



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA**

TALITA DE AZEVEDO COELHO FURQUIM PEREIRA

**FERIDAS COMPLEXAS: CLASSIFICAÇÃO DE
TECIDOS, SEGMENTAÇÃO E MENSURAÇÃO COM
O CLASSIFICADOR OPTIMUM-PATH FOREST**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Enfermagem.

Orientadora: Prof^a Adjunta Regina Célia Popim

**Botucatu
2018**

TALITA DE AZEVEDO COELHO FURQUIM PEREIRA

**FERIDAS COMPLEXAS: CLASSIFICAÇÃO DE
TECIDOS, SEGMENTAÇÃO E MENSURAÇÃO COM
O CLASSIFICADOR OPTIMUM-PATH FOREST**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina, Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Enfermagem.

Orientadora: Prof^a Adjunta Regina Célia Popim

Botucatu
2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Pereira, Talita de Azevedo Coelho Furquim.
Feridas complexas : classificação de tecidos,
segmentação e mensuração com o classificador Optimum-Path
Forest / Talita de Azevedo Coelho Furquim Pereira. - Botucatu,
2018

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de Botucatu
Orientador: Regina Célia Popim
Capes: 40406008

1. Enfermagem. 2. Ferimentos e lesões - Tratamento. 3.
Diagnóstico por imagem. 4. Úlcera cutânea. 5. Reconhecimento
automatizado de padrão. 6. Inteligência artificial -
Aplicações médicas.

Palavras-chave: Diagnóstico por Imagem; Enfermagem; Ferimentos
e Lesões; Reconhecimento Automatizado de Padrão; Úlcera Cutânea.

Talita de Azevedo Coelho Furquim Pereira

Feridas Complexas: Classificação de Tecidos, Segmentação e Mensuração com o Classificador Optimun-Path Forest

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Enfermagem.

Orientadora: Prof^a. Adjunta Regina Célia Popim

Comissão examinadora

Prof^a. Dr^a Regina Célia
Popim
Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”

Prof^a. Dr^a. Luciana Patrícia
Fernandes Abbade
Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”

Prof^a. Dr^a Márcia
Aparecida Nuevo Gatti
Universidade do Sagrado
Coração

Botucatu, 23 de fevereiro de 2018.

“O preço de qualquer coisa é a quantidade de vida que você troca por isso.”

Henry David Thoreau

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	05
1.1 Revisão de literatura	05
1.2 Justificativa	09
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1 Delineamento do estudo	13
3.2 Locais do estudo	13
3.3 População	13
3.4 Dimensionamento amostral	13
3.5 Aspectos éticos	15
3.6 Coleta de imagens	15
3.7 Análise dos dados	16
4. PRODUTO	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Banco de Imagens	23
5.2 Classificação dos tecidos pelos profissionais	24
5.3 Aplicação do OPF a feridas complexas e avaliação da acurácia	30
5.4 Aplicativo	37
6. CONCLUSÃO	51
7. REFERÊNCIAS	54
ANEXO I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	58
ANEXO II – Parecer Consubstanciado do CEP	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação do ângulo de 90° para se fotografar as feridas complexas do banco de imagens.	19
Figura 2	OPF Algorithm	20
Figura 3	Processo de classificação com o OPF	21
Figura 4	Sistema de cores RGB	22
Figura 5	Fluxograma de navegação do aplicativo móvel	25
Figura 6	Representação das etapas de construção do banco de imagens da pesquisa	26
Figura 7	Banco de imagens de feridas complexas desta pesquisa	27
Figura 8	Foto de ferida por pressão sacral e orientações para segmentação e classificação de tecidos no Paint por profissional.	28
Figura 9	Representação do processo de rotulagem das imagens selecionadas	29
Figura 10	Feridas rotuladas pelo profissional 01 com fundo branco	30
Figura 11	Feridas rotuladas pelo profissional 02 com fundo branco	30
Figura 12	Feridas rotuladas pelo profissional 03 com fundo branco	30
Figura 13	Feridas rotuladas pelo profissional 04 com fundo branco	31

Figura 14	Representação da aplicação do classificador OPF	32
Figura 15	Tela inicial do aplicativo	39
Figura 16	Telas de seleção da foto da ferida	40
Figura 17	Telas de segmentação automática e manual da ferida	40
Figura 18	Tela de mensuração da ferida	41
Figura 19	Tela de análise e classificação de tecidos da ferida	41
Figura 20	Relatório da ferida gerado pelo app	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Classes utilizadas para aplicação do OPF a feridas complexas	21
Quadro 2	Representação das seis classes para a aplicação do OPF à amostra de feridas complexas.	32
Quadro 3	Valores de acurácia do OPF na classificação de tecidos de feridas para três testes, valor médio da acurácia e desvio padrão para cada ferida.	33
Quadro 4	Outros trabalhos envolvendo segmentação de feridas e classificação de tecidos e softwares.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Número de fotos obtidas de cada participante e em quantos momentos foram fotografados	19
Tabela 2	Acurácia e desvio padrão para cada ferida	39

Pereira TACF. **Feridas Complexas: Classificação de Tecidos, Segmentação e Mensuração com o Classificador Optimum-Path Forest**. [Dissertação] Botucatu: Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2018.

RESUMO

Introdução: As feridas complexas apresentam difícil resolução e associam-se a perda cutânea extensa, infecções importantes, comprometimento da viabilidade dos tecidos e/ou associação com doenças sistêmicas que prejudicam os processos normais de cicatrização, cursam com elevada morbimortalidade e têm sido apontadas como grave problema de saúde pública. Na prática clínica, é importante avaliar as feridas e documentar a avaliação. O registro incompleto sobre o paciente e o tratamento em uso é apontado como um desafio no acompanhamento das feridas e também prejudica ações de gestão, pesquisa e educação. A incorporação de fotografias de feridas à prática profissional, mostra-se como uma estratégia para auxiliar profissionais na observação, evolução e registro claro e preciso. O Optimum-Path Forest (OPF) é um framework para o desenvolvimento de técnicas de reconhecimento de padrões baseado em partições de caminhos ótimos e particularmente eficiente para a classificação de imagens. O classificador OPF gera resultados a partir do cruzamento das classes e características selecionadas.

Objetivo: Descrever as etapas do desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis capaz de segmentar e classificar tecidos de feridas complexas baseado no Optimum-Path Forest (OPF) supervisionado. **Método:** Foi aplicada uma nova metodologia inteligente para análise e classificação de imagens de feridas complexas por meio de técnicas de processamento digital de imagens e aprendizado de máquina com o classificador de padrões Optimum-Path Forest (OPF) supervisionado. Criou-se o banco de imagens de 27 feridas complexas, que foram rotuladas por quatro especialistas conforme a classificação dos tecidos em quatro classes: granulação (vermelho), tecido fibrinóide (amarelo), necrose (preto) e hematoma (roxo), gerando 108 imagens rotuladas. Acrescentou-se duas classes: branco (o que está na foto, exceto o leito da ferida) e dúvida (divergência na classificação pelos profissionais). O classificador OPF foi treinado a partir dessas 108 imagens. Aplicou-se o OPF às imagens de feridas e verificou-se a acurácia. Em seguida, iniciou-se a construção do

aplicativo. **Resultados e Discussão:** O presente estudo desenvolveu um esquema de classificação de tecido de feridas assistido por computador para avaliação e gerenciamento de feridas complexas, a partir de fotos de feridas da câmera digital de um smartphone. A aplicação do OPF a feridas complexas trouxe como resultado uma acurácia de $77,52\% \pm 6,14$. Com esta ferramenta, foi desenvolvido como produto desta pesquisa um aplicativo para segmentação, classificação de tecidos e mensuração de feridas complexas. O aplicativo gera um relatório no formato Portable Document Format (PDF) que pode ser enviado por e-mail, impresso ou anexado a prontuário eletrônico compatível. **Conclusão:** Foi construído um banco com 27 imagens de feridas complexas, que quatro profissionais rotularam para treinamento do classificador OPF, aplicou-se o OPF às imagens de feridas complexas, avaliou-se a acurácia deste processo e desenvolveu-se um aplicativo para dispositivos móveis com as funções de segmentação da ferida, classificação de tecidos e mensuração da ferida. Os resultados mostraram que o valor da acurácia obtido na análise computacional teve valor significativo, equiparando-se a avaliação de especialistas em feridas. Comparando com estudos similares, a análise computacional de feridas mostrou-se com menor variabilidade em relação a avaliação de profissionais, sugerindo que a incorporação desta tecnologia na prática clínica favoreça o cuidado em saúde do paciente com feridas complexas, além de fornecer dados para a gestão, ensino e pesquisa.

Palavras Chaves: Enfermagem; Ferimentos e Lesões; Úlcera Cutânea; Diagnóstico por Imagem; Aprendizado de Máquina; Reconhecimento Automatizado de Padrão.

Pereira TACF. **Complex wounds: Tissue Classification, Segmentation and Measurement with the Optimum-Path Forest Classifier**. Thesis [Master] - Faculty of Medicine of Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

ABSTRACT

Introduction: Complex wounds are difficult to resolve and are associated with extensive cutaneous loss, major infections, compromised tissue viability and / or are related to systemic diseases that impair normal healing processes, have high morbidity and mortality and have been identified as severe public health problem. In clinical practice, it is important to evaluate the wounds and document the evaluation. The incomplete record on the patient and the treatment in use is pointed out as a challenge in the follow up of the wounds and also impairs management, research and education actions. The incorporation of wounds' photos in the professional practice, stands out as a strategy to assist professionals in the observation, evolution and clear and precise recording. Optimum-Path Forest (OPF) is a framework for the development of pattern recognition techniques based on optimal path partitions and is particularly efficient for image classification. The OPF classifier generates results from the intersection of the selected classes and characteristics. Objective: Describe the steps in developing a mobile application capable of segmenting and sorting complex wound tissue based on the supervised Optimum-Path Forest (OPF). Method: A new intelligent methodology was applied for the analysis and classification of complex wound images using digital image processing and machine learning techniques with the supervised Optimum-Path Forest (OPF) standards classifier. The image bank of 27 complex wounds was created, which were labeled by four specialists according to the classification of the tissues into four classes: granulation (red), fibrinoid (yellow) tissue, necrosis (black) and hematoma (purple), generating 108 images. Two classes were added: white (what is in the photo, except the wound bed) and doubt (divergence in classification by professionals). The OPF classifier was trained from these 108 images. The OPF was applied to the wound images and the accuracy was verified. Then, the application developing process was started. Results and Discussion: The present study developed a computer-aided wound tissue classification scheme for evaluation and management of complex wounds from photos of a smartphone. The OPF application to complex wounds resulted in an accuracy of 77.52 ± 6.14 . With this

tool, it was developed the product of this research: an application for segmentation, tissue classification and measurement of complex wounds. The application generates a Portable Document Format (PDF) report that can be emailed, printed or attached to a compatible electronic medical record. Conclusion: A bank was made with 27 images of complex wounds, which four professionals labeled for training the OPF classifier, applied the OPF to complex wound images, assessed the accuracy of this process and developed a mobile application with the functions of wound segmentation, tissue classification and wound measurement. The results showed that the value of the accuracy obtained in the computational analysis had a significant value, being equal to the evaluation of specialists in wounds. Comparing to similar studies, the computational analysis of wounds showed less variability than professionals' evaluation, suggesting that the incorporation of this technology in clinical practice favors the health care of patients with complex wounds, besides providing data for the management, teaching and research.

Key Words: Nursing; Wounds and Injuries; Skin Ulcer; Diagnostic Imaging; Machine Learning; Pattern Recognition, Automated.

1 INTRODUÇÃO

1.1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1 Feridas complexas

Ferida é o rompimento da integridade cutânea causado por trauma ou alguma doença¹. O termo “feridas crônicas”, embora frequentemente utilizado, significa que um tempo maior para cicatrização da ferida foi necessário, mas não caracteriza a complexidade do problema da ferida em si². Por exemplo, podemos ter uma ferida pós-cirúrgica por deiscência de início há 10 dias que não seria classificada como crônica, mas sim, aguda, porém, exige avaliação e acompanhamento mais criterioso pelos profissionais de saúde. Em alemão, foi proposto o termo “schwierige wunde” para classificar essas feridas, tendo sua tradução literal para o português como “feridas difíceis”, porém o termo “ferida complexa” foi escolhido em Português por caracterizar melhor essas feridas². Utilizam-se os termos “complex wounds” em Inglês e “heridas complejas” em Espanhol.

O National Institute for Health Research (NIHR), órgão de pesquisa vinculado ao National Health System (NHS) do Reino Unido, define “feridas complexas” como as feridas que têm perda parcial ou total da espessura da pele e que estão cicatrizando por segunda intenção. E aponta que as feridas que cicatrizam por segunda intenção são aquelas que ficam abertas para granular e que os tecidos crescem de baixo para cima, diferentemente de quando se faz uso de formas de aproximação das bordas (suturas, colas ou clips).¹ Assim, as feridas complexas, podendo ser agudas ou crônicas, apresentam difícil resolução e associam-se a perda cutânea extensa, infecções importantes, comprometimento da viabilidade dos tecidos (com isquemia e/ou necrose de tecidos) e/ou associação com doenças sistêmicas que prejudicam os processos normais de cicatrização.^{2,3}

No mundo todo, inúmeras pessoas são acometidas com feridas⁴. As feridas complexas cursam com elevada morbimortalidade e têm sido apontadas como grave problema de saúde pública.⁵ Os custos financeiros envolvendo o tratamento de feridas, a perda de produtividade individual e dos familiares envolvidos no cuidado e também o impacto negativo na qualidade de vida resultam em prejuízos para toda a sociedade.⁶ O tratamento de feridas tornou-se uma indústria de alto custo devido ao grande número de pessoas acometidas, a variedade de tratamentos e os diversos profissionais médicos e de enfermagem envolvidos.⁴ Se considerarmos, ainda, o uso

inadequado dos recursos disponíveis, seja por não documentação adequada e prejuízo da continuidade do cuidado, seja por intervenções profissionais não baseadas em evidências, os prejuízos financeiros e humanos são ainda maiores.

Considerando as mudanças no perfil demográfico em todo o mundo, com tendência a envelhecimento da população, a presidente da European Wound Management Association (EWMA)⁷ aponta que o número de pessoas com feridas e a procura por serviços de saúde continuará a crescer devido ao crescente envelhecimento da população e também ao aumento de pessoas com doenças crônicas, sendo um grande desafio para os sistemas de saúde. Chega a ser extrema ao dizer que os sistemas de saúde irão falir caso não pensem em estratégias para reduzir custos. Como formas de resolver estas questões, ressalta a importância de investimentos em educação e treinamentos, desenvolvimento de estratégias para melhoria do processo de comunicação em saúde, destacando a telemedicina, as intervenções baseadas em evidências no manejo de feridas, a atuação multiprofissional e aumento do autocuidado. E destaca que ainda estamos diante do desafio de disponibilizar dados relevantes para todos os envolvidos no cuidado.⁷

Na prática clínica, é importante avaliar as feridas e documentar a avaliação, de forma a viabilizar a continuidade do cuidado por outros profissionais e permitir a correta tomada de decisão sobre as medidas a serem implementadas ou mantidas, conforme os resultados apresentados. O adequado registro sobre o paciente e o tratamento em uso é apontado como um desafio no acompanhamento das feridas⁷.

A avaliação do paciente com feridas e a documentação desta avaliação, devem incluir: a) história e exame subjetivo; b) dados objetivos: condições gerais, exames laboratoriais, doenças associadas; c) avaliação do risco; d) avaliação completa da lesão: localização, tempo de evolução, mensuração, descrição dos tecidos do leito, bordas e ao redor da ferida, características do exsudato; e) diagnóstico do tipo de ferida, suas necessidades e o planejamento de ações.⁸

O sistema de classificação Red/Yellow/Black – RYB, proposto por Cuzzel⁹ em 1988, é amplamente utilizado na avaliação de feridas e classifica-as de acordo com a coloração, que reflete o balanço entre tecidos novos e necrosados. Mandelbaum et al⁸ descreveu o sistema RYB:

“- as vermelhas [red/R] incluem sítios doadores de enxertos, feridas pós-desbridamento, feridas crônicas em cicatrização, em que predomina o tecido de granulação e novo epitélio. (...)

- as amarelas [yellow/Y] normalmente apresentam exsudato fibroso e seus tecidos são moles, desvitalizados; elas podem estar colonizadas, o que favorece a instalação de infecção. (...)
- as pretas [black/B] apresentam necrose tecidual, com desnaturação e aumento de fibras colágenas, e conseqüente formação de escara espessa, cuja coloração pode variar entre castanho, marrom e preto. [...]”⁸ (p.404).

Uma crítica ao sistema RYB é que este orienta para que cada ferida seja classificada em uma cor (vermelha, amarela ou preta), enquanto na prática, encontramos combinações dessas cores em grande parte das feridas. O mais apropriado seria avaliar o leito da ferida conforme a quantidade de cada tecido, estabelecendo porcentagens de cada tecido.

Considerando os tecidos que podem ser encontrados nas feridas, o tratamento consiste em remover os tecidos inviáveis (necrose e tecido fibrinóide), promovendo aumento do tecido de granulação (tecido viável).

1.1.2 Documentação e uso da fotografia

As feridas complexas são frequentes e oneram os serviços de saúde, com uma base de evidência pobre para muitas decisões clínicas rotineiras e poucos dados clínicos. Acrescenta-se ainda que boa parte das pesquisas disponíveis foram dirigidas pelas necessidades da indústria farmacêutica e não pela necessidade dos pacientes ou prioridades dos serviços de saúde. O adequado registro do acompanhamento de feridas complexas tem o potencial de auxiliar a tomada de decisões clínicas e fornecer evidências de pesquisa importantes e, associado, a investimento em tecnologia da informação nos serviços de saúde, podem otimizar os tratamentos de feridas complexas.¹

A adequada documentação do acompanhamento do indivíduo com ferida viabiliza resultados positivos no tratamento, a comunicação entre profissionais¹⁰, é meio de defesa nas ações profissionais, ou seja, uma prova objetiva do trabalho que pode garantir a segurança do profissional, da instituição e do paciente, é fonte confiável para a gestão e o monitoramento da qualidade do atendimento^{11,12} e é útil para o ensino e pesquisa^{13,14}.

A documentação incompleta, ausente e inadequada prejudica a continuidade e a qualidade do cuidado¹¹. A comunicação inadequada entre equipe de saúde e paciente pode levar a um evento adverso e comprometer a segurança da assistência¹⁵. Na prática, são encontrados registros de pacientes difíceis de

interpretar e utilizar, por falta de informações, o que dificulta a melhoria dos resultados e as formulações de políticas de saúde, pesquisa, segurança do paciente, auditorias¹² e todo o plano terapêutico.

Na assistência à pessoa com ferida, a documentação da avaliação e evolução deve ser sistematizado, utilizando-se de instrumentos que facilitem e otimizem a prática clínica diária, garantindo que sejam realizados de forma completa e viabilizem uma assistência efetiva, eficaz, segura e de qualidade e que forneça dados fidedignos para a gestão, ensino e pesquisa.

A incorporação de fotografias de feridas à prática profissional, mostra-se como uma estratégia para auxiliar profissionais na observação, evolução e registro claro e preciso das lesões e tecidos adjacentes. Uma revisão sobre a produção científica da documentação fotográfica concluiu que “Os artigos analisados mostraram que a prática de fotografar feridas fornece subsídios para a tomada de decisão dos profissionais de enfermagem, minimizando o tempo e os custos de tratamento, bem como o sofrimento do paciente”¹⁶.

A revisão sistemática de Jørgensen et al¹⁷, aponta que “a planimetria digital e a imagem digital são consideradas os métodos mais precisos e confiáveis para medir a área da ferida, particularmente em feridas maiores e de forma irregular”, porém, ponderam que “podem ser demorados para a prática clínica diária”. Quanto às tecnologias que utilizam o 3D para aferição de volume avaliadas, nenhuma apresentou significativo impacto devido à baixa acurácia, alto-custo e complexidade de manuseio dos sistemas¹⁷.

Considerando-se a precisão e acurácia da planimetria e imagens digitais e o fato de que podem ser demorados para a prática clínica (devido a necessidade de transferência de dados, análise em computador distante do leito do paciente, tempo para processamento da imagem, por exemplo), buscar a otimização desse processo pode ser uma forma de garantir a aplicabilidade na documentação das feridas.

1.1.3 Classificador de padrões Optimum-Path Forest (OPF)

Inteligência Artificial é área da computação que busca métodos ou dispositivos computacionais que possuam ou multipliquem a capacidade racional do ser humano de resolver problemas, pensar ou, de forma ampla, ser inteligente.¹⁸ O desenvolvimento da Inteligência Artificial teve início logo após a Segunda Guerra

Mundial, com o artigo "Computing Machinery and Intelligence" do matemático inglês Alan Turing em 1956.¹⁹

Dentro da Inteligência Artificial, temos as subdivisões: Aprendizado de Máquina (Machine Learning), Reconhecimento de padrões (Pattern Recognition) e o Processamento Imagens (Image Processing).

Recentemente desenvolvido por Papa²⁰, o classificador Floresta de Caminhos Ótimos/Optimum-Path Forest (OPF), que é um framework para o desenvolvimento de técnicas de reconhecimento de padrões baseado em partições de caminhos ótimos²¹, sendo um classificador de aplicação geral, particularmente eficiente para classificação de imagens²² e tem apresentado resultados similares ou superiores^{23,24,25} a outros classificadores tradicionais, porém muito mais rápido^{26,27,22,25}. Papa e Falcão²⁸ (p.46) destacaram que "the advantage of OPF over the others in computational time is notorious and impressive". O classificador OPF mostra-se como uma ferramenta eficaz e de baixo tempo de execução, o que contribui para sua aplicação prática nos mais diversos ambientes e situações.

Elevada eficácia, rápidas respostas, boa relação custo-efetividade e facilidade de uso são requisitos essenciais para a adesão a uma nova tecnologia à prática profissional em saúde, onde, frequentemente, os recursos são, escassos e há elevada demanda dos profissionais nos serviços de saúde. Assim, optou-se pelo OPF por ser um classificador de padrão nunca aplicado a feridas, desenvolvido no Brasil, com resultados de destaque, incluindo trabalhos na área de Saúde, e que atende aos objetivos dessa pesquisa.

Assim, temos como hipótese: Um software aplicativo baseado no OPF pode ser preciso e otimizar a documentação das avaliações de feridas complexas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Na prática profissional, como enfermeira, encontrei dificuldade em registrar a avaliação completa de feridas e também percebi a diferença na avaliação dos profissionais, visto que as medidas de porcentagem de tecidos eram feitas por estimativa e, muitas vezes, a mensuração também. Fiz uso de um aplicativo de origem italiana (MOWA – Mobile Wound Analyzer), porém este não tinha bom resultado na classificação de tecidos para algumas feridas. Em contato com pesquisadores da área de computação que trabalham com processamento de imagem, foi apresentada a proposta de pesquisa. Buscando formas de garantir e

melhorar a qualidade da documentação de feridas complexas, com todos os benefícios resultantes, pensou-se sobre o que poderia melhorar e facilitar esse processo, chegando a pesquisa aqui apresentada.

Quanto a feridas complexas, é apontado como surpreendente por um recente estudo que, mesmo sabendo-se da significativa prevalência, dos custos elevados e dos importantes impactos negativos na qualidade de vida, a base de evidências para apoiar as decisões de prevenção e tratamento de feridas complexas seja tão pobre.¹

Sem a documentação adequada das intervenções em saúde, toda a continuidade e avaliação do cuidado é prejudicada. Questões são levantadas: Como avaliar a resposta terapêutica em um paciente sem registros completos e relevantes? Como avaliar a eficácia de um produto sem o registro da data de início e condição da ferida no momento do uso? Como mostrar o impacto de uma nova tecnologia de cobertura incorporada a assistência sem uma fonte confiável de dados, sem registros fidedignos nos prontuários? Como obter dados epidemiológicos dos pacientes com feridas se não há dados sobre número de feridas em cada paciente, descrição ou mensuração das feridas? Ou, por vezes, há o registro, porém incompleto.

A avaliação e documentação adequada das feridas, possibilita avaliar a resposta dos pacientes ao tratamento prescrito, a eficácia dos produtos em uso, a qualidade da assistência, a identificação da prevalência e incidência de feridas em determinado serviço, os indicadores de qualidade na assistência, podem-se obter dados para novos estudos e pesquisas ou justificar a incorporação de novas tecnologias de coberturas em feridas, novos tratamentos ou mesmo garantir a disponibilidade dos insumos em uso.

A avaliação das feridas e registro na evolução, recorrentemente, é demorada, sendo queixa comum dos profissionais de saúde e apontada como justificativa para os registros incompletos. Obter-se formas de otimizar esse processo, viabilizaria que este fosse realizado de forma completa e significativa para a assistência em saúde.

Para garantir adesão e acesso dos profissionais de saúde a uma nova tecnologia e incorporação desta ao processo de trabalho, é importante considerar fatores como a facilidade de uso, a eficácia, o tempo de resposta e os custos envolvidos.

As tecnologias computacionais mostram-se aplicáveis a diversas situações na saúde, não substituindo a avaliação e conduta profissional, mas somando-se à prática profissional e tornando-se uma possibilidade de otimização da assistência em saúde.

Considerando-se prevalência, custos envolvidos e prejuízos importantes provenientes de feridas complexas para indivíduos e sociedade como um todo, a importância da adequada documentação, as dificuldades apontadas pelos profissionais, as formas de garantir o acesso e a adesão a uma nova ferramenta, propõe-se um software para análise de feridas complexas a partir de fotografias digitais, utilizando-se o classificador OPF, que tem se mostrado como um classificador eficaz e de rápidas respostas. Acredita-se que esta ferramenta, quando implantada na assistência, reduzirá o tempo para documentação completa e melhorará a qualidade da documentação das avaliações de feridas, refletindo na melhora da assistência como um todo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Descrever as etapas do desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis capaz de segmentar e classificar tecidos de feridas complexas baseado no Optimum-Path Forest (OPF) supervisionado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Criar banco de imagens de feridas complexas.
- Realizar a segmentação e classificação de tecidos por profissionais da área.
- Aplicar o Optimum-Path Forest (OPF) às imagens de feridas complexas.
- Avaliar a acurácia do OPF aplicado a feridas complexas.
- Desenvolver o aplicativo para dispositivos móveis com as funções de segmentação, classificação e mensuração de feridas complexas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Estudo primário, transversal, analítico, de natureza aplicada e abordagem quantitativa.

3.2 LOCAIS DO ESTUDO

A coleta se deu em dois lugares distintos. Na primeira etapa, as imagens para o banco de dados foram realizadas junto a Equipe Multiprofissional de Atenção Domiciliar (EMAD) da unidade Independência no município de Bauru-SP, sendo fotografadas feridas complexas pela pesquisadora. As EMAD fazem parte do Programa Melhor em Casa, do Ministério da Saúde, sendo um serviço de saúde da rede pública, vinculado a Secretaria Municipal de Saúde da Prefeitura de Bauru e que presta assistência exclusivamente a pacientes com mobilidade reduzida, restritos ao leito ou ao lar, e, portanto, os profissionais se deslocam até o domicílio dos pacientes. Bauru situa-se no interior do estado de São Paulo, município com 371.690 mil habitantes²⁹.

Na segunda etapa, imagens foram submetidas a análise pelo classificador de padrões OPF, calculados os valores de acurácia e desenvolvido o software no Departamento de Computação da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Bauru em cooperação com o Professor Adjunto João Paulo Papa e pesquisadores vinculados, com destaque para Danilo Roberto Pereira e Clayton Reginaldo Pereira, pesquisadores de pós-doutorado, e Luís Cláudio Sugi Afonso, doutorando.

3.3 POPULAÇÃO

Os participantes da pesquisa são usuários da rede pública de saúde de Bauru, que são acompanhados pelas Equipes Multiprofissionais de Atenção Domiciliar (EMAD), que possuíam feridas complexas e, estes ou seus responsáveis, desejaram participar da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

3.4 DIMENSIONAMENTO AMOSTRAL

Imagens de feridas complexas constituem a amostra de conveniência deste estudo e foram obtidas durante o acompanhamento de rotina pelas equipes de saúde

de 10 participantes. De cada participante podem ter sido obtidas uma ou mais imagens, seja pela possibilidade de ter mais de uma ferida, como também participar em momentos diferentes (Tabela 1). A amostra foi composta por 27 fotos, obtidas durante avaliação clínica de pacientes acompanhados pelas EMAD no período de março a agosto de 2017. Dentre essas 27 imagens, uma foi obtida do prontuário de um participante e havia sido fotografada em 30 de janeiro de 2017, sendo incluída na pesquisa em 23 de julho de 2017. Optou-se por incluir esta ferida, pois era uma lesão com tamanho grande e apresentava uma diversidade de tecidos importante. Ressalta-se que o TCLE apontava que imagens poderiam ser obtidas do prontuário de pacientes acompanhados pela EMAD e que esta imagem seguia o padrão estabelecido para as demais fotografias.

Tabela 1 - Número de fotos obtidas de cada participante e em quantos momentos foram fotografados

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	TOTAL
Participantes											10 participantes
Número de fotos	1	3	4	2	9	3	1	1	1	2	27 fotos
Momentos	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	de 03 a 08/2017

Foram considerados critérios de inclusão: aceitar participar da pesquisa, assinar o TCLE, possuir uma ou mais feridas complexas, independente do local da ferida e da causa etiológica, podendo ser lesão por pressão, vascular, relacionada ao diabetes, queimaduras ou complicações cirúrgicas. Considerou-se a definição de feridas complexas como feridas que têm perda superficial, parcial ou total de pele e estão cicatrizando por segunda intenção¹. Foram critérios de exclusão: foto em que não se podia visualizar a ferida adequadamente, ou por estar claramente fora do ângulo de 90° recomendado ou por luminosidade muito prejudicada.

Sabe-se que as feridas circunferenciais de perna, assim como as que contornam partes do corpo (queimadura em lateral de tórax, por exemplo), são difíceis de mensurar com uso de fotos (planimetria digital), pois a curvatura pode distorcer as medidas capturadas na imagem. Não tivemos ocorrência de feridas com essa característica durante a obtenção das imagens.

3.5 ASPECTOS ÉTICOS

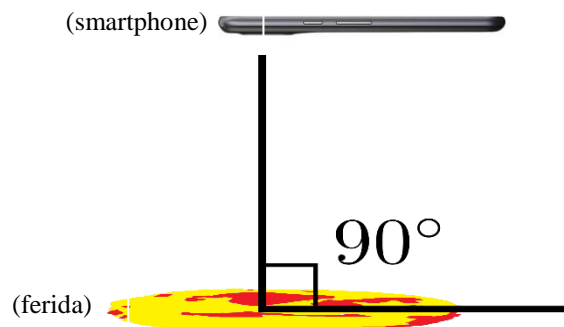
A realização desta pesquisa iniciou-se após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP (número do parecer: 1.998.145), da Comissão Científica da Secretaria Municipal de Saúde de Bauru, em observância às diretrizes da Resolução 466/2012 do Ministério da Saúde e Plataforma Brasil nº CAAE 64795617.7.0000.5411 (Anexo I)

Os participantes da pesquisa foram identificados por meio de relatório mensal fornecido pela EMAD Independência, com autorização da Secretaria Municipal de Saúde, informando quais pacientes possuíam feridas complexas. Os pacientes e/ou cuidadores foram contatados previamente por telefone ou durante as visitas domiciliares de rotina para agendar uma data em que o pesquisador explicou os objetivos da pesquisa e os convidou para participar da mesma. Os que aceitaram participar, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e foram fotografadas suas feridas, tal como quando ocorre durante a assistência pelo profissional. O TCLE consta em anexo (ANEXO II).

3.6 COLETA DAS IMAGENS

As fotos das feridas que foram utilizadas nesta pesquisa foram coletadas por meio de dispositivo móvel (smartphone), com régua no padrão centímetros ao lado da ferida em material descartável e sem flash sempre pela mesma pessoa (pesquisadora). O smartphone utilizado foi o Motorola Moto G4 plus modelo XT1640 e sua câmera traseira de 16MP de foco laser automático e abertura de lente f/2.0. Posicionou-se cada paciente de forma confortável, que permitisse a boa visualização da ferida a ser fotografada pela pesquisadora, sob luz ambiente, e que fosse possível locar o smartphone a um ângulo de 90⁰ ou próximo a esse valor (Figura 1). Não foi utilizada iluminação especial e não foi padronizada uma distância entre câmera e paciente. Buscou-se realizar a captação das imagens reproduzindo as condições que encontramos nos ambientes clínicos.

Figura 1 - Representação do ângulo de 90° para se fotografar as feridas complexas do banco de imagens.



3.7 ANÁLISE DOS DADOS

A análise de dados seguiu as seguintes etapas:

3.7.1 Segmentação e classificação de tecidos por profissionais: As 27 fotos foram segmentadas e seus diferentes tecidos foram classificados por quatro profissionais de saúde no programa Paint da Microsoft. Estes profissionais foram selecionados porque trabalham com feridas de um a sete anos, sendo três enfermeiros e um médico da Secretaria Municipal de Saúde de Bauru, sendo quatro o maior número de profissionais que se conseguiu. A segmentação da ferida é a definição das bordas da ferida, delimitando ferida e tecido saudável. O programa Paint foi escolhido pela facilidade de manuseio e acesso aos profissionais de saúde e por atender as necessidades. Cada profissional definiu os limites da ferida (segmentação) e coloriu os diferentes tecidos utilizando o seguinte padrão: vermelho para granulação, amarelo para necrose de liquefação (tecido fibrinóide/fibrina), preto para necrose seca (escara) e roxo para hematoma. Acrescentou-se a cor roxa a tradicional escala de cores RYB, pois o hematoma, quando identificado na ferida, direciona a conduta profissional para intervenções específicas.

3.7.2 Mensuração da ferida: foram medidas o comprimento, largura e área da ferida por meio de análise computacional, considerando a régua fotografada junto a ferida como referência e ajuste de medidas de comprimento e largura pelo profissional, sendo o cálculo da área automático

3.7.3 Aplicação do classificador OPF: ocorre em duas fases - treinamento e teste. Na fase de treinamento é apresentado um conjunto de dados com rótulos e

aplica-se o algoritmo de distância entre todos os pontos, criando um grafo completo. Após a criação do grafo completo é encontrada a árvore geradora mínima do grafo, ainda sem olhar os rótulos. Com a árvore geradora mínima criada, olha-se para as conexões (arestas) nas quais interligam nós (vértices) com rótulos diferentes, caso caia nesta condição, retira-se a conexão e os dois nós que estavam ligados viram protótipos de fronteira. No final, a árvore geradora mínima é quebrada em diversas árvores mínimas com o mesmo rótulo, se tornando assim uma floresta de caminhos ótimos. Na fase de classificação, para cada dado a ser classificado, aplica-se a função de distância entre a amostra com toda a árvore de caminho ótimo, o ponto da árvore que apresentar o menor caminho para a amostra determina o rótulo no qual a amostra tende a pertencer. No final, são verificadas todas as amostras do conjunto de classificação e atribuídos seus respectivos rótulos, gerando uma classificação.³⁰

O algoritmo do OPF³¹ é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - OPF Algorithm

INPUT: A training set Z_1 , λ -labeled prototypes $S \subset Z_1$ and the pair (v, d) for feature vector and distance computations.

OUTPUT: Optimum-path forest P , cost map C and label map L .

AUXILIARY: Priority queue Q and cost variable cst .

1. For each $s \in Z_1 \setminus S$, set $C(s) \leftarrow +\infty$.
2. For each $s \in S$, do
3. $C(s) \leftarrow 0$, $P(s) \leftarrow nil$, $L(s) \leftarrow \lambda(s)$, and insert s in Q .
4. While Q is not empty, do
5. Remove from Q a sample s such that $C(s)$ is minimum.
6. For each $t \in Z_1$ such that $t \neq s$ and $C(t) > C(s)$, do
7. Compute $cst \leftarrow \max\{C(s), d(s, t)\}$.
8. If $cst < C(t)$, then
9. If $C(t) \neq +\infty$, then remove t from Q .
10. $P(t) \leftarrow s$, $L(t) \leftarrow L(s)$ and $C(t) \leftarrow cst$.
11. Insert t in Q .

Fonte: Papa JP, Falcão AX, Suzuki CTN³¹

A Figura 3³² ilustra o processo de classificação com o OPF, sendo o item 3b gerado após a aplicação do OPF na figura 3a para dois protótipos (nós contornados). Os dados de entrada (x, y) denotam o custo e o rótulo das amostras. Os arcs direcionados indicam os nós predecessores no OPF. A figura 3c representa a fase de

classificação, na qual são calculadas as conexões (linhas tracejadas) da amostra teste (triângulo branco) com os nós de treinamento. Como resultado da classificação (figura 1d), o rótulo 2 e custo de classificação 0.3 é associado a amostra de teste, sendo o caminho ótimo do protótipo mais fortemente conexo.³² “*Ou seja, os protótipos competem para ligar-se a nova amostra, sendo que aquele que possuir menor distância até a amostra, portanto, maior similaridade, será o vencedor. A amostra recebe, então, o rótulo da árvore à qual se ligou.*”³³

Figura 3: Processo de classificação com o OPF

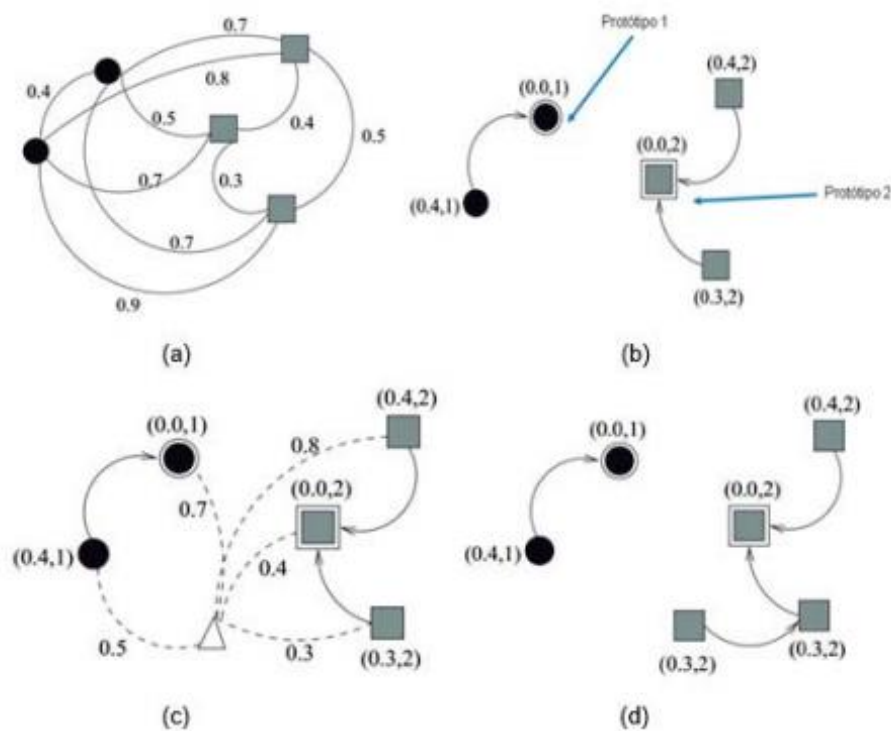


Figura 3 : (a) Grafo completo ponderado. (b) Floresta de caminhos ótimos resultante para e dois protótipos. (c) Amostra de teste e suas conexões com os nós de treinamento. (d) Caminho ótimo do protótipo mais fortemente conexo.

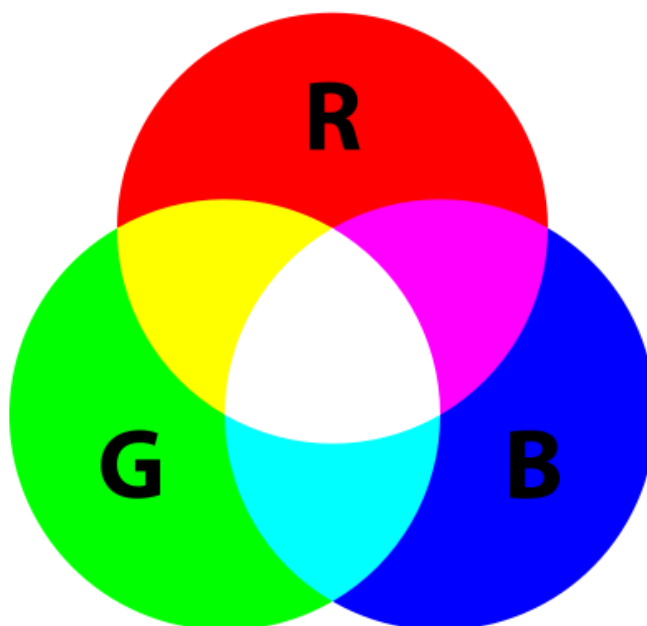
Fonte: Iwashita, AS; Papa, JP.³²

O classificador OPF trabalha com o cruzamento de classes e características selecionadas. Para a aplicação do OPF a feridas complexas, foram definidas seis classes (Quadro 1) e três características, que correspondem ao sistema de cores RGB - Red, Green and Blue (Figura 4). Utilizou-se 50% da amostra para teste e 50% para treinamento.

Quadro 1 – Classes utilizadas para aplicação do OPF a feridas complexas

Classe	Número da classe	Representação
branco/white	1	o que está na foto, exceto o leito da ferida
vermelho/red	2	granulação
amarelo/yellow	3	tecido fibrinóide/fibrina e esfacelos
preto/black	4	necrose seca
roxo/purple	5	hematoma
dúvida/doubt	6	divergência na classificação pelos profissionais

A classe 1 (white), abrange tudo o que não for ferida e estiver na foto, ou seja, pele, régua de mensuração e outros. As classes 2 a 5, são os diferentes tecidos que podem ser encontrados em feridas complexas (granulação, fibrina, necrose e hematoma). Na classe 6, o classificador mostra as divergências entre os profissionais ao classificar os tecidos; por exemplo: se na área central da ferida os profissionais 1, 2 e 3 classificaram como granulação, porém o profissional 4 classificou como necrose, esta área entrará na classe 6 (doubt) porque não houve consenso entre os profissionais.

Figura 4 – Sistema de cores RGB

Fonte: RapidTables - Engineering Resources³⁴.

O Sistema de Cores ou Espaço de Cores RGB origina todas as cores a partir da combinação de cores entre vermelho/red (R), verde/green (G) e azul/blue (B). Cada um desses utiliza 8bits, que variam de valores entre 0 e 255, assim, sendo possível gerar 16.777.216 cores ($256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$).³⁴

3.7.4 Avaliação da acurácia do OPF em feridas complexas

A acurácia de um classificador pode ser medida em qualquer conjunto: treinamento, avaliação e teste. Considerando Z um desses conjuntos e que N seja o número de amostras em Z . A acurácia Acc é medida levando em consideração que as classes podem ter tamanhos diferentes em Z . Se houver duas classes, por exemplo, com tamanhos muito diferentes e um classificador sempre atribui o rótulo da classe maior, sua precisão cairá drasticamente devido à alta taxa de erro na classe menor. A seguir, é apresentado o cálculo da acurácia para o OPF (tradução nossa).³⁵

Seja $N(i)$, $i = 1, 2, \dots, c$ o número de amostras em Z de cada classe i . Nós definimos

$$e_{i,1} = \frac{FP(i)}{|Z| - |N(i)|} \quad e_{i,2} = \frac{FN(i)}{|N(i)|}, \quad i = 1, \dots, c \quad (1)$$

nos quais $FP(i)$ e $FN(i)$ são falso-positivos e falso-negativos, respectivamente.

Ou seja, $FP(i)$ é o número de amostras de outras classes que foram classificadas como pertencentes à classe i em Z , e $FN(i)$ é o número de amostras da classe i que foram incorretamente classificadas como sendo de outras classes em Z . Os erros $e_{i,1}$ e $e_{i,2}$ são usados para definir

$$E(i) = e_{i,1} + e_{i,2}, \quad (2)$$

no qual $E(i)$ é o erro de soma parcial da classe i . Assim, a acurácia Acc da classificação é escrita como

$$Acc = \frac{2c - \sum_{i=1}^c E(i)}{2c} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^c E(i)}{2c}. \quad (3)$$

3.7.5. Construção do aplicativo para dispositivos móveis

Elaboração de um aplicativo de fácil manuseio, simples e rápido, de forma a favorecer a aplicabilidade do produto, que executasse a classificação dos tecidos, segmentação da ferida e mensuração em 2D a partir de fotografias digitais de feridas complexas. Nesta etapa, houve apoio do Departamento de Computação da Faculdade de Ciências da UNESP - campus Bauru.

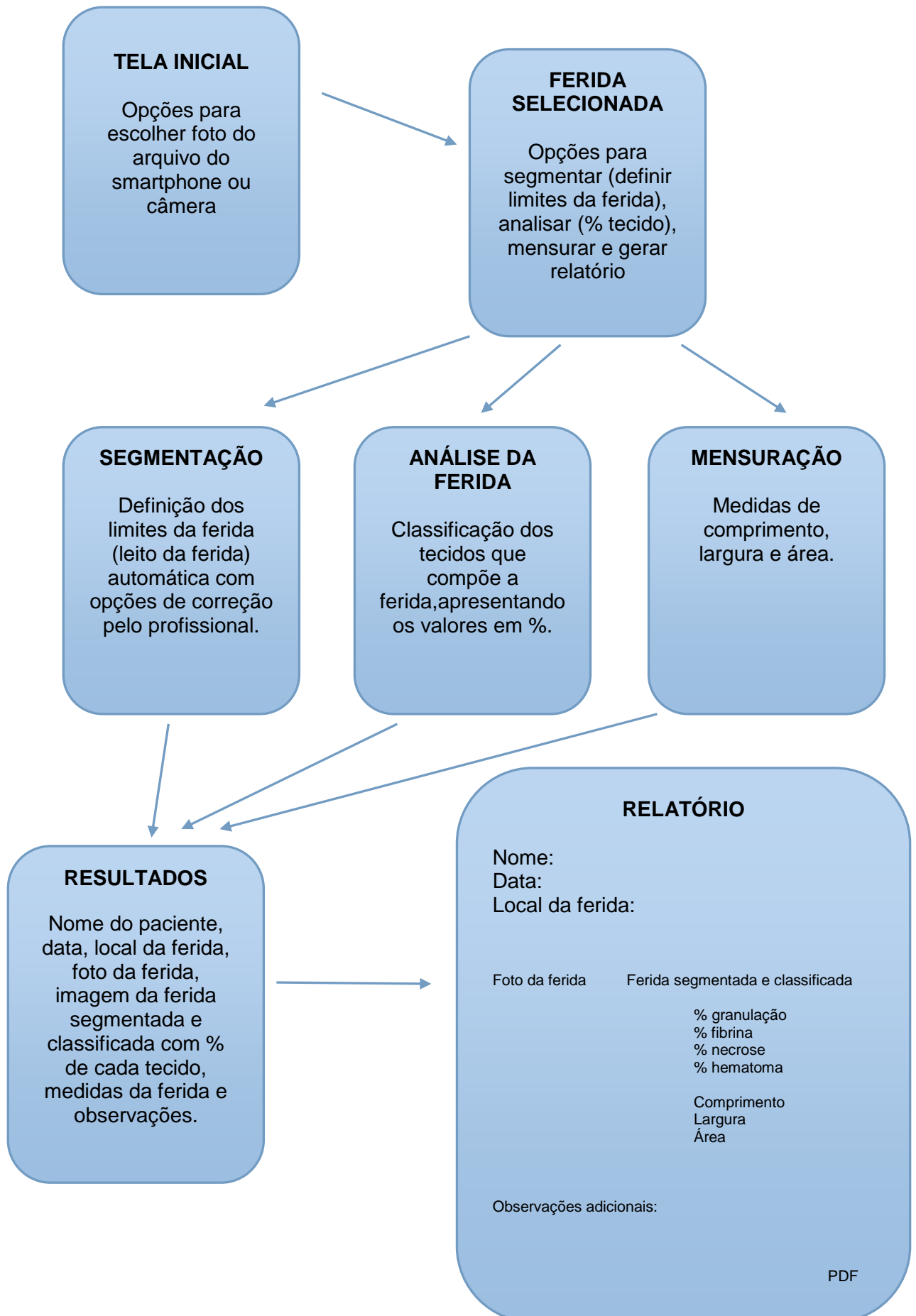
4 PRODUTO

Como produto desta pesquisa, temos um aplicativo para dispositivos móveis que, a partir de fotografias digitais de feridas complexas, realiza a segmentação, mensuração e classificação dos tecidos, apresentando a análise de cada ferida com a porcentagem de cada tecido (granulação, fibrina/esfacelos, necrose e/ou hematoma) e medidas de comprimento, largura e a área da ferida.

Sabe-se que esses dados são de alta importância no acompanhamento de feridas e, associado ao registro da imagem, devem favorecer a adequada documentação da assistência em saúde do paciente com feridas. Além de propiciar análises e registros mais completos, um aplicativo pode reduzir o tempo utilizado na avaliação e documentação de feridas, possibilitando que o profissional dedique mais atenção a outras partes da assistência, tais como mais tempo e atenção no exame físico ou nas orientações de cuidados. Buscou-se um aplicativo que fosse de fácil manuseio, com bons e rápidos resultados e de baixo custo, necessitando apenas de um smartphone ou tablet compatível, de forma a realmente facilitar a prática clínica dos profissionais e melhorar a qualidade da assistência prestada.

O aplicativo gera um relatório no formato Portable Document Format (PDF), de padrão aberto e portátil sendo possível que seja impresso e integre o prontuário físico ou anexado a prontuários eletrônicos. A Figura 5 ilustra o fluxograma de funcionamento do aplicativo construído. Há, também, a possibilidade de se desenvolver formatos compatíveis deste aplicativo para que a comunicação entre software e prontuários eletrônicos, tais como e-SUS, seja efetiva e facilite o trabalho dos profissionais.

Figura 5 - Fluxograma de navegação do aplicativo móvel



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados e discussão, que foram organizados em: banco de imagens, classificação dos tecidos pelos profissionais (rotulagem), aplicação do OPF a feridas complexas e avaliação da acurácia e software aplicativo.

5.1 BANCO DE IMAGENS

O Banco de Imagens de feridas complexas para a pesquisa teve início em março de 2017, sendo a amostra de imagens utilizadas para a primeira fase do OPF (treinamento) compostas por 27 fotografias. Atentou-se para que a amostra contivesse adequada variedade de tecidos e selecionada a melhor imagem de cada ferida (foram registradas 2 a 3 fotos da mesma ferida em um mesmo momento). Excluiu-se uma imagem de lesão por pressão sacral na qual o posicionamento do paciente não permitiu a angulação adequada na foto (90°), distorcendo muito a imagem, além da foto estar escura, não sendo possível visualizar a ferida. As fotos foram realizadas pela pesquisadora e enfermeira da equipe de março a agosto de 2017 com pacientes atendidos pela EMAD com mesmo celular.

O Banco de Imagens foi alocado em pasta compartilhada no Google Photos entre executores da pesquisa, sendo uma pasta vinculada ao smartphone da pesquisadora e que recebeu as fotos enviadas logo após serem realizadas. Uma segunda pasta, com imagens selecionadas dessa pasta principal, contém a melhor imagem de cada ferida (Figura 6).

Figura 6 - Representação das etapas de construção do banco de imagens da pesquisa



A Figura 7, apresenta as 27 fotos de feridas complexas desta pesquisa.

Figura 7 - Banco de imagens de feridas complexas desta pesquisa



Fonte: arquivo da pesquisadora

As imagens das feridas foram obtidas de 10 participantes, sendo de uma a quatro fotos do mesmo participante e fotografadas em um a três momentos, totalizando as 27 imagens. Quanto à etiologia, as feridas eram lesões por pressão (23; 85,19%) ou vascular (04; 14,81%). Dos tecidos que eram compostas as feridas, o tecido de granulação aparece em 22 feridas (81,48%), fibrina em 21 feridas (77,78%), necrose em 13 feridas (48,15%) e hematoma em 02 feridas (7,41%) conforme classificação da profissional 01. Aqui caracterizamos a amostra utilizando a classificação do profissional 01, pois há diferença entre a classificação entre os profissionais.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS TECIDOS PELOS PROFISSIONAIS (ROTULAGEM)

A partir das 27 imagens de feridas, realizou-se a segmentação da ferida e a classificação dos tecidos pelos profissionais, processo denominado rotulagem, no software Paint. Foram quatro profissionais participantes, três enfermeiros e um médico que atuam na Secretaria Municipal de Saúde de Bauru e trabalham na Atenção Primária de um a sete anos, tendo como parte da assistência o tratamento de pacientes com feridas. As imagens foram enviadas aos profissionais por e-mail com as orientações (Figura 8).

Figura 8 - Foto de ferida por pressão sacral e orientações para segmentação e classificação de tecidos no Paint por profissional.



Colorir seguindo legenda de cores abaixo. Utilizar a ferramenta PINCEL em "Pincéis" e regular o tamanho em "Tamanhos".

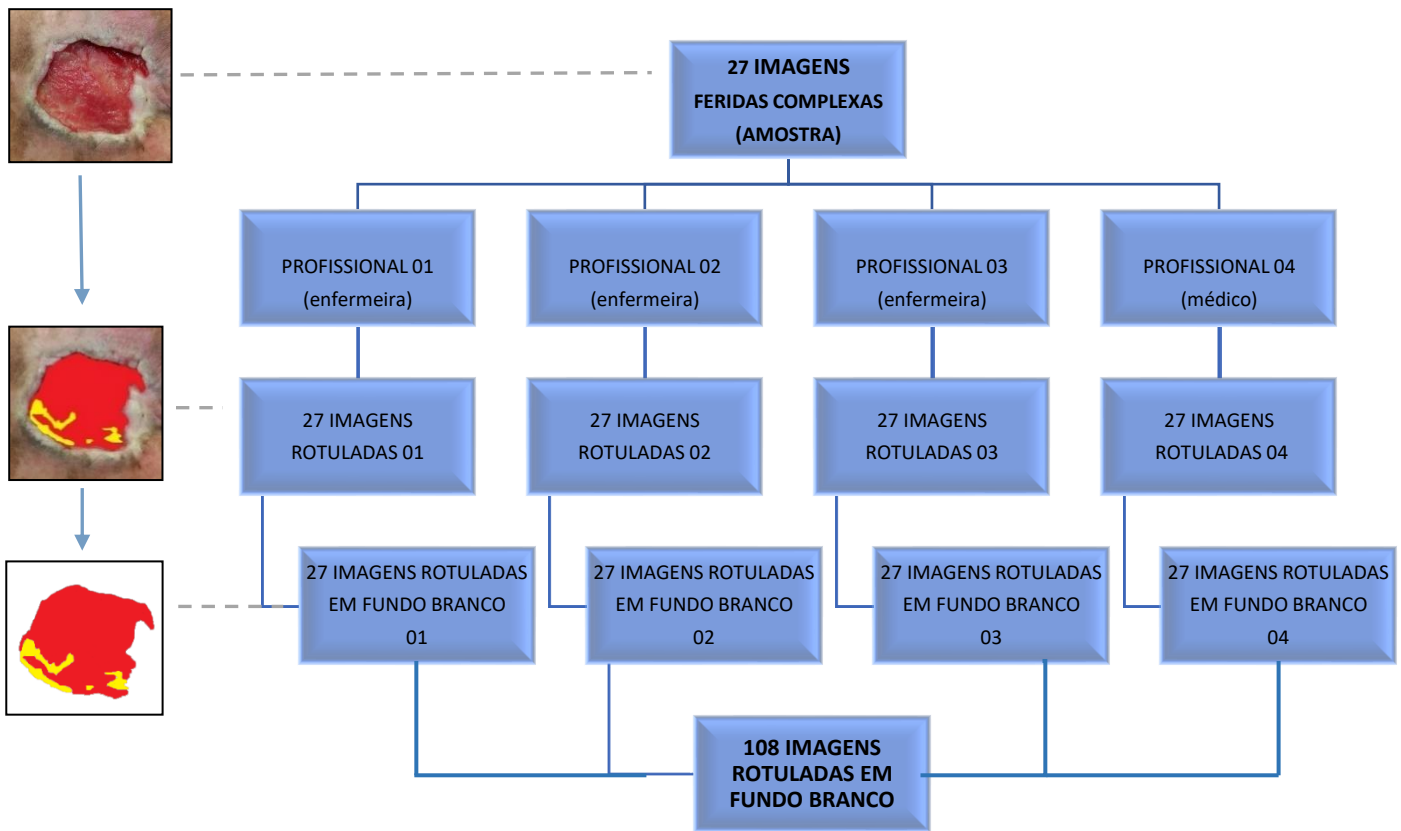
- granulação
- fibrina/esfacelos
- necrose seca
- hematoma



Fonte: arquivo da pesquisadora

A pesquisadora colocou-se à disposição para esclarecimento quanto ao modo de “colorir os tecidos das feridas conforme as cores da legenda”. Os profissionais rotularam as 27 imagens no mês de agosto/17 e entregaram em pen drive ou por e-mail para a pesquisadora. Os profissionais foram identificados como profissional 01, 02, 03 e 04. Com a classificação dos tecidos do leito da ferida, os profissionais realizaram, também, a segmentação, ou seja, a delimitação do leito, a “ferida propriamente dita”. Após o trabalho de classificação dos tecidos e segmentação (rotulagem), criou-se uma terceira imagem de cada uma das 108 feridas rotuladas ($27 \times 4 = 108$), contendo apenas as cores sólidas da classificação realizada, em fundo branco no software Photoshop. Essas imagens foram lotadas no DropBox compartilhando os arquivos entre os pesquisadores. O processo de rotulagem pelos profissionais é representado na Figura 9.

Figura 9 - Representação do processo de rotulagem das imagens selecionadas

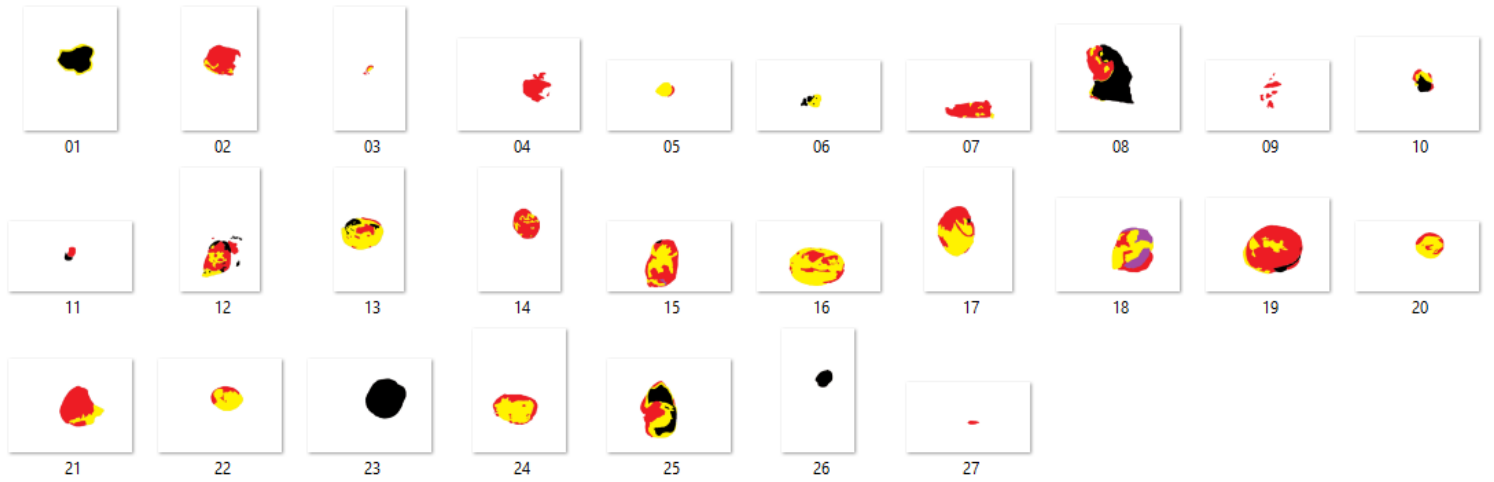


Fonte: arquivo da pesquisadora

Para obter o leito da ferida rotulado pelos profissionais em um fundo branco, utilizou-se o software Photoshop conforme processo descrito a seguir: abrir a imagem, selecionar ferramenta Magic Wang Tool/Varinha Mágica (seleciona áreas específicas em uma imagem de alto contraste), selecionar área rotulada, ajustando o nível de Tolerance (determina a gama de cores que a Magic Wand seleciona) e finalizando com a Lasso Tool/Laço (permite uma seleção livre e customizada). Assim que todas as áreas rotuladas estavam satisfatoriamente recortadas, aplicou-se a função "inverter" para o recorte, selecionando toda área que não estava selecionada, ou seja, toda área não rotulada, toda área externa ao leito da ferida (bordas e pele). Criou-se uma nova camada (layer) no arquivo e essa camada foi pintada de branco, cobrindo toda área não-rotulada, que estava previamente selecionada, gerando a imagem da

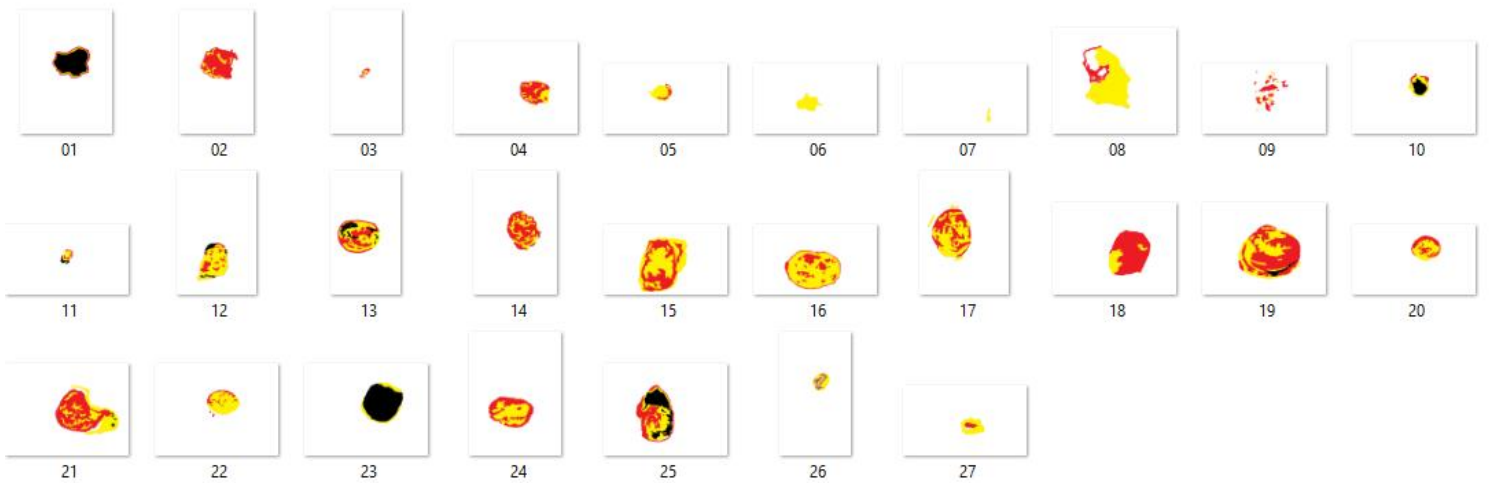
ferida rotulada em fundo branco. As imagens rotuladas pelos profissionais com fundo branco são apresentadas nas Figuras 10, 11, 12 e 13.

Figura 10 – Feridas rotuladas pela profissional 01 com fundo branco



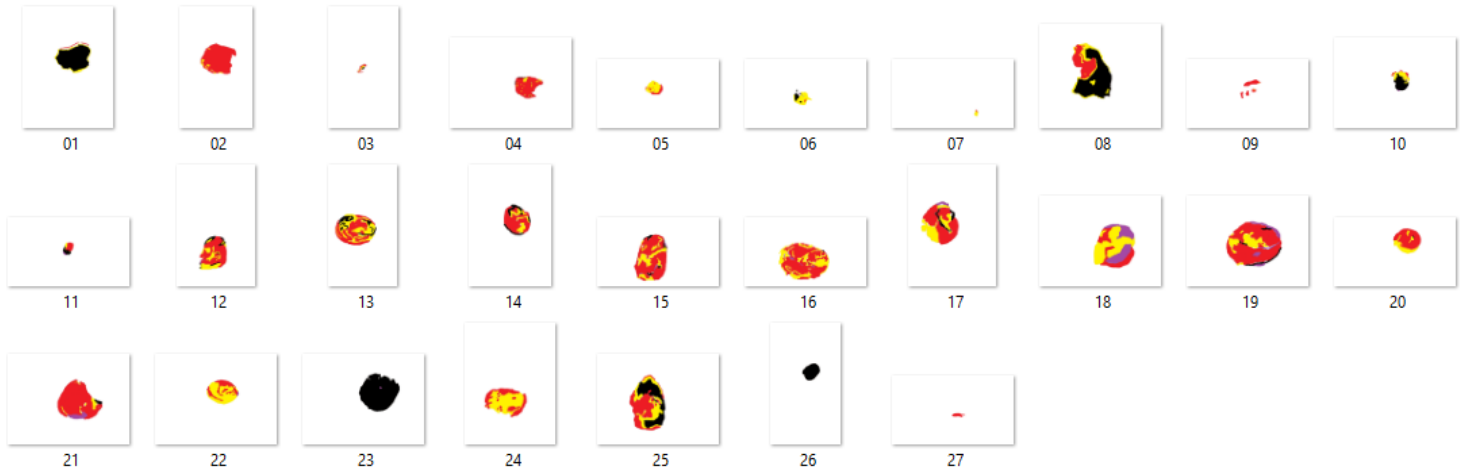
Fonte: arquivo da pesquisadora

Figura 11 – Feridas rotuladas pela profissional 02 com fundo branco



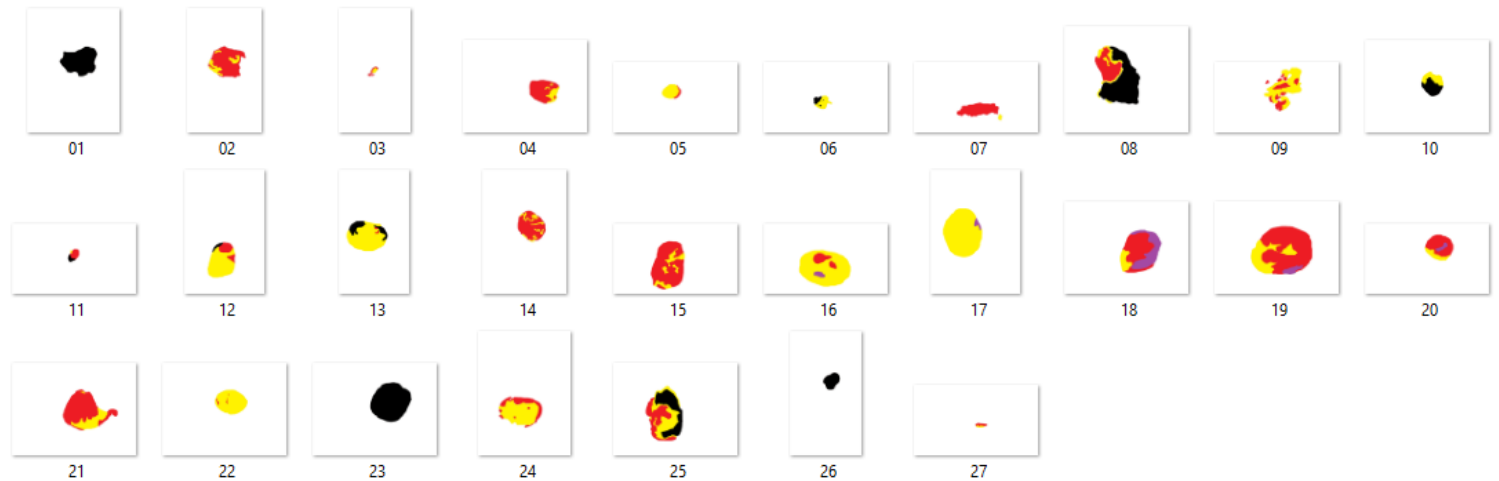
Fonte: arquivo da pesquisadora

Figura 12 – Feridas rotuladas pela profissional 03 com fundo branco



Fonte: arquivo da pesquisadora

Figura 13 – Feridas rotuladas pelo profissional 04 com fundo branco



Fonte: arquivo da pesquisadora

Embora a utilização de fotos de feridas para segmentação e classificação de tecidos já tenha sido apresentada algumas vezes em pesquisas, a maioria delas foi

desenvolvida em ambientes controlados e utilizando apenas o leito da ferida (excluindo previamente a área ao redor para depois analisá-la, por exemplo). Neste trabalho, as imagens foram obtidas durante a assistência de rotina dos participantes, na qual as imagens foram analisadas como um todo (leito, bordas, pele, régua, mobília, lençóis), as condições ambientais de luminosidade e os ajustes de câmera para reduzir ruídos ou outros fatores que poderiam interferir na qualidade da imagem, não foram controlados, pois, acredita-se que impediriam ou dificultariam a ponto de não ser aplicável ao uso clínico. Assim, tal fator deve ser considerado ao analisar os resultados de acurácia desta pesquisa.

Quanto a etiologia, não foi definido previamente qual a proporção de cada tipo de ferida seria incluída na pesquisa, pois não se considerou que afetaria a composição da amostra, visto que os diferentes tipos de tecidos (granulação, fibrina, necrose e hematoma) são comuns às feridas, mesmo com diferentes etiologias.

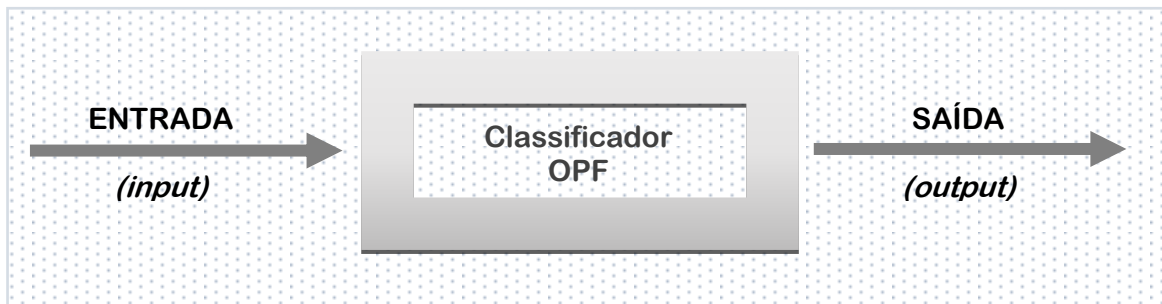
A classe 5, correspondente a “hematoma”, foi sugerida pela pesquisadora, que durante assistência percebeu a ocorrência deste tipo de tecido em feridas complexas e que tal tecido direcionava para condutas específicas no caso, apesar de pouco prevalente.

Percebeu-se diferença importante na classificação dos diferentes tecidos entre os quatro profissionais e acrescentou-se a classe 6, representando a “dúvida” na classificação para treinar o OPF. A classe 6, portanto, representa a divergência de classificação de determinado trecho da ferida entre os quatro profissionais. Talvez a participação de especialistas em feridas, profissionais de referência na área ou que tivessem passado por um treinamento antes da rotulagem das feridas tivesse trazido menos pixels treinados como “dúvida” e mais nas demais classes. Não se encontrou na literatura atualmente disponível um protocolo relevante, guideline ou outro que pudesse ser fonte de informação padronizada para um treinamento sobre classificação de tecidos para profissionais.

5.3 APLICAÇÃO DO OPF A FERIDAS COMPLEXAS E AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA

No processo de segmentação da ferida e classificação dos tecidos, a imagem de entrada (foto da ferida) é submetida ao classificador OPF, resultando na imagem de saída (imagem da ferida segmentada e classificada) (Figura 14).

Figura 14 - Representação da aplicação do classificador OPF



Considerando-se as seis classes (Quadro 2) e as três características (Sistema de Cores RYB), aplicou-se o classificador de padrões OPF às 27 imagens de feridas complexas.

Quadro 2 - Representação das seis classes para a aplicação do OPF à amostra de feridas complexas.







NÚMERO DA CLASSE	NOME DA CLASSE	REPRESENTAÇÃO
CLASSE 1	white	o que está na foto, exceto leito da ferida
CLASSE 2	red	granulação
CLASSE 3	yellow	tecido fibrinóide/fibrina e esfacelos
CLASSE 4	black	necrose seca
CLASSE 5	purple	Hematoma
CLASSE 6	doubt	divergência na classificação pelos profissionais

Considera-se acurácia como a proximidade de um resultado experimental, com o seu valor real. Quanto maior a acurácia, maior a capacidade do método em acertar o diagnóstico, ou no nosso caso, de segmentar a ferida e classificar corretamente os tecidos que aparecem nas feridas. Assim, por exemplo, num teste de diagnóstico ou triagem, o valor de acurácia de 100% indica que o teste é capaz de produzir

resultados positivos para todas as amostras de pacientes infectados e produzir resultados negativos para os indivíduos não-infectados.






A cada classificação pode ser obtido uma leve variação nos resultados, assim, cada ferida foi submetida ao classificador três vezes (teste) e verificado o valor de acurácia para cada uma das vezes, gerado o valor médio da acurácia e desvio padrão para cada aplicação do OPF (Quadro 3).

Quadro 3 - Valores de acurácia do OPF na classificação de tecidos de feridas para três testes, valor médio da acurácia e desvio padrão para cada ferida.

ACURÁCIAS E DESVIO PADRÃO	FERIDA
FERIDA 1 Acc: [85.531616 83.360909 87.297211] Média --->> 85.3965786667 Desvio --->> 1.60982290327	
FERIDA 2 Acc: [82.863495 82.953682 82.594971] Média --->> 82.8040493333 Desvio --->> 0.152356458881	
FERIDA 3 Acc: [82.245827 82.245827 82.245827] Média --->> 82.245827 Desvio --->> 0.0	
FERIDA 4 Acc: [81.834351 80.372337 81.432274] Média --->> 81.2129873333 Desvio --->> 0.616677233612	
FERIDA 5 Acc: [78.164398 80.310501 77.924171] Média --->> 78.79969 Desvio --->> 1.07279686215	
FERIDA 6 Acc: [79.310295 80.519714 79.653435] Média --->> 79.8278146667 Desvio --->> 0.508907182435	

<p>FERIDA 7</p> <p>Acc: [89.981255 87.899567 86.590347] Média --->> 88.1570563333 Desvio --->> 1.39625447387</p>	
<p>FERIDA 8</p> <p>Acc: [74.628815 75.496475 73.318817] Média --->> 74.481369 Desvio --->> 0.895117807304</p>	
<p>FERIDA 9</p> <p>Acc: [72.748764 73.120377 72.307724] Média --->> 72.7256216667 Desvio --->> 0.332167528311</p>	
<p>FERIDA 10</p> <p>Acc: [79.678688 79.678688 79.283501] Média --->> 79.546959 Desvio --->> 0.186292938358</p>	
<p>FERIDA 11</p> <p>Acc: [72.227074 75.057045 75.057045] Média --->> 74.1137213333 Desvio --->> 1.33406112311</p>	
<p>FERIDA 12</p> <p>Acc: [63.264824 71.063614 69.282784] Média --->> 67.8704073333 Variance --->> 11.1342581683 Desvio --->> 3.33680358551</p>	
<p>FERIDA 13</p> <p>Acc: [74.355484 73.143646 74.056229] Média --->> 73.8517863333 Variance --->> 0.265656958351 Desvio --->> 0.515419206424</p>	
<p>FERIDA 14</p> <p>Acc: [79.373672 79.021141 79.021141] Média --->> 79.1386513333 Desvio --->> 0.166184707119</p>	

<p>FERIDA 15</p> <p>Acc: [73.688713 74.692978 74.100647] Média --->> 74.1607793333 Desvio --->> 0.412188444517</p>	
<p>FERIDA 16</p> <p>Acc: [72.543625 73.229256 72.987877] Média --->> 72.9202526667 Desvio --->> 0.28396273803</p>	
<p>FERIDA 17</p> <p>Acc: [70.27758 73.257019 72.946907] Média --->> 72.160502 Desvio --->> 1.33743256695</p>	
<p>FERIDA 18</p> <p>Acc: [76.0784 75.807449 75.665573] Média --->> 75.850474 Desvio --->> 0.171259833686</p>	
<p>FERIDA 19</p> <p>Acc: [73.428741 72.686111 71.925224] Média --->> 72.6800253333 Desvio --->> 0.613823328994</p>	
<p>FERIDA 20</p> <p>Acc: [79.328552 79.403091 79.830536] Média --->> 79.5207263333 Desvio --->> 0.221171935833</p>	
<p>FERIDA 21</p> <p>Acc: [71.351456 72.549042 71.701118] Média --->> 71.8672053333 Desvio --->> 0.502819920428</p>	
<p>FERIDA 22</p> <p>Acc: [68.452721 66.710571 69.741508] Média --->> 68.3016 Desvio --->> 1.24198039222</p>	

<p>FERIDA 23</p> <p>Acc: [83.29937 80.431717 83.830223] Média --->> 82.520436667 Desvio --->> 1.49276334613</p>	
<p>FERIDA 24</p> <p>Acc: [82.00705 82.783463 82.318817] Média --->> 82.369776667 Desvio --->> 0.319010921822</p>	
<p>FERIDA 25</p> <p>Acc: [74.99913 75.377441 74.583542] Média --->> 74.9867043333 Desvio --->> 0.32422698165</p>	
<p>FERIDA 26</p> <p>Acc: [94.20076 94.20076 94.20076] Média --->> 94.20076 Desvio --->> 0.0</p>	
<p>FERIDA 27</p> <p>Acc: [72.020241 71.30529 72.452232] Média --->> 71.925921 Desvio --->> 0.472963130798</p>	
<p>TOTAL DA AMOSTRA</p> <p>Média --->> 77.52% Desvio --->> 6.14</p>	

Assim, temos como acurácia média do OPF para segmentação e classificação de tecidos de feridas complexas o valor de 77,52% \pm 6.14 (tabela Y), com oito ocorrências de acurácia com valor maior que 80% e duas ocorrências com valores entre 65 e 69%, sendo maior parte concentrada entre 70 e 79,99% com 17 ocorrências.

Esta é a primeira vez que o OPF é aplicado a feridas, portanto, não há estudos prévios que demonstrem sua utilização em feridas complexas, mas quando comparamos a trabalhos publicados envolvendo segmentação e classificação de feridas, os valores são satisfatórios e confiáveis, com valor de acurácia superior ou equivalente a outros apresentados, especialmente, quando consideramos que não se controlaram condições ambientais. Acredita-se que a aplicação na prática clínica seja

um relevante suporte ao profissional, especialmente se o classificador for treinado com profissionais de referência em feridas, na qual a classificação automática de tecidos tende a ser mais constante e real que a avaliação de um único profissional.³⁶

Não se espera que a análise computacional substitua a do profissional em saúde, mas sim que facilite, reduza o tempo para avaliação, forneça dados de caracterização dos tecidos de forma mais precisa (em oposição às estimativas de porcentagens de tecidos “a olho” pelos profissionais), favoreça a documentação da avaliação e a continuidade do cuidado, acompanhando a evolução da ferida pelo mesmo profissional ou por um novo, que terão condições de avaliar o histórico da ferida. Há, ainda, as vantagens para o paciente, tais como o não contato com a ferida, eliminando chance de contaminação ou dor pelo contato de superfícies durante obtenção da imagem.

Tabela 2 – Acurácia e desvio padrão para cada ferida

FERIDA	OPF
1	85.40 ± 1.61
2	82.80 ± 0,15
3	82.25 ± 0
4	81.21 ± 0,62
5	78.80 ± 1,97
6	79.83 ± 0,51
7	88.16 ± 1,40
8	74.48 ± 0,89
9	72.73 ± 0,33
10	79.55 ± 0,19
11	74.11 ± 1,33
12	67.87 ± 3,34
13	73.37 ± 0,51
14	79.14 ± 0,17
15	74.16 ± 0,41
16	72.92 ± 0,28
17	72.16 ± 1,34
18	75.85 ± 0,17
19	72.68 ± 0,61
20	79.52 ± 0,22
21	71.87 ± 0,50

22	68.30 ± 1,24
23	82.52 ± 1,49
24	82.37 ± 0,32
25	74.99 ± 0,32
26	94.20 ± 0
27	71.93 ± 0,47
MEDIA	77.52 ± 6.14

O estudo *Computerized segmentation and measurement of chronic wound images*³⁷ traz uma revisão de literatura dos trabalhos produzidos com feridas e classificadores de padrões e apresenta-os no Quadro 4. Os valores de acurácia variam de 56,4% a 91,5%, sendo que estes estudos tiveram ambientes controlados, o que não é a realidade da assistência em saúde.

Quadro 4 - Outros trabalhos envolvendo segmentação de feridas e classificação de tecidos e softwares.

Papers	Addressing	Segmentation/classification methodology	Image types	Number of images	Segmentation/classification accuracy
Wannous et al.[3]	Wound segmentation	Mean shift, JSEG, CSC & SVM	With background, controlled conditions	25	73.3–80.2% (granulation), 56.4–69.8% (slough), 64.9–70.7% (necrosis)
Hettiarachchi et al.[4]	Wound Segmentation	Active Contour	Wound region only, controlled conditions	20	90.0%
Veredas et al.[5]	Wound segmentation and tissue characterization	Mean shift & region growing, neural networks and Bayesian classifiers	Wound region only	113 divided into 10 testing sets	78.7% sensitivity 94.7% specificity 91.5% accuracy
Hani et al.[6]	Granulation detection and segmentation	ICA and k-means	Wound region only	30	88.2% sensitivity 98.8% specificity
Perez et al.[7]	Wound segmentation and analysis	RGBSI analysis, user need to provide samples of wound and background for each image	Wound region only, leg ulcers only	Not mentioned	Visual observations only
Wantanajittikul et al.[8]	Burn image segmentation and characterization	FCM & morphology, texture analysis and SVM	With background, but burn cases only	5	72.0–98.0% (segmentation) 75.0% (classification)
Song and Sacan[9]	Wound segmentation	Neural Networks, K-means Clustering, Edge Detection, Thresholding, and Region Growing	Foot ulcers only	78 training, 14 testing	71.4% (MLP) 85.7% (RBF)

Kolesnik and Fexa[10–12]	Wound segmentation	SVM, texture and deformable snake	and	With some background	50 training, 23 Testing	Error rate of 6.6% (color), 22.2% (texture), 5.8% (hybrid)
Cukjati al.[13]	Wound healing rate measurement	Not applicable		Not applicable	Not applicable	Not applicable
Bums al.[14]	Software to study healing rate for a given patient population	Not applicable		Foot ulcer only	Not applicable	Not applicable
Loizou al.[15]	Wound healing monitoring	Snake (segmentation), texture feature (healing)		Wound region only, foot wounds only	40 images from 10 cases	Not available
PictZar[16]	Software for wound analysis	Manual drawing and calibration	and	With background	Not available	Not available
Filko et al.[17]	Software for wound analysis and healing monitoring	Not applicable		Cropped or hand-drawn region of wound images	6 images from 1 case	Not applicable
Weber al.[18]	Hardware and software to capture wound mapping	Using electrode to obtain wound mapping and characteristics	and	Not applicable	Not applicable	Not applicable

Fonte: Ahmad Fauzi MF, Khansa I, Catignani K et al³⁷

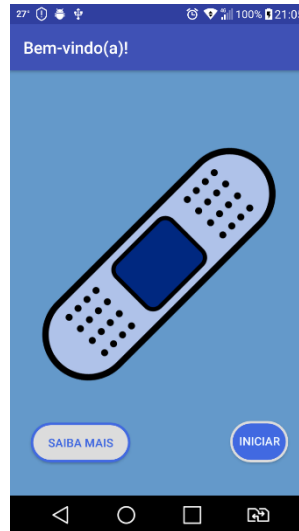
Neste mesmo estudo³⁷, é analisada a concordância interoperador de quatro especialistas em feridas na avaliação de delimitação do leito da ferida, caracterização dos tecidos e estimativa da porcentagem de cada tecido. A taxa de concordância entre eles variou de 67,4% a 84,3%, enquanto a acurácia média do método computacional desenvolvido nesta pesquisa (80 feridas, utilizando mapas probabilísticos 4D) foi de 75,1%, sugerindo que os resultados da análise computacional são tão bons ou melhores quanto o de especialistas em feridas e sujeitos a menor variabilidade³⁷. Assim, acredita-se que a acurácia obtida pela classificação com o OPF (77,52%) é adequada a utilização na prática clínica.

5.4 APLICATIVO

O aplicativo foi desenvolvido para dispositivos móveis (smartphones, tablets) com sistema operacional Android. Esta aplicação tem como objetivo possibilitar a classificação

automática de imagens de feridas armazenadas no dispositivo móvel ou capturadas através da câmera do mesmo. A Figura 15 apresenta a tela inicial da aplicação.

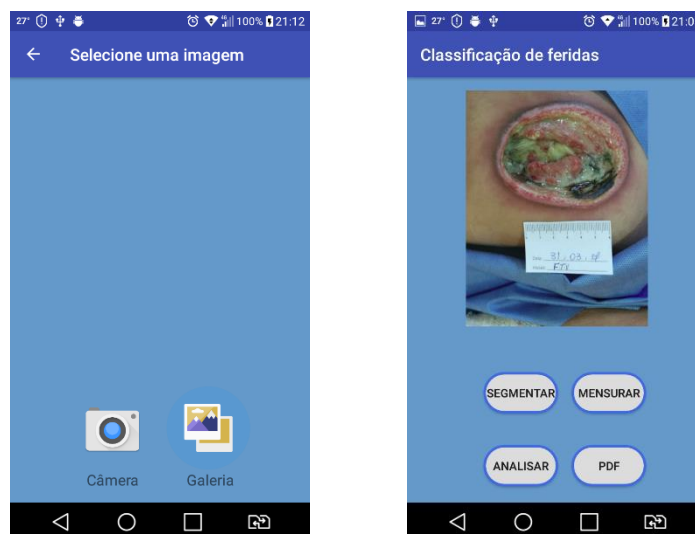
Figura 15 – Tela inicial do aplicativo



Fonte: arquivo da pesquisadora

Ao iniciar a aplicação, o usuário poderá abrir uma imagem que está armazenada no dispositivo móvel ou adquirir uma nova utilizando a câmera (Figura 16a). Uma vez selecionada a imagem, o usuário terá a sua disposição quatro opções: realizar a segmentação, mensuração, análise e gerar um relatório (Figura 16b).

Figura 16 – Telas de seleção da foto da ferida.



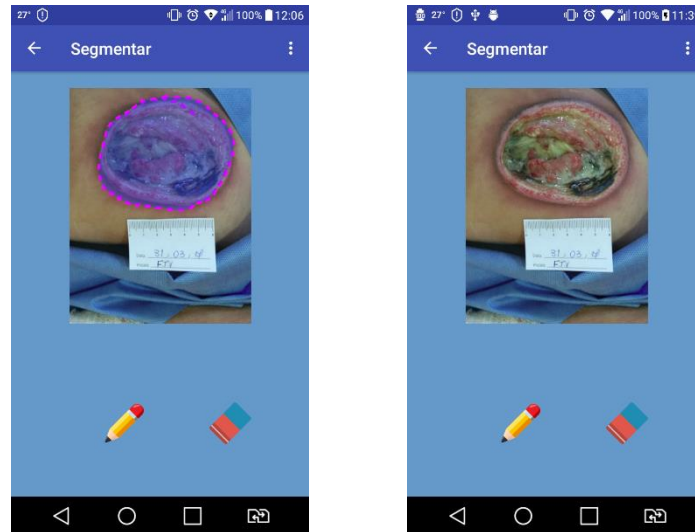
(16a)

(16b)

Fonte: arquivo da pesquisadora

A tarefa de segmentação consiste em selecionar a área do leito da ferida, ou seja, a ferida em si (Figura 17a) e estão disponíveis as opções para que o próprio usuário demarque a região de ferida e corrija, se necessário (Figura 17b).

Figura 17 – Telas de segmentação automática e manual da ferida.



(17a)

(17b)

Fonte: arquivo da pesquisadora

Uma vez definida esta área, torna-se possível realizar sua mensuração e análise. A mensuração consiste em informar a medida de largura ou comprimento, para gerar a medida da área da ferida (Figura 18).

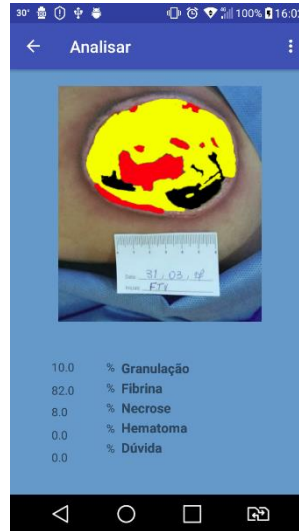
Figura 18 – Tela de mensuração da ferida.



Fonte: arquivo da pesquisadora

Ao selecionar a opção de análise, o aplicativo analisará o leito da ferida, classificando-a de acordo com cinco classes (granulação, fibrina, necrose, hematoma e dúvida) e calculando a porcentagem de cada classe na região da ferida (Figura 19).

Figura 19 – Tela de análise e classificação de tecidos da ferida.



Fonte: arquivo da pesquisadora

Por fim, o relatório é obtido por meio do botão PDF. Uma tela com uma prévia do relatório é apresentada e é disponibilizado um campo para adicionar outras informações que possam ser relevantes (Figura 20). O relatório gerado poderá ser enviado por e-mail, impresso ou anexado a prontuário eletrônico compatível, por exemplo.

Figura 20 – Relatório da ferida gerado pelo app.



Fonte: arquivo da pesquisadora

Este aplicativo gera um relatório com a imagem da ferida, medidas de área, comprimento e largura e porcentagens de tecidos, que são dados importantes no acompanhamento de feridas e, associado ao registro da imagem da ferida, devem favorecer a adequada documentação da assistência em saúde do paciente com feridas. Além de propiciar análises e registros mais completos, espera-se que este aplicativo reduza o tempo utilizado na avaliação e documentação de feridas, possibilitando que o profissional dedique mais atenção a outras partes da assistência. Buscou-se construir um aplicativo de fácil manuseio, com bons e rápidos resultados, que poderá ser disponibilizado para download na PlayStore. Na atual fase do desenvolvimento do software, ao aplica-lo, é possível gerar relatório em PDF da análise da ferida com possibilidade de imprimir ou anexar em prontuários eletrônicos. A equipe de pesquisadores continua trabalhando no desenvolvimento para a versão do sistema operacional iOS e buscando uma linguagem compatível para incorporação desta tecnologia no prontuário eletrônico e-SUS.

6 CONCLUSÃO

Feridas complexas constituem um grave problema de saúde pública com elevada morbimortalidade, alto custos financeiros para tratamentos e impacto negativo na qualidade de vida e produtividade individual e de familiares envolvidos no cuidado. Este trabalho apresenta uma nova metodologia inteligente para análise e classificação de imagens de feridas complexas, baseada nas técnicas de processamento digital de imagens, utilizando técnicas de aprendizado de máquina e o classificador de padrões Optimum-Path Forest (OPF), que, até então, não havia sido aplicado a feridas. Estudos anteriores sugerem que uma ferramenta de avaliação de feridas auxiliada por computador pode ajudar os profissionais de saúde a monitorar a cicatrização e facilitar a documentação de feridas complexas durante o tratamento, trazendo benefícios para o paciente, facilidades para o profissional e viabilizando uma assistência efetiva, eficaz, segura e de qualidade, além da possibilidade de fornecer dados para a gestão, ensino e pesquisa.

O presente estudo desenvolveu um esquema de classificação de tecido de feridas assistido por computador para avaliação e gerenciamento de feridas complexas, a partir de imagens de feridas adquiridas através de câmera digital de um smartphone. A metodologia proposta incluiu Inteligência Artificial (aprendizado de máquina e reconhecimento automatizado de padrão), utilizando-se o classificador OPF para a segmentação e classificação de tecidos de feridas complexas, dados que são necessários para o diagnóstico e conduta profissional. Assim, foi construído um banco com 27 imagens de feridas complexas, que quatro profissionais rotularam para treinamento do classificador OPF, aplicou-se o OPF às imagens de feridas complexas, avaliou-se a acurácia deste processo e desenvolveu-se um aplicativo para dispositivos móveis com as funções de segmentação da ferida, classificação de tecidos e mensuração (comprimento, largura e área) da ferida. Os resultados mostraram que o valor da acurácia obtido na análise computacional teve valor significativo, equiparando-se a avaliação de especialistas em feridas. Comparando com estudos similares, a análise computacional de feridas mostrou-se com menor variabilidade em relação a avaliação de profissionais, sugerindo que a incorporação desta tecnologia na prática clínica favoreça o cuidado em saúde do paciente com feridas complexas.

Assim, pode-se concluir que os achados presentes podem ter implicações importantes no campo da avaliação clínica e gestão de feridas complexas. Os profissionais de saúde podem utilizar uma ferramenta computacional objetiva, confiável e eficiente para segmentação e mensuração da área da ferida, facilitando uma avaliação mais precisa da evolução de feridas, combinando a caracterização de tecido da ferida com medidas dimensionais.

O aplicativo foi construído de forma a gerar um relatório no formato Portable Document Format (PDF), o qual se configura em padrão aberto e portátil sendo passível de impressão ou ser anexado a prontuários eletrônicos. Por ser portátil e de livre acesso não traz grandes necessidades de conversão de compatibilidades. Como continuidade deste trabalho, pretende-se buscar formatos compatíveis para que a comunicação entre software e prontuários eletrônicos, tais como e-SUS, seja efetiva e facilite o trabalho dos profissionais.

Outras aplicações seriam no acompanhamento de pacientes de regiões com difícil acesso a profissionais especializados no tratamento de feridas com o uso da

telemedicina. Outra potencialidade seria que, esta ferramenta, somada a outras tecnologias, pode ser utilizada na classificação de feridas em 3D.

Aponta-se como limitações do uso desta ferramenta a impossibilidade de se classificar as feridas com tunelização, visto que estes tecidos não seriam facilmente fotografados, e as feridas circunferenciais, tais como as encontradas principalmente em nas regiões de membros inferiores. Não se propôs abordar presença ou não de infecção, pele ao redor da ferida, bordas, dor, odor ou qualquer outra característica, visto que o objetivo foi segmentar a ferida, classificar os tecidos do leito da ferida e a mensuração da ferida.

Embora na amostra desta pesquisa tenham prevalecido as feridas complexas do tipo lesão por pressão, considera-se que não haverá diferenças na segmentação e classificação de feridas de outra etiologia, visto que os tecidos das fases de cicatrização seriam os mesmos, independente da etiologia da ferida.

Este trabalho não pretendia e nem esgota as possibilidades desse tema, sugere-se que os trabalhos futuros avaliem o impacto desta tecnologia na prática clínica e aprimorem a aplicação do classificador de padrões OPF a feridas complexas com, por exemplo, participação de profissionais de referência em feridas na etapa de rotulagem, um conjunto maior de dados de feridas complexas para treinamento e a otimização do desempenho de algoritmos de segmentação, classificação com base em diferentes características de cores, texturas e luminosidade e avaliação do uso do aplicativo por profissionais.

7 REFERÊNCIAS³⁸

1. Cullum N, Buckley H, Dumville J, Hall J, Lamb K, Madden M, et al. Wounds research for patient benefit: a 5-year programme of research [Internet]. Southampton, UK: NIHR Journals Library; 2016 [cited 2017 Jan 5]. (Programme Grants for Applied Research, No. 4.13.). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK379919/>. doi: 10.3310/pgfar04130.
2. Ferreira MC, Tuma Júnior P, Carvalho VF, Kamamoto F. Complex wounds. *Clinics*. 2006;61(6):571-8. doi:10.1590/S1807-59322006000600014.
3. Coltro PS, Ferreira MC, Batista BPSN, Nakamoto HA, Milcheski DA, Tuma Júnior P. Atuação da cirurgia plástica no tratamento de feridas complexas. *Rev Col Bras Cir*. 2011;38(6):381-6. doi: 10.1590/S0100-69912011000600003.
4. Ubbink DT, Santema TB, Stoekenbroek RM. Systemic wound care: a meta-review of Cochrane systematic reviews. *Surg Technol Int* [Internet]. 2014 [cited 2016 Dec 16];24:99-111. Available from: https://www.researchgate.net/publication/261374125_Systemic_Wound_Care_A_Meta-review_of_Cochrane_Systematic_Reviews.
5. Farina Junior JA, Almeida CEF, Garcia FL, Lima RVKS, Marques RR, Cologna MHT. Tratamento multidisciplinar de feridas complexas. Proposta de criação de “Unidade de Feridas” no Hospital das Clínicas da FMRP-USP. *Medicina*. 2013;46(4):355-60. doi: 10.11606/issn.2176-7262.v46i4p355-360.
6. Sen C, Gordillo G, Roy S, Kirsner R, Lambert L, Hunt T, et al. Human skin wounds: a major and snowballing threat to public health and the economy. *Wound Repair Regen*. 2009;17(6):763-71. doi: 10.1111/j.1524-475X.2009.00543.x.
7. Seppänen S. Working “smart” in wound care. *Healthcare Innov* [Internet]. 2014 [cited 2016 Dec 15];22:164-5. Available from: http://ewma.org/fileadmin/user_upload/EWMA.org/Project_Portfolio/EWMA_Documents/Seppaenen_working_smart_in_wound_care_AG_pp164-165.pdf.
8. Mandelbaum SH, Di Santis EP, Mandelbaum MHS. Cicatrização: conceitos atuais e recursos auxiliares - Parte I. *An Bras Dermatol*. 2003;78(4):393-408. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0365-05962003000400002>.
9. Cuzzel JZ. The new RYB color code. *Am J Nurs*. 1988;88(10):1342-6.
10. Brölmann FE, Eskes AM, Sumpio BE, Mayer DO, Moore Z, Agren MS, et al. Fundamentals of randomized clinical trials in wound care: reporting standards. *Wound Repair Regen*. 2013;21(5):641-7. doi:10.1111/wrr.12087.
11. Li D, Korniewicz DM. Determination of the effectiveness of electronic health records to document pressure ulcers. *Medsurg Nurs* [Internet]. 2013 [cited 2016 Dec 22];22(1):17-25. Available

from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23469495>.

12. Thoroddsen A, Sigurjónsdóttir G, Ehnfors M, Ehrenberg A. Accuracy, completeness and comprehensiveness of information on pressure ulcers recorded in the patient record. *Scand J Caring Sci*. 2013;27(1):84-91. doi: 10.1111/j.1471-6712.2012.01004.x.
13. Machado JF, Oliveira BGRB, Bokehi JR. Technological production of a prototype of the electronic record system CICATRIZAR: an applied study. *Online Braz J Nurs*. 2013;12 Suppl:764-6. doi: 1676-4285.20134483.
14. Nokes KM, Aponte J, Nickitas DM, Mahon PY, Rodgers B, Reyes N, et al. Teaching home care electronic documentation skills to undergraduate nursing students. *Nurs Educ Perspect [Internet]*. 2012 [cited 2016 Dec 24];33(2):111-5. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22616410>.
15. Thomas S. Using significant event audit to improve safety in clinical practice. *Pract Nurse [Internet]*. 2011 [cited 2016 Dec 22];41(20):38. Available from: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/69821829/using-significant-event-audit-improve-safety-clinical-practice>.
16. Faria NGF, Peres HHC. Análise da produção científica sobre documentações fotográficas de feridas em enfermagem. *Rev Eletronica Enferm [Internet]*. 2009 [cited 2016 Dec 2];11(3):704-11. Available from: <http://www.fen.ufg.br/revista/v11/n3/v11n3a31.htm>.
17. Jørgensen LB, Sørensen JA, Jemec GB, Yderstræde KB. Methods to assess area and volume of wounds – a systematic review. *Int Wound J*. 2016;13(4):540-553. doi: 10.1111/iwj.12472.
18. Luger GF. Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos. 4a ed. Porto Alegre: Bookman; 2004. p.23.
19. Turing AM. Computing machinery and intelligence [Internet]. 1956 [cited 2016 Dec 27]. Available from: <http://www.nytimes.com/library/cyber/surf/1106surf-turing.html>.
20. Papa JP. Classificação supervisionada de padrões utilizando floresta de caminhos ótimos [tese] [Internet]. Campinas: Unicamp; 2008 [cited 2016 Dec 27]. Available from: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000438287>.
21. Papa JP, Fernandes SEN, Falcão AX. Optimum-path forest based on k-connectivity: theory and applications. *Pattern Recognit Lett*. 2017;87(C):117-26. doi: 10.1016/j.patrec.2016.07.026.
22. Santos A, Gulo CASJ, Pilastrri AL. Investigação de classificadores

de padrões utilizando floresta de caminhos ótimos. 2013. doi: 10.13140/RG.2.1.2889.9047.

23. Albuquerque VHC, Barbosa CV, Silva CC, Moura EP, Rebouças Filho PP, Papa JP, et al. Ultrasonic sensor signals and optimum path forest classifier for the microstructural characterization of thermally-aged inconel 625 alloy. *Sensors*. 2015;15(6):12474-97. doi: 10.3390/s150612474.

24. Iwashita AS, Papa JP, Souza A, Falcão AX, Lotufo R, Oliveira V, et al. A path- and label-cost propagation approach to speedup the training of the optimum-path forest classifier. *Pattern Recognit Lett*. 2014;40(15):121-7. doi: 10.1016/j.patrec.2013.12.018.

25. Turesson HK, Ribeiro S, Pereira DR, Papa JP, Albuquerque VHC. Machine learning algorithms for automatic classification of marmoset vocalizations. *Plos One*. 2016;11:1-14. doi:10.1371/journal.pone.0163041.

26. Albuquerque VHC, Nunes TM, Pereira DR, Luz EJS, Papa JP, Tavares JMRS. Robust automated cardiac arrhythmia detection in ECG beat signals. *Neural Comput Appl*. 2016. doi:10.1007/s00521-016-2472-8.

27. Rodrigues D, Silva GFA, Papa JP, Marana AN, Yang XS. EEG-based person identification through Binary Flower Pollination Algorithm. *Expert Systems with Applications [Internet]*. 2016 [cited 2016 Dec 15];62:81-90. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417416302871>.

28. Papa JP, Falcão AX. Optimum-path forest: a novel and powerful framework for supervised graph-based pattern recognition techniques [Internet]. In: *Anais do 22o Workshop de Teses e Dissertações. 29o Congresso da Sociedade Brasileira de Computação; 2009; Bento Gonçalves. Bento Gonçalves: SBC; 2009 [cited 2016 Dec 17]. p.41-8. Available from: https://www.researchgate.net/publication/228394349_Optimum-Path_Forest_A_Novel_and_Powerful_Framework_for_Supervised_Graph-based_Pattern_Recognition_Techniques.*

29. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Bauru, População estimada. 2017. [cited 2016 Dec 17]. p.41-8. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/bauru/panorama>

30. Souza WA, Lotufo RA, Rittner L. Análise comportamental da Optimum Path Forest em diferentes funções métricas [monografia] [Internet]. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas; 2012 [cited 2016 Dec 17]. Available from: http://adessowiki.fee.unicamp.br/media/Attachments/courseIA368Q1S2012/wes_monografia/OPF_Funcoes_Distancia.pdf.

31. Papa JP, Falcão AX, Suzuki CTN. Supervised pattern classification based on optimum-path forest. *International Journal of Imaging Systems and Technology*,

- 19(2):120–131, 2009. [cited 2017Dec11]. Available from: <http://www.ic.unicamp.br/~afalcao/libopf/opf-ijist09.pdf>
32. Iwashita AS, Papa JP. Implementação do algoritmo de treinamento do classificador floresta de caminhos ótimos em GPU. *InterCienc Soc* [Internet]. 2013 [cited 2017 Sep 10];3(1):36-47. Available from: <http://hdl.handle.net/11449/135127>.
33. Wendell. Investigação da aplicação de redução de dados na MST para o classificador OPF [monografia] [Internet]. Campinas: Unicamp; 2012 [cited 2017 Sep 10]. Available from: <http://adessowiki.fee.unicamp.br/adesso/wiki/courseIA368Q1S2012/Monografia/edit/>.
34. RapidTables - Engineering Resources. RGB Color Codes Chart [Internet]. 2009 [cited 2017 Dec 11]. Available from: https://www.rapidtables.com/web/color/RGB_Color.html
35. Papa JP. Accuracy measure. LibOPF [Internet]. 2009 [cited 2017 Sep 04]. Available from: <http://www.ic.unicamp.br/~afalcao/libopf/node3.html>.
36. Wannous H, Lucas Y, Treuillet S. Enhanced Assessment of the Wound-Healing Process by Accurate Multiview Tissue Classification. *IEE Transactions on Medical Imaging*, vol 30, n.2, Feb 2011. doi: 10.1109/TMI.2010.2077739
37. Ahmad Fauzi MF, Khansa I, Catignani K, Gordillo G, Sen CK, Gurcan MN. Computerized segmentation and measurement of chronic wound images. *Comput Biol Med*. 2015 May; 60:74-85. doi: 10.1016/j.compbiomed.2015.02.015.
38. Takahashi JA, Filet NB, Gardim SM, Saheki Y. Guia prático para elaboração de dissertação, tese, monografia e projeto de pesquisa. São Paulo: Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo; 2017.

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) RESOLUÇÃO 466/2012

CONVIDO, o Senhor (a) para participar do Projeto de Pesquisa intitulado “*Feridas complexas: classificação de tecidos, segmentação e mensuração com o classificador Optimum-Path Forest*”, que será desenvolvido por mim, Talita de Azevedo Coelho Furquim Pereira, enfermeira, com orientação da profissional enfermeira e Professora Adjunta Regina Célia Popim da Faculdade de Medicina de Botucatu–UNESP.

Estou estudando feridas. Para que eu possa ter um resultado, nesse momento, preciso fotografar sua(s) ferida(s). Não há riscos para você. Você terá o benefício de ter o registro completo da imagem, medidas e avaliação de sua(s) ferida(s) em seu prontuário. Sua participação favorecerá o desenvolvimento de um aplicativo (app) que, ao ser utilizado, beneficiará pessoas com feridas. Solicito também seu consentimento para consultar seu prontuário para coletar outras fotos de feridas lá contidas, referentes a consultas feitas anteriormente pelo Senhor(a). O tempo para se fotografar cada ferida levará até 03 minutos.

Fique ciente de que sua participação neste estudo é voluntária e que mesmo após ter dado seu consentimento para participar da pesquisa, você poderá retirá-lo a qualquer momento, sem qualquer prejuízo na continuidade do seu tratamento. Informo que a Prefeitura Municipal de Bauru e a Secretaria Municipal de Saúde não têm qualquer responsabilidade sobre esta pesquisa.

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será elaborado em 2 vias de igual teor, o qual 1 via será entregue ao Senhor (a) devidamente rubricada, e a outra via será arquivada e mantida pelos pesquisadores por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

Qualquer dúvida adicional você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa UNESP através dos telefones (14) 3880-1608 ou 3880-1609 que funciona de 2ª a 6ª feira das 8.00 às 11.30 e das 14.00 às 17horas, na Chácara Butignolli s/nº em Rubião Júnior - Botucatu - São Paulo ou Comitê de Ética em Pesquisa SMS por meio do telefone (14) 3104-1450 , que funciona de 2ª a 6ª feira das 8.00 às 12.00 e das 14.00 às 17horas, na R. Gerson França, 7-49, Centro - Bauru - São Paulo. Os dados de localização dos pesquisadores estão abaixo descrito:

Após terem sido sanadas todas minhas dúvidas a respeito deste estudo, CONCORDO EM PARTICIPAR de forma voluntária, estando ciente que todos os meus dados estarão resguardados através do sigilo que os pesquisadores se comprometeram. Estou ciente que os resultados desse estudo poderão ser publicados em revistas científicas e outros meios com finalidade de pesquisa e ensino sem que, no entanto, minha identidade seja revelada.

Botucatu, ____/____/____

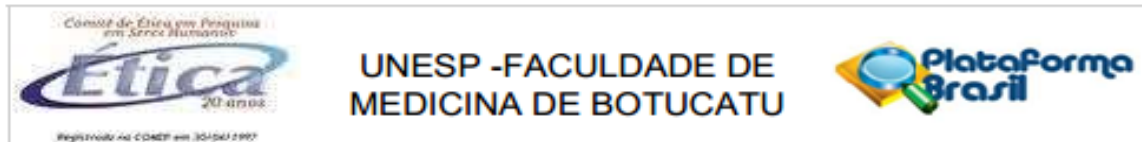
Pesquisadora

Participante da Pesquisa ou
Representante Legal pelo Participante da Pesquisa

Nome (pesquisadora): Talita de Azevedo Coelho Furquim Pereira
Endereço: Residencial Parque Flamboyant, chácara 05, Piratininga.
Telefone: (14) 99672-8501
Email: talitapereira@bauru.sp.gov.br

Nome (orientadora): Regina Célia Popim
Endereço: UNESP campus Rubião Júnior, Av. Professor Mário Rubens Guimarães Montenegro, s/n. Telefone: (14) 3880-1309
Email: rpopim@fmb.unesp.br

ANEXO II



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: FERIDAS COMPLEXAS: CLASSIFICAÇÃO DE TECIDOS, SEGMENTAÇÃO E MENSURAÇÃO COM O CLASSIFICADOR OPTIMUM-PATH FOREST **Pesquisador:** TALITA DE AZEVEDO COELHO FURQUIM PEREIRA **Área Temática:**

Versão: 2

CAAE: 64795617.7.0000.5411

Instituição Proponente: Departamento de Enfermagem

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.998.145

Apresentação do Projeto:

Já referido em parecer anterior de número 1.937.876, no qual ficou pendente somente aprovação após revisão do TCLE.

Objetivo da Pesquisa:

Já referido em parecer anterior de número 1.937.876.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Já referido em parecer anterior de número 1.937.876.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Já referido em parecer anterior de número 1.937.876.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Solicitada revisão do Termo de Consentimento Livre e esclarecido de forma a torná-lo mais claro e em linguagem não científica.

Recomendações:

Após revisão do TCLE pelos pesquisadores, o mesmo encontra-se adequado às normas do CEP, bem como em linguagem de fácil entendimento pela população alvo do estudo.

Endereço: Chácara Butignoli, s/n

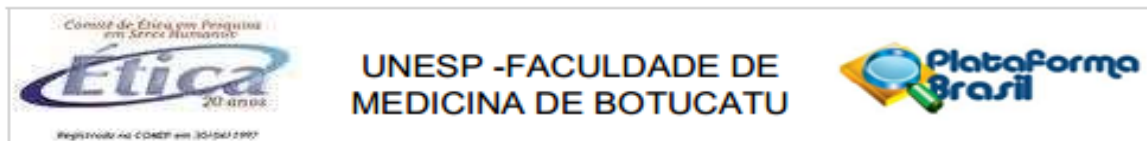
Bairro: Rubião Junior

CEP: 18.618-970

UF: SP **Município:** BOTUCATU

Telefone: (14)3880-1608

E-mail: capellup@fmb.unesp.br



Continuação do Parecer: 1.998.145

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

No momento não há. Sugiro aprovação, sem necessidade de envio à CONEP.

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto de Pesquisa APROVADO, deliberado em reunião ORDINÁRIA do CEP de 03 de Abril de 2.017, sem necessidade de envio à CONEP.

O CEP, no entanto, solicita aos pesquisadores que após a execução do projeto em questão, seja enviado para análise o respectivo "Relatório Final de Atividades", o qual deverá ser enviado via Plataforma Brasil na forma de "NOTIFICAÇÃO".

OBS: LEMBRAMOS QUE A PRESENTE PESQUISA SOMENTE PODERÁ SER INICIADA APÓS DIA 03/04/2017 – DATA DA APROVAÇÃO DO CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_858991.pdf	20/03/2017 12:48:57		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLCorrigido.pdf	15/03/2017 22:55:43	TALITA DE AZEVEDO COELHO FURQUIM PEREIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoPesquisaPRONTO.pdf	14/02/2017 21:51:07	TALITA DE AZEVEDO COELHO FURQUIM PEREIRA	Aceito
Folha de Rosto	FolhaRostoPlataformaBrasil.pdf	14/02/2017 21:50:34	TALITA DE AZEVEDO COELHO FURQUIM PEREIRA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DeclaracaoSMSBauru.pdf	13/02/2017 20:39:48	TALITA DE AZEVEDO COELHO FURQUIM PEREIRA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DeclaracaoUNESPbauru.pdf	13/02/2017 20:39:35	TALITA DE AZEVEDO COELHO FURQUIM PEREIRA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DeclaracaoFMBUNESPanueciainstitucional.pdf	13/02/2017 20:31:28	TALITA DE AZEVEDO COELHO FURQUIM PEREIRA	Aceito

Endereço: Chácara Bufignolli, s/n

Bairro: Rubião Junior

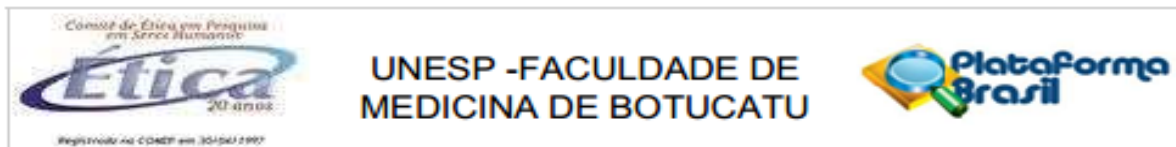
CEP: 18.618-970

UF: SP

Município: BOTUCATU

Telefone: (14)3880-1608

E-mail: capellup@fmb.unesp.br



Continuação do Parecer: 1.998.145

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

BOTUCATU, 04 de Abril de 2017

Assinado por:
SILVANA ANDREA MOLINA LIMA
(Coordenador)

Endereço: Chácara Butignoli, s/n
Bairro: Rubião Junior CEP: 18.618-970
UF: SP Município: BOTUCATU
Telefone: (14)3880-1608 E-mail: capellup@fmb.unesp.br