificadores 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.

## 5.6 Redação final e apresentação da pesquisa

Integrante da documentação para o resultado metodológico de caracterização de feridas proposto por essa pesquisa, a redação final desse projeto deverá conter todo o levantamento bibliográfico utilizado, os materiais e métodos empregados para a elaboração da própria documentação e do produto final, os resultados alcançados, as discussões e considerações sob a aplicação que foi proposta, as referências utilizadas e, ainda, a documentação do usuário e demais anexos indispensáveis para a reprodução e evolução dessa pesquisa.

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

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse tópico são apresentados os resultados que foram alcançados no desenvolvimento dessa pesquisa. Esses resultados, estão baseados na análise e levantamento bibliográfico, em conjunto com a coleta de dados, e o estudo de técnicas computacionais para análise e diagnóstico de feridas, sendo este último dividido entre o pré-processamento das imagens e o desenvolvimento do classificador.

### 6.1 Coleta dos Dados

É imprescindível para o desenvolvimento da etapa de análise projeto uma base numerosa de imagens disponíveis para testes e aplicações das técnicas. Por essa razão, a primeira etapa desenvolvida, juntamente com o levantamento bibliográfico, foi o levantamento de bases de imagens de feridas disponibilizadas publicamente que atendessem aos requisitos do projeto com o objetivo de aumentar o conjunto disponível para os testes.

Foram extraídas imagens de dois repositórios que às disponibilizavam publicamente. O primeiro (Yang et al., 2016), é um repositório que foi utilizado para o desenvolvimento de um sistema de análise da evolução das feridas no processo de cura com base em suas cores. Já o segundo (*Pictures of Wounds and Surgical Wound Dressings*, n.d.), consiste em um compilado de imagens de feridas abertas destinadas à produção científica.

Ambos os conjuntos de imagens foram posteriormente unidos com o objetivo de formar-se um corpus de imagens, que em um compilado inicial contou com 190 imagens.

### 6.2 Pré-processamento dos Dados

Na etapa de pré-processamento dos dados foi realizado, inicialmente, uma triagem das imagens coletadas das bases de dados, separando aquela que seriam úteis para a pesquisa das demais que não se enquadram no escopo do projeto. Como resultado dessa triagem inicial, o número total de imagens foi reduzido para 166.

Já em um segundo momento, as imagens selecionadas foram manualmente recortadas com o objetivo de retirar as regiões externas que apenas trariam uma camada a mais de dificuldade para a análise o que fugiria ao objetivo da pesquisa. Tem-se como exemplo as Figura 5, original, e Figura 6, recortada, logo a seguir.

Figura 5 - Imagem ferida sem alteração



Fonte: Yang et al., 2016

Figura 6 - Imagem Recortada



Fonte: elaborada pelo autor

Como é possível visualizar na Figura 5, existe uma moldura verde que foi retirada para que as etapas subsequentes não fossem prejudicadas podendo ser



desenvolvidas de forma satisfatória. Das 166 imagens selecionadas 87 precisaram ser modificadas conforme exemplo acima.

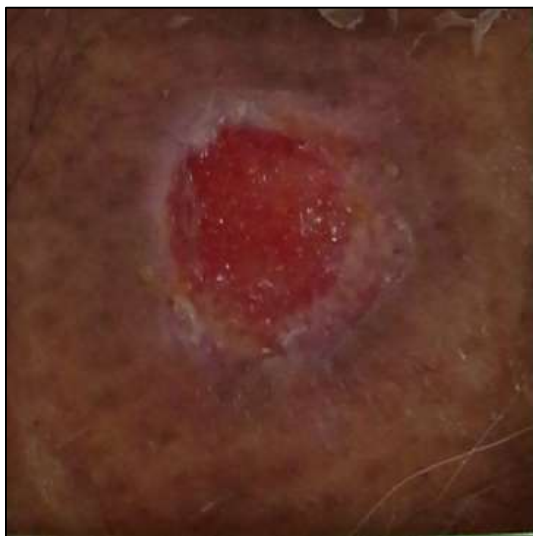
A próxima etapa desenvolvida no pré-processamento das imagens foi a aplicação das técnicas de segmentação. As técnicas de segmentação em imagens, tem como objetivo a seleção da chamada região de interesse que, no escopo do presente projeto, limita-se à região da ferida e de seu entorno onde pode-se encontrar pele lesionada. É, portanto, a área onde se concentrarão os esforços de análise que serão desenvolvidos em etapas futuras.

A técnica adotada para a segmentação das imagens das feridas possui como princípio lógico o seguinte procedimento:

- a) calculou-se a média e o desvio padrão dos valores dos pixels de duas camadas do mapa de cor, vermelho (R) e verde (G).
- b) a partir dos valores de média e desvio padrão calculados foi realizado uma operação de subtração do valor absoluto de cada pixel em uma determinada tonalidade pelos valores de média e desvio padrão multiplicados por um índice determinado de maneira empírica.

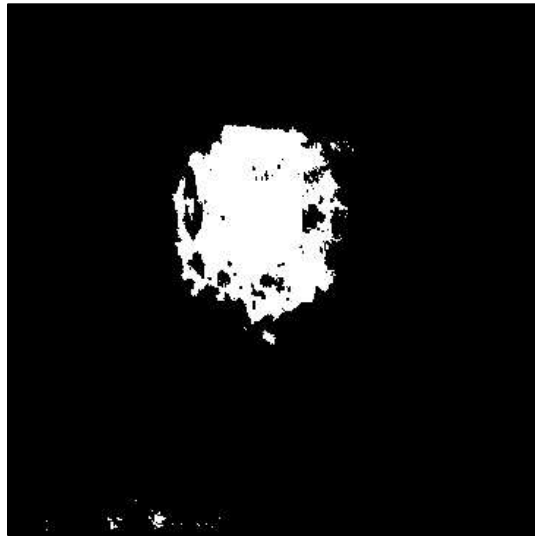
O resultado do processo de segmentação para a Figura 7 (original) pode ser visto na Figura 8, a seguir.

Figura 7 - Figura Original



Fonte: Yang et al., 2016

Figura 8 – Ferida Segmentada



Fonte: elaborada pelo autor

A operação que resultou na Figura 8 vista anteriormente pode ser expressa matematicamente da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Se } [p(x,y)B + p(x,y)G - ((1.6x1.1dp(B)x1.1dp(G))x(média(B) + média(G))) > 0] \text{ então } p(x,y) = 1 \\ \text{Se } [p(x,y)B + p(x,y)G - ((1.6x1.1dp(B)x1.1dp(G))x(média(B) + média(G))) < 0] \text{ então } p(x,y) = 0 \end{aligned}$$

De maneira sintética, a expressão matemática anterior relaciona por meio da multiplicação e soma de coeficientes determinados empiricamente (1.1 e 1.6) a média e desvio padrão (dp) dos canais de cor vermelho (R) e verde (G) para determinar a resultante para cada pixel ( $p(x,y)$ ). Caso essa resultante tenha um valor maior do que 0, o pixel receberá o valor 1 e no caso contrário receberá o valor 0.

Esse procedimento cria uma máscara onde apenas a região da ferida é demarcada na imagem facilitando o processo de extração da região de interesse. A imagem resultante desse processo é chamada de imagem binarizada. Segue no Quadro 1, a relação de eficácia do modelo adotado, em comparação com outras técnicas estudadas e já apresentadas em relatório parcial, anteriormente.

Quadro 1 – Comparação da eficácia dos modelos de segmentação

Técnica Utilizada	Qtd. Imagens Submetidas	Imagens consideradas satisfatórias por especialista	Percentual de Acertos
Segmentação RGB	166	108	65%
Segmentação KNN	166	13	8%
Segmentação HSV	166	83	50%

Fonte: elaborada pelo autor

A avaliação da especialista disponível para essa pesquisa considerou a correspondência entre as bordas das imagens segmentadas e original, além do nível de preenchimento (quantidade de pixels) da imagem segmentada em correspondência a ferida analisada.

Um detalhe importante com relação à esta abordagem é referente à sua baixa adaptabilidade ao lidar com diferentes colorações de feridas uma vez que se leva em conta a cor para a determinação da região de interesse.

Com relação às etapas posteriores, foi desenvolvido um tutorial destinado aos pesquisadores da área de Enfermagem com instruções para o uso da ferramenta online (*Computer Vision Annotation Tool*, n.d.). Por meio do uso desse software, em etapas futuras, poderá ser realizada por um especialista a demarcação das feridas com a indicação e laudo. Mesmo ainda não finalizado em completude, esse material foi utilizado como referência para o modelo de análise desenvolvido tanto para o aprendizado quanto para os testes de classificação.

### 6.3 Diagnóstico das Feridas

Para o desenvolvimento do sistema de classificação das feridas, foi necessário a análise e categorização manual feita por um especialista de Enfermagem que analisou o conjunto de imagens das feridas e montou seus respectivos diagnósticos disponibilizando esses dados de forma tabulada. Segue abaixo um exemplo do diagnóstico realizado (Figura 9 e Quadro 2).

Figura 9 - Imagem para Diagnóstico



Fonte: Yang et al., 2016

Quadro 2 – Diagnóstico da ferida, conforme Figura 9

Região da Ferida	Diagnóstico
Leito	Tecido Fibrinoso
Bordas	Hiperqueratosa não aderida
Pele Peri-Ledional	Hiperqueratosa com descamação

Fonte: elaborada pelo autor

O diagnóstico representado acima foi replicado para toda a base de imagens sendo possível com isso separar um conjunto de imagens para treinamento e busca de um modelo ideal e um outro conjunto para a realização dos testes.

#### 6.4 Modelo de Classificação

Utilizando a técnica de segmentação das imagens, foi possível separar a região da ferida para sua análise. Essa região destacada foi submetida a um modelo de clusterização baseado na distância euclidiana, KNN, com o objetivo de detectar as cores mais relevantes na imagem.





O número de centroides escolhido para o modelo de clusterização foi determinado empiricamente mediante aos testes nas bases de imagens sendo escolhido o valor de 10 centroides. O modelo, portanto, tem como entrada a imagem segmentada, e como resultado a estimativa das 10 cores mais proeminentes na imagem.

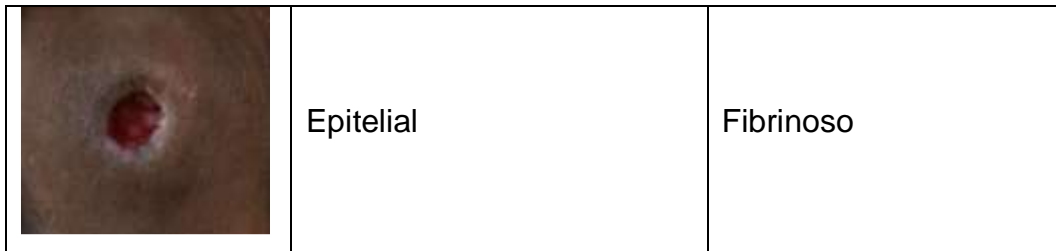
Os valores obtidos no modelo descrito acima referente às cores mais relevantes de cada imagem foram utilizados no desenvolvimento do algoritmo de classificação que, no escopo do presente projeto, limitou-se ao diagnóstico e análise da região do leito da ferida.

O modelo que melhor performou na classificação das imagens foi o algoritmo *XGBOOST* (2021) que tem como base o modelo de árvore de decisão. Esse modelo de aprendizado de máquina foi treinado com os valores das 10 cores mais proeminentes de cada imagem como variáveis explicativas (ou independentes) e com o diagnóstico do leito como variáveis alvo (ou independentes).

A seguir, o Quadro 3 ilustra alguns dos resultados obtidos com o modelo final.

Quadro 3 – Exemplos de resultados obtidos

Imagem	Resposta do Classificador	Análise do especialista
	Granulado	Granulado
	Granulado	Granulado
	Fibrinoso	Granulado
	Necrose	Necrose



Fonte: imagens de Yang et al. (2016); dados elaborados pelo autor

Os resultados obtidos utilizando o modelo descrito foi de uma eficácia de 67% no diagnóstico do leito das feridas.

Infelizmente, ainda é necessário bastante melhoria nas técnicas envolvidas e apresentadas para a obtenção de um percentual de acerto mais satisfatório para esse modelo de classificador. Grande parte dos erros ainda ocorrem em virtude de a dificuldade da segmentação automática funcionar de forma eficiente para todas as imagens do conjunto. Outro fator determinístico é a baixa quantidade de imagens ainda existentes e a qualidade delas.

O intuito inicial sempre foi a obtenção de imagens com câmeras comerciais (ou de dispositivos móveis) básicas, refletindo a realidade para uma aplicação distribuída via web ou na nuvem. Por isso, essas imagens acabam ainda possuindo diferentes distância focal na sua obtenção, luminosidade variável, além de angulações e outras interferências. O processo inicial, de aquisição, sendo debilitado acaba por atrapalhar etapas seguintes, principalmente da segmentação.

Logo, a baixa quantidade de imagens para os diferentes padrões de classificação e a própria qualidade das imagens não foram suficientes para obtenção de resultados mais satisfatórios de classificação. Contudo, é possível verificar com os dados apresentados que existe bastante complexidade envolvendo a caracterização de feridas por meio de técnicas digitais, sendo que esse estudo contribuiu bastante para identificar etapas e parâmetros para evolução do resultado apresentado quando da melhoria dos dados de entrada.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto representa um caminho promissor no desenvolvimento de um modelo eficaz capaz de categorizar feridas com base em imagens. Contudo, a base de dados reduzida impede a determinação precisa do modelo, sendo necessário portanto, a coleta de mais imagens para compor a base de treinamento e testes do modelo.

Além dos fatos já relatados, o desenvolvimento dessa pesquisa ainda compõe objeto facilitador e promissor para a realização de pesquisas futuras destinadas a investigação, análise e caracterização de feridas. Entre as temáticas possíveis, destaca-se:

- a) realização de levantamento e análises estatísticas dos dados já armazenados;
- b) auxílio no ensino e na formação de profissionais buscando maior eficiência na caracterização de feridas;
- c) fornecimento de dados sólidos e verídicos (casos reais) para aplicação de técnicas computacionais de inteligência artificial e automatização de processos;

Outro ponto que deve ser avaliado em etapas futuras é o que se refere à segmentação das imagens que, no atual modelo apresentou uma baixa eficácia acabando por comprometer o modelo de classificação.

Os objetivos propostos foram atingidos e, ainda, para uma finalização desse projeto será apresentada uma aplicação web que recebe uma imagem de ferida e apresenta a classificação, conforme o modelo resultante dessa pesquisa.

## 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.
- AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura; LETA, Fabiana R. **Computação gráfica: teoria e prática**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- BEYER, Kevin et al. When is “nearest neighbor” meaningful?. In: **International conference on database theory**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1999. p. 217-235.
- BEZERRA, E. **Princípios de Análise e Projeto de Sistemas com UML**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BOYLE, Roger; HLAVAC, Vaclav; SONKA, Milan. **Image processing, analysis, and machine vision**. 4. Ed. Cengage Learning, [S.l.], 2014.
- BRANCATO, B.; HOUSSAMI, N.; FRANCESCA, D.; BIANCHI, S.; RISSO, G.; CATARZI, S.; TASCHINI, R.; DEL TURCO, M. R.; CIATTO, S. Does computer-aided detection (CAD) contribute to the performance of digital mammography in a self-referred population?. **Breast Cancer Res Treat**, v.111, p. 373-376, 2008.
- 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.
- CHEN, T.; GUESTIN, C. Xgboost: A scalable tree boosting system. In: **ACM. Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining**. [S.l.], 2016. p. 785–794.
- CIESIELSKI, V. B.; BENNETT, J. S.; COHEN, P. R.; BARR, A.; FEIGENBAUM, E. A. Applications-oriented AI research: Medicine. **Technical Report**. Stanford Univ CA Dept of Computer Science. 1979.
- Computer Vision Annotation Tool**. Disponível em: <<https://cvat.org/auth/login>>. Acesso em: 25 mar 2021.
- 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](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.

DOI, K. Computer-aided diagnosis in medical imaging: historical review, current status and future potential. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, n. 31, p.198-211, 2007.

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](http://www.fhemig.mg.gov.br/index.php/docman/Protocolos_Clinicos-1/155-035-feridas-hospitalares-ii-151014/file)> Acessado em 24 fev. 2018.

FRIEDMAN, J. H. Stochastic gradient boosting. **Computational Statistics & Data Analysis**, Elsevier, v. 38, n. 4, p. 367–378, 2002.

KALMEGH, Sushilkumar. Analysis of WEKA Data Mining Algorithm REPTree, Simple Cart and RandomTree for Classification of Indian News. **IJISET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology**, [S.I.], v. 2, n. 2, p. 438-446, fev. 2015.

KAZEROUNI, Masoud Fathi; SCHLEMPER, Jens; KUHNERT, Klaus-Dieter. **Comparison of modern description methods for the recognition of 32 plant species**. Signal & Image Processing: an International Journal, [S.I.], v. 6, n. 2, p. 1-13, abr. 2015.

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.

KULIKOWSKI, C. A.; WEISS, S. M. Representation of expert knowledge for consultation: The CASNET and EXPERT projects. In P. Szolovits (Ed.), **Artificial Intelligence in Medicine**. Boulder, Colorado: Westview Press, 1982.

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

LIBRELOTTO, Solange Rubert; MOZZAQUATRO, Patricia Mariotto. Análise dos algoritmos de mineração J48 e Apriori aplicados na detecção de indicadores da qualidade de vida e saúde. **Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Cruz Alta, v. 1, n. 1, jan. 2013.

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](http://www.rtratamentodeferidas.com.br)>. Acessado em 22 abr 2005.

MONARD, M. C.; BARANAUSKAS, J. A. **Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2003.

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.

NETTEN, Jaap J.Van e colab. **The validity and reliability of remote diabetic foot ulcer assessment using mobile phone images**. Scientific Reports, v. 7, n. 1, p. 1–10, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-09828-4>>.

NISHIKAWA, R. M. Computer-aided Detection and Diagnosis. In: BRICK, U.; DIEKMANN, F. **Digital Mammography**. Medical Radiology: Diagnostic Imaging and Radiation Oncology. Springer: Germany, p. 85-106, 2010.

PAULA, Maurício Braga de. **Indução automática de árvores de decisão**. 2002. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

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.

**Pictures of wounds and surgical wound dressings**. Disponível em: <<http://www.medetec.co.uk/files/medetec-image-databases.html?>>. Acesso em: 24 mar 2021.

PORTELA, Nara Miranda. **Contagem automática de ovos de Aedes Aegypti em imagens de ovitrampas**. Recife: [s.n.], 2009.

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.

RANGAYYAN, R. M.; AYRES, F. J.; DESAULTELS J. E. L. A review of computer-aided diagnosis of breast cancer: toward the detection of subtle signs. **Journal of the Franklin Institute**, v. 344, p.312-348, 2007.

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.

RUSSELL, Stuart Jonathan; NORVIG, Peter. **Inteligência artificial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

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.

SILVA, Fernando de Azevedo. **Aplicação das técnicas de processamento digital de imagens na caracterização de materiais**. Campinas: [s.n.], 1996.

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.

SURLAKAR, Prachi e ARAUJO, Sufola e SUNDARAM, K. Meenakshi. **Comparative Analysis of K-Means and K-Nearest Neighbor Image Segmentation Techniques**. Proceedings - 6th International Advanced Computing Conference, IACC 2016, p. 96–100, 2016.

WITTEN, Ian H. et al. **Data mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques**. 4. Ed. Morgan Kaufmann, [S.I.] 2016.

**XGBoost Documentation — xgboost 1.5.0-dev documentation**. Disponível em: <<https://xgboost.readthedocs.io/en/latest/>>. Acesso em: 01 set 2021.

YANG, Sejung e colab. **Sequential change of wound calculated by image analysis using a color patch method during a secondary intention healing**. PLoS ONE, v. 11, n. 9, 2016.