

# Software de Análise de Área de Úlceras Venosas

Brunno Barbosa Mendes

Instituto Federal da Bahia

Salvador, Brasil

Email: brunnomendesinfo@gmail.com.br

Renato Lima Novais

Instituto Federal da Bahia

Salvador, Brasil

Email: renato@ifba.edu.br

**Resumo**—As úlceras venosas são lesões cutâneas que afetam milhares de pessoas no mundo e que causam danos físicos e psicológicos aos atingidos por essa enfermidade. Devido às diversas formas de tratamento existentes, é necessário o acompanhamento da sua evolução para identificar qual deles é o mais eficaz em cada caso. Uma das formas de acompanhamento é a medição quantitativa da área lesionada da pele. Atualmente o método de medição mais utilizado em úlceras é feito através da planimetria, no qual é aplicada uma folha transparente sobre a ferida e seu perímetro é traçado para posterior medição. Este método de medição apresenta riscos aos pacientes por possibilitar o contato direto do material de medição com a ferida, então faz-se necessário o desenvolvimento de ferramentas de medição não invasivas. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema capaz de calcular a área de objetos a partir de imagens digitais padronizadas. Para a validação do cálculo realizado pelo *software* foram feitos estudos comparativos entre com os valores encontrados pelo ImageJ e nosso sistema. Os estudos identificaram uma taxa de erro de até 8,77% nos casos de marcação manual e de até 61,06% nos casos de marcação semiautomática, se comparados aos resultados obtidos pelo ImageJ. Conclui-se que o sistema desenvolvido pode ser utilizado como alternativa não-invasiva para a medição de úlceras venosas pois a taxa de erro e tempo de realização do cálculo são satisfatórios e garantem resultados confiáveis para agilizar o processo de acompanhamento dos pacientes.

**Keywords**—Úlceras venosas, medição, área, planimetria manual, ImageJ, SAMUV.

## I. INTRODUÇÃO

As úlceras venosas são enfermidades que atingem a superfície da pele. Elas ocorrem devido a diversos fatores como: a má circulação sanguínea, hipertensão arterial, infecções cutâneas dentre outros. Seu tratamento requer constante acompanhamento médico e avaliação do tecido atingido no sentido de identificar crescimento ou regressão de sua extensão. Desta forma, o profissional de saúde pode reavaliar as opções de tratamento aplicadas a uma determinada úlcera [1].

Dentre as principais técnicas de medição utilizadas atualmente está a planimetria manual [2]. Entretanto, observa-se a necessidade da utilização de métodos menos invasivos de medição a fim de diminuir os riscos de infecção e aumentar a precisão dos dados obtidos.

No Núcleo Interdisciplinar no Tratamento de Feridas (NITF) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), o acompanhamento da evolução de úlceras venosas é realizado através do uso de extensas fichas de anamnese e medições manuais de feridas utilizando-se papel de acetato transparente (planimetria), de onde são extraídos dados como a largura e o

comprimento. Esse processo é extremamente lento, incômodo ao paciente, passível de erros e gera riscos de infecção devido ao contato direto da folha de acetato com a pele lesionada. A qualidade das informações extraídas neste processo é subjetiva, devido a falta de comprovação de que os resultados obtidos são fidedignos à ferida.

Outra técnica utilizada no acompanhamento de úlceras venosas (e outras enfermidades) faz o uso de *softwares* de processamento de imagens digitais, capazes de realizar medições a partir de uma escala personalizável. Exemplos de sistemas com estes recursos são o ImageJ e o AutoCAD. O primeiro é uma ferramenta gratuita muito conhecida e utilizada na microbiologia e microscopia [3] [4] pois já “nasceu” com o objetivo de processar imagens obtidas a partir de microscópios digitais e foi ganhando novas funcionalidades, não só incluídas pelos desenvolvedores mas também pelos seus usuários [5]. A segunda foi desenvolvida para auxiliar profissionais de arquitetura, engenharia e construção (dentre outras áreas) a desenhar, visualizar, simular e construir de forma mais eficiente. Existe uma grande quantidade de *softwares* disponíveis porém nenhum deles é específico para a medição de úlceras venosas. A grande quantidade de funções disponibilizadas por estes programas acabam por deixar sua utilização mais complexa. Além disso, ferramentas mais específicas possuem um custo de aquisição que deve ser levado em consideração.

Levando em consideração a dificuldade no acompanhamento do tratamento das úlceras venosas e as opções de *softwares* disponíveis atualmente no mercado, observa-se a necessidade do desenvolvimento de um sistema específico de medição de úlceras. O *software* deve realizar a medição de forma menos invasiva, ser de fácil utilização e ter um custo acessível. Assim ele será capaz de auxiliar na avaliação e acompanhamento das úlceras venosas, produzindo uma melhora na qualidade de vida dos pacientes e dando ao profissional de saúde informações importantes para a tomada de decisões quanto à manutenção ou não de um tratamento.

Neste trabalho foi desenvolvida uma nova ferramenta denominada *SAMUV-Análise*, para realização de cálculo de área a partir de imagens digitais. Foi utilizado um desenvolvimento incremental onde duas versões do *software* foram implementadas e avaliadas. Na primeira versão, o usuário utiliza uma ferramenta de desenho para marcar o perímetro da ferida e um objeto com tamanho real conhecido que serve como calibração. O *SAMUV-Análise* usa essas marcações feitas pelo usuário para calcular a área da ferida. Na segunda versão, o usuário desenha um retângulo em volta da ferida evitando assim a necessidade de marcar todo o seu perímetro. Novamente, o *SAMUV-Análise* faz uso dessa informação inserida pelo usuário para poder

inferir a área da ferida.

Estudos experimentais foram conduzidos para validar cada uma das duas versões do *SAMUV-Análise*. Para realizar os estudos foram geradas 15 imagens, sendo quatro figuras geométricas e 11 imagens de úlceras venosas reais<sup>1</sup>. Primeiramente, os pesquisadores deste projeto mediram essas 15 imagens utilizando o ImageJ. Em seguida, 10 participantes, voluntários e esclarecidos, realizaram medições utilizando a primeira versão do *SAMUV-Análise*. Os resultados obtidos em cada imagem foram comparados às medições realizadas no ImageJ; no segundo estudo foram avaliados os dados de área obtidos sobre as mesmas imagens do primeiro estudo e versões editadas, utilizando-se um método semi-automático de detecção das bordas das feridas. Neste caso, os próprios pesquisadores fizeram as marcações contornando as 15 imagens. Os resultados obtidos foram também comparados às medições do ImageJ e do primeiro estudo.

Foi possível concluir que o principal fator para a obtenção de resultados próximos aos obtidos no ImageJ foi a marcação correta das bordas dos objetos, tanto os de calibração quanto as úlceras. Além disso, os resultados obtidos pelos participantes foram mais uniformes, constantes e confiáveis do que os obtidos pelo algoritmo de detecção semi-automática de bordas. No segundo estudo observou-se melhor resultado quando havia menos área para ser descartada da imagem, ou seja, quando o retângulo que demarca o local onde o algoritmo deve encontrar as bordas dos objetos era menor, mais próximo do objeto a ser extraído.

Este trabalho faz parte de um projeto maior denominado SAMUV (Sistema de Avaliação e Medida de Úlceras Venosas)<sup>2 3</sup>. O SAMUV tem como objetivo auxiliar os profissionais de saúde na avaliação e acompanhamento do tratamento aplicado a úlceras venosas, permitindo o cadastramento de pacientes, fichas de anamnese, histórico atendimentos realizados, histórico de úlceras, técnicas de tratamento utilizadas e análise de imagens, de onde serão extraídos dados da área atingida, tipo de tecido encontrado e profundidade das lesões. O sistema está em desenvolvimento e contará com um aplicativo móvel e página *web*.

Além desta Introdução, este trabalho está organizado como se segue: A Seção II apresenta informações sobre as úlceras venosas, o SAMUV, o processamento de imagens digitais, sistemas de processamento de imagens disponíveis. A Seção III apresenta outras soluções aplicadas na área da saúde. A Seção IV apresenta as versões do *software* desenvolvidas e os estudos realizados neste trabalho. Por fim, a Seção V destaca as conclusões encontradas neste trabalho, dando ênfase às qualidades da aplicação desenvolvida, suas limitações e qual o caminho a seguir em trabalhos futuros.

<sup>1</sup>As imagens das úlceras venosas foram tiradas durante dois atendimentos a pacientes do NITF.

<sup>2</sup>SAMUV - <http://samuv.ifba.edu.br>

<sup>3</sup>O projeto foi aprovado no Comitê de Ética da Pesquisa do IFBA sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 02167418.8.1001.5031.

## II. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

### A. Úlceras Venosas

As úlceras venosas são causadas geralmente por uma insuficiência venosa crônica, na qual existe um desequilíbrio entre o fluxo de sangue venoso e arterial, e atingem principalmente os membros inferiores [6]. A lesão causada por essa enfermidade causa impactos físicos e psicossociais como a dor, dificuldades de locomoção, limitações na execução de tarefas simples e trabalhos domésticos, limitação das atividades de lazer, alterações emocionais acarretadas pela vergonha de expor a área afetada e a redução do convívio social e conjugal [7]. Pacientes que possuem essa enfermidade sofrem preconceito devido a aparência das feridas, a existência de mau cheiro e podem ter a sua produtividade reduzida ao ponto de ameaçarem seu posto no mercado de trabalho. “No Brasil, as úlceras constituem um sério problema de saúde pública, em razão do grande número de pessoas com alterações na integridade da pele, embora sejam escassos os registros desses atendimentos. O elevado número de pessoas com essas lesões contribui para onerar o gasto público e privado. Mas muito mais oneroso é o sofrimento das pessoas e a interferência na sua qualidade de vida” [8].

A Figura 1 ilustra uma úlcera venosa que atingiu o pé de um paciente. Pode-se observar a gravidade da lesão a partir da sua extensão e profundidade.



Figura 1: Úlcera venosa em membro inferior. Fonte: [2].

O acompanhamento de uma equipe assistencial é de extrema importância no tratamento dessas enfermidades pois elas necessitam de constante cuidado com a higiene, troca de curativos e reavaliação das condições da úlcera e da efetividade do tratamento aplicado [9], bem como o estado de saúde geral do paciente. O acompanhamento pode ser prolongado, pois, em muitos casos, as úlceras são recorrentes ou demoram a apresentar uma evolução [10]. Além disso, é preciso acompa-

nhar a história clínica e social de cada paciente para identificar possíveis comportamentos que possam agravar ou dificultar a evolução da lesão.

Atualmente, no Núcleo Interdisciplinar no Tratamento de Feridas - NITF, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, centro de referência no tratamento de úlceras venosas, o procedimento de acompanhamento dos pacientes que possuem essa enfermidade consiste nos passos de acolhimento, medição das úlceras e aplicação de diversos tratamentos clínicos, tais como: laser (As, GA, In e P), ultra-som (1 e 3 Mhz), fitoterápicos, terapia física descongestiva e fibrina leucoplaquetária. A medição das úlceras é realizada manualmente através da planimetria: aplica-se uma folha de acetato transparente sobre a ferida e desenha-se o perímetro da mesma para obter-se um decalque de onde são extraídas as informações de comprimento e largura máximas. A profundidade da úlcera é medida inserindo-se uma haste flexível, palito de madeira ou material semelhante, previamente marcado, na parte mais profunda da ferida. Por último os dados de comprimento e largura máximos são inseridos no *software* AutoCAD onde são realizados cálculos para determinar a área estimada da ferida.

A abordagem da planimetria manual apresenta alguns problemas: primeiramente existe o contato direto da folha de acetato e do medidor de profundidade com a úlcera, o que gera desconforto, dor e a possibilidade do paciente contrair uma infecção; observa-se também que esta forma de medição depende da habilidade manual do profissional de saúde; o cálculo de área baseado no comprimento e altura máximos permite apenas dados aproximados e não fidedignos à área exata da úlcera; a necessidade constante de reavaliação do tratamento comparando-se os dados de medições anteriores é custosa pois necessita da catalogação e armazenamento das folhas de acetato e a busca manual de informações.

## B. SAMUV

O Sistema de Avaliação e Medida de Úlceras Venosas (SAMUV) é um projeto multidisciplinar, idealizado por pesquisadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA). O SAMUV tem como objetivo auxiliar os profissionais de saúde no acompanhamento e avaliação de úlceras venosas. O sistema está em desenvolvimento e, futuramente, contará com o cadastro de informações sobre os pacientes, dados de anamnese, histórico de atendimentos, tratamentos aplicados às úlceras e análise de imagens digitais. Com essas informações disponíveis aos profissionais de saúde, acredita-se que o SAMUV deverá atender às necessidades de acompanhamento e avaliação de pacientes acometidos por esta enfermidade.

A Figura 2 mostra uma visão geral do SAMUV. A coluna esquerda ilustra os passos de acolhimento do paciente e atendimento realizado pelo profissional de saúde. A coluna central ilustra a utilização do aplicativo móvel do SAMUV para cadastrar os dados e fotos do atendimento realizado. A parte inferior desta coluna ilustra a página *web* de análise de imagens. Na coluna direita é ilustrada a estrutura do servidor do SAMUV, mostrando também a disponibilização de um serviço REST e a API de análise. O *software* desenvolvido neste trabalho foi integrado ao SAMUV como um módulo de análise de imagens (destacado em vermelho) e está disponível

na página *web* do sistema. A partir da marcação de imagens digitais obtidas durante o atendimento de pacientes, ele permitirá que seja calculada a área aproximada das úlceras venosas e essas informações ficarão disponíveis para o acompanhamento e análise pelas equipes assistenciais. Futuramente, o módulo de análise incluirá a identificação de tecidos baseada em cores, profundidade da lesão e identificação automática do perímetro através do uso de redes neurais.

Maiores informações sobre o SAMUV estão disponíveis no site do projeto: <http://samuv.ifba.edu.br>.

## C. Processamento de Imagens Digitais

O processamento de imagens digitais consiste na execução das etapas de aquisição, pré-processamento, segmentação, pós-processamento, extração de atributos, reconhecimento de padrões e classificação de imagens [11]. Essa atividade realizada por computadores tem como objetivo extrair de uma imagem, ou conjunto de imagens, atributos utilizados para atender a uma necessidade específica [12]. Por exemplo: na área da microbiologia, faz-se necessária a contagem do número de células em uma placa de Petri<sup>4</sup>, uma imagem é capturada através de um microscópio digital (etapa de aquisição), em seguida essa imagem passa por processos de melhoria na qualidade visual, permitindo maior nitidez das bordas das células (pré-processamento), a contagem então é realizada automaticamente por um *software* (extração de atributos), são identificadas as células doentes (reconhecimento de padrões e classificação).

A Figura 3 mostra as etapas do processamento de imagens digitais e visão computacional, segundo Gomes [12].

### Etapas do processamento de imagens:

**Aquisição da imagem** Este primeiro passo consiste em adquirir uma imagem digital a partir de outra imagem digital ou da conversão um sinal analógico. “Os principais dispositivos para aquisição de imagens são câmeras de vídeo, tomógrafos médicos, satélites e *scanners*” [14] e, atualmente, as câmeras de *smartphones* que possuem além da disponibilidade, uma boa qualidade de imagem. Nesta etapa os resultados obtidos são influenciados pelos sensores da câmera, fontes de iluminação, resolução de captura e quantidade de níveis de cinza ou cores da imagem capturada. Esta etapa tem grande importância no processamento de imagens já que todas as etapas posteriores utilizarão seu resultado como base.

A imagem digital resultante deste processo pode ser comparada com uma imagem do mundo real. No primeiro caso, numa fotografia por exemplo, sua representação é descrita como uma função  $f(x, y)$ . Cada ponto dessa função representa o nível de iluminação capturado pelo sensor de aquisição em um determinado momento e será representado na fotografia como uma cor, brilho e nitidez diferente. Numa imagem digital essa representação é feita através de uma matriz matemática onde seus elementos irão descrever a cor, brilho e contraste que devem exibidos pelos dispositivos de saída como monitores, telas de LCD e LED etc. Cada elemento dessa matriz, quando

<sup>4</sup>Também conhecida como caixa de Petri, é um recipiente cilíndrico transparente composto por base e tampa, feito de vidro ou plástico, utilizado na cultura de micro-organismos [13].

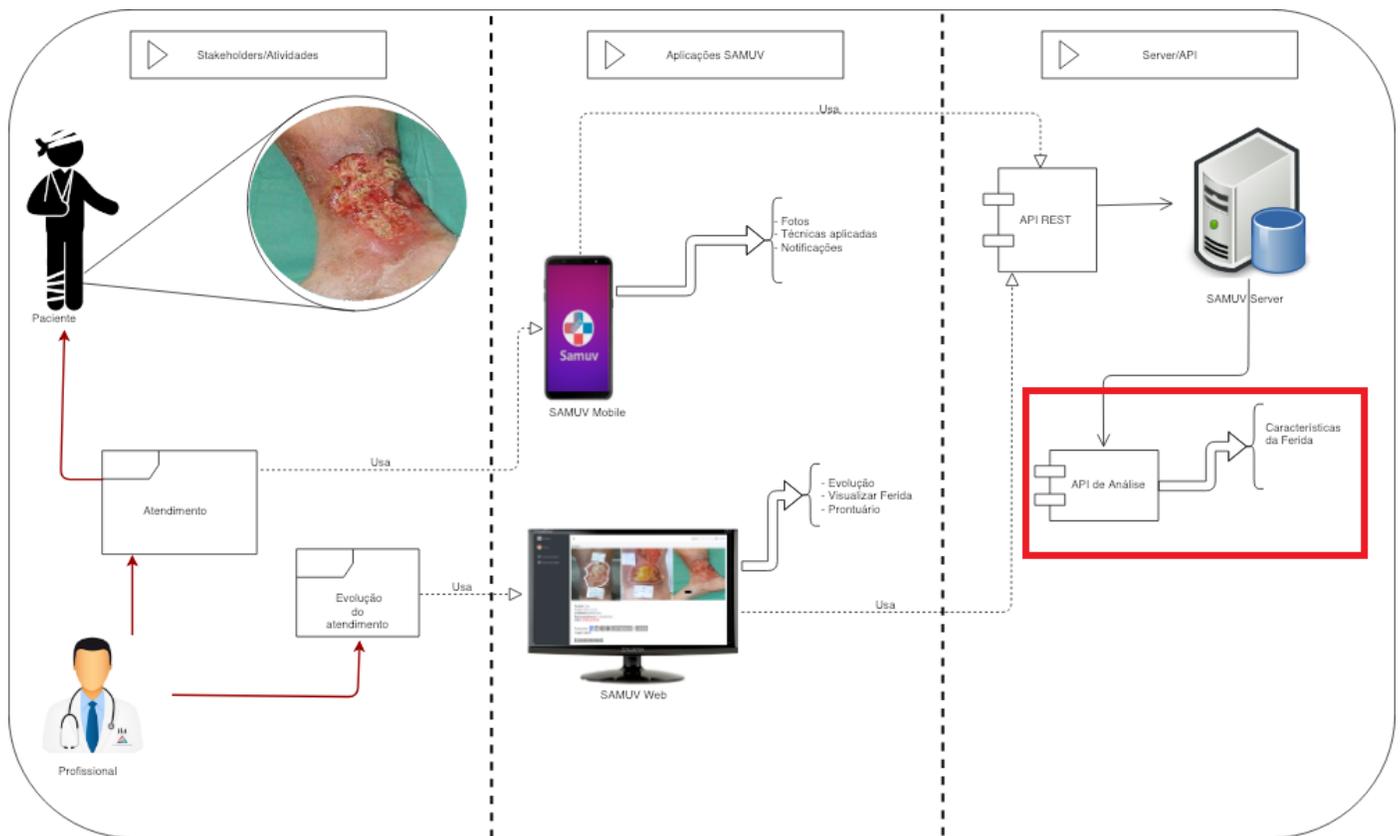


Figura 2: Visão geral do sistema SAMUV.

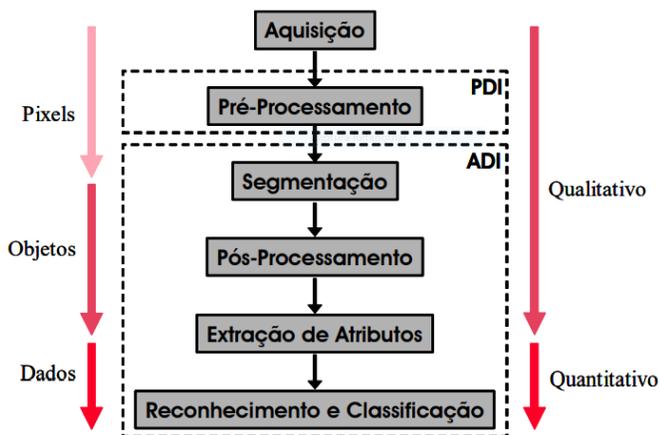


Figura 3: Etapas do processamento de imagens digitais e visão computacional.

representado visualmente, é denominado *pixel*. Matrizes bi-dimensionais são utilizadas para representar imagens binárias (preto e branco) ou em escala de cinza. Imagens coloridas são compostas, geralmente, por matrizes multidimensionais, separando-se as cores vermelhas, azuis e verdes.

**Pré-processamento** Durante a aquisição de uma imagem digital é possível identificar imperfeições ou degradações

na imagem, conhecidas como ruídos, causadas por diversos fatores como as condições de iluminação e características específicas do dispositivo utilizado para a captura. Na etapa de pré-processamento são aplicados filtros para redução de ruídos, ajustes de brilho e contraste e suavização para melhorar a qualidade da imagem e permitir que os objetos de estudo sejam melhor identificados.

**Segmentação** Nesta etapa são extraídas uma ou mais áreas da imagem que possuem o(s) objeto(s) de interesse. Geralmente são realizadas operações matemáticas para encontrar de bordas de objetos, linhas, descontinuidades e áreas que possuem propriedades semelhantes (a mesma tonalidade de cor, por exemplo). Para diminuir o custo computacional e/ou melhorar os resultados obtidos por determinados métodos de processamento, as imagens digitais coloridas podem ser convertidas para escala de cinza.

**Pós-processamento** O pós-processamento é realizado caso a etapa de segmentação não seja suficiente para extrair todos os objetos de interesse esperados ou ainda para destacar elementos da imagem segmentada. Essa etapa assemelha-se ao pré-processamento e pode ser realizada diversas vezes até obter um resultado satisfatório. Um exemplo de utilização é a aplicação de filtros de suavização de bordas que diminuem a diferença de matiz entre as bordas dos objetos.

**Extração de atributos** Nesta etapa as características dos objetos identificados na imagem são extraídas e quantificadas. Exemplos de atributos comumente extraídos são: contagem

do número total de objetos, dimensões (altura, largura, área), geometria (uma reta, quadrado, círculo), cores, luminosidade e textura. Os atributos a serem extraídos dependem da necessidade do estudo realizado.

**Reconhecimento de padrões e classificação** O reconhecimento de padrões identifica atributos em um determinado objeto da imagem e os compara com as características de outros objetos que foram previamente definidas no sistema. Por exemplo: um sistema define como um quadrado um objeto formado por quatro retas que se “tocam” e formam quatro ângulos retos internos. Se o algoritmo de detecção de padrões identificar um objeto com essas características ele vai marcá-lo como um quadrado. Já a classificação permite agrupar objetos que possuem características semelhantes, dando a eles um significado. Por exemplo: um conjunto de quadrados pode ser reconhecido como um grupo de figuras geométricas.

De acordo com Gomes [12] as etapas de aquisição, pré-processamento, segmentação e pós-processamento são de caráter qualitativo, isso quer dizer que os dados extraídos neste processo devem ser observados e interpretados, assim tem-se a certeza de que as informações extraídas são suficientes para atender às necessidades do processamento. Já as etapas de extração de atributos, reconhecimento de padrões e classificação, são quantitativas e realizadas através da comparação entre os objetos segmentados da imagem de entrada com a base de conhecimento pré-existente.

#### D. Sistemas disponíveis

Dentre as ferramentas de processamento e análise de imagens digitais disponíveis atualmente, destacam-se:

**ImageJ.** O ImageJ é *software* de código aberto desenvolvido e mantido pelo Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos, capaz de realizar o processamento e análise de imagens, manual ou automaticamente, auxiliando profissionais de saúde. Desenvolvido em Java o *software* permite a adição de novas funcionalidades através da instalação de *plugins* e dá ao usuário a possibilidade de customização de acordo com as suas necessidades. Para a realização de cálculo de área, a técnica de marcação manual é a mais utilizada porém sua eficiência é influenciada pela habilidade do usuário no uso do mouse ou outro dispositivo de entrada [15]. A técnica de medição automática necessita que o conjunto de imagens a serem analisadas possuam as mesmas características. No caso das úlceras venosas a grande complexidade de formatos e cores presentes em cada imagem torna difícil a sua aplicação. Diversas funcionalidades estão presentes no *software* como a possibilidade de segmentação da imagem, correções de brilho, contraste e cores, transformação de formatos de imagens etc. O ImageJ está disponível gratuitamente em: <https://imagej.nih.gov/ij/>.

**Kinect.** Desenvolvido pela *Microsoft*, o Kinect é uma linha de sensores de movimentos para os videogames Xbox 360, Xbox One e PCs, lançado em 2010. Baseia-se em um *hardware* simples, ele permite ao usuário interagir com jogos e outros aplicativos através de gestos e comandos de voz sem a necessidade da utilização de um controle físico comum. Em 2011 *Microsoft* lançou a versão do seu SDK (sigla em inglês para kit de desenvolvimento de software) para PCs, em C++, C# e Visual Basic .NET, e deu aos usuários a possibilidade

de desenvolverem programas não comerciais. A última versão do Kinect foi descontinuada em outubro de 2017. Apesar da grande quantidade de funções disponibilizadas pelo SDK, sua utilização neste trabalho foi descartada devido à necessidade de manter-se uma distância aproximada de um metro e meio entre as câmeras e o objeto de estudo, além da baixa qualidade das imagens capturadas.

**Mipar.** *Software* de processamento de imagens com foco de aplicação na microbiologia. Permite a criação de *scripts*, chamados pelos desenvolvedores de “receitas”, que podem ser utilizados no processamento de várias imagens com características em comum, facilitando a automação. As receitas podem ser criadas pelos próprios usuários ou compradas na página oficial do *software*. No segundo caso o usuário deve enviar um arquivo de imagem e descrever quais os objetos e informações que precisa extrair a partir dela e aguardar a equipe de desenvolvimento responder com os custos da receita. A interface gráfica do programa é exibida em diversas janelas independentes e isso acaba causando problemas de usabilidade. A quantidade e qualidade da documentação disponível online é bastante limitada, tanto no site oficial quanto fora dele, tornando mais difícil sua utilização. O Mipar está disponível em: <https://www.mipar.us/> porém é necessário solicitar uma cotação do preço de aquisição.

**MOWA.** O MOWA (*Mobile Wound Analyzer*, analisador de feridas móvel em tradução livre) é um aplicativo disponível para Android e iOS que permite a captura e análise de imagens fotografadas pela câmera do *smartphone*. Dentre os *softwares* apresentados neste trabalho o MOWA é o que mais atende aos requisitos da análise de úlceras venosas. No aplicativo o usuário seleciona uma imagem previamente armazenada, marca o local a ser analisado através do toque na tela do *smartphone* e em seguida o *software* informa quais são as áreas da pele correspondentes a cada tipo de tecido (necrótico, fibrina, granulado ou desconhecido), a partir da cor identificada. O aplicativo também oferece sugestões para o tratamento das feridas baseadas na quantidade e qualidade dos tecidos encontrados. É possível salvar relatórios de resultados das imagens analisadas ou enviá-los, juntamente com as imagens, para um endereço de e-mail. O MOWA havia sido adquirido para testes porém atualmente não está mais disponível nas lojas virtuais do Android e iOS. Ele pode ser adquirido no site [www.amazon.com](http://www.amazon.com).

**OpenCV.** O *Open Source Computer Vision* é uma biblioteca de programação e processamento de imagens digitais, desenvolvida pela Intel Corporation e uma das principais bibliotecas de aprendizado de máquina utilizadas atualmente [16]. Por ser gratuito, acessível e de código aberto, a biblioteca tem sido utilizada para tarefas de processamento de imagens em tempo real apresentando um excelente desempenho devido a sua capacidade de aproveitar-se de sistemas multiprocessados. Dentre as suas funcionalidades estão as mais básicas como a conversão de formatos de imagens e a aplicação de filtros de redução de ruídos, até funções complexas como a detecção de objetos, movimentos e reconhecimento facial em tempo real. Através das contribuições da comunidade de usuários a biblioteca do OpenCV tem incorporado diversas novas funcionalidades, atualizações, melhorias em algoritmos existentes e correções de *bugs*. O OpenCV possui mais de quinhentas funções que abrangem muitas áreas da visão computacional,

incluindo: a inspeção de produtos, análise de imagens médicas e microbiológicas, segurança (biometria, reconhecimento de pessoas etc.), calibração de câmeras, estereo-visão e robótica [17].

**TensorFlow.** *Framework* para visão computacional e aprendizado de máquina com foco na utilização de redes neurais, desenvolvido pelo Google e lançado em 15 de fevereiro de 2015. O TensorFlow permite o treinamento de algoritmos para detecção e identificação de padrões e objetos, biometria dentre outros. Sua utilização neste trabalho não foi considerada devido à necessidade de treinamento do algoritmo de detecção, o que é feito a partir de um banco de dados com a maior quantidade possível de imagens do objeto de estudo e, até o presente momento, a quantidade e qualidade de imagens disponíveis não atendem às necessidades.

**AutoCAD.** *Software* de *design* auxiliado por computador (CAD) criado pela Autodesk Inc. e comercializado desde 1982. Possui funcionalidades especializadas para o desenho técnico em duas dimensões e para a criação de modelos tridimensionais e é bastante conhecido e utilizado por profissionais das áreas de arquitetura, engenharia civil, mecânica e elétrica. Sua utilização neste trabalho foi considerada devido as suas ferramentas de medição disponíveis e por ser um *software* conhecido no mercado, porém o custo para a aquisição de uma licença de uso é bastante alto, além disso existe uma curva de aprendizado para que fosse possível utilizá-lo corretamente.

Observa-se através da comparação entre os *softwares* disponíveis que, apesar de existirem ferramentas bastante poderosas, não há no mercado uma aplicação específica para a análise de imagens relacionadas às úlceras venosas e que possa auxiliar os profissionais de saúde no acompanhamento desta enfermidade.

### III. TRABALHOS RELACIONADOS

As vantagens e desvantagens da aplicação de medições de úlceras em membros inferiores através do uso de imagens e fotografias digitais foram observadas por Miot [1]. Durante o seu estudo, quarenta e duas lesões em vinte pacientes foram acompanhadas e medidas utilizando-se três técnicas distintas: a primeira técnica consistiu no uso de papel transparente para desenhar-se o contorno das feridas e em seguida foi feita a sua medição em papel milimetrado; na segunda a medição foi feita através do *software* ImageJ, utilizando-se fotografias capturadas por uma câmera digital na qual foi inserido um adesivo de tamanho conhecido para possibilitar a conversão da medida *pixel* para milímetros; na terceira foram coletadas fotografias digitais dos contornos marcados na primeira técnica e sobre elas realizada a medição conforme a segunda técnica. O estudo concluiu que a utilização de fotografias e imagens digitais é bastante confiável se comparada à medida manual, além de ser mais ágil e confortável para os pacientes, e pode ser utilizada nos casos onde as úlceras possuem topologia plana. Já em feridas que percorrem o contorno dos membros inferiores as fotografias diretas acabam aplainando ou deixando de capturar partes das lesões que não estão visíveis, tornando assim a medição digital sobre a folha de contornos transparente o método mais preciso e próximo da medição manual.

A utilização do *software* ImageJ para processar e analisar imagens relacionadas à área da saúde é bastante comum devido à sua grande quantidade de funcionalidades, nativas

e customizáveis e devido ao fato de não possuir custos de aquisição. O *software* foi utilizado no acompanhamento de pacientes que sofriam de úlceras de perna [18] e passaram por dois tipos de tratamentos clínicos diferentes. O estudo concluiu que o processo de medida das úlceras e a análise de cicatrização ainda são muito dependentes da visão humana e que a utilização de softwares de processamento de imagens capazes de realçar características visuais, como o ImageJ, permite uma melhor distinção das áreas de tecidos benéficos e maléficos à cicatrização, auxiliando no diagnóstico e avaliação do tratamento recebido pelos pacientes.

Já Salmona [15], realizou a análise de cicatrização de úlceras de pressão, enfermidade que está diretamente ligada à qualidade de vida dos pacientes e atingiu de 37% a 57,9% dos pacientes de uma unidade de tratamento intensivo no Distrito Federal. Um estudo comparativo entre as técnicas de medição manual, com marcação no ImageJ e automatizadas pelo *software* concluiu que as áreas obtidas utilizando-se o ImageJ são capazes de se aproximar à medição manual e que o profissional de saúde pode utilizá-las de acordo com sua preferência já que os resultados obtidos são próximos.

O Kinect foi utilizado em estudo sobre captura e medição de úlceras com a criação de modelos 3D. O sistema desenvolvido por Filko [19] consistiu-se da execução de quatro passos distintos: detecção de feridas, reconstrução, segmentação e medição, utilizando-se do método Szymour II<sup>5</sup> para avaliação dos resultados. Por tratar-se de uma tecnologia bastante complexa, tanto o Kinect quanto a solução desenvolvida, com diversas funções que podem interferir no resultado final, o estudo concluiu que, apesar da sua efetividade em testes locais faz-se necessário aumentar o alcance destes testes para feridas reais e com diferentes tipos de iluminações para chegar a uma conclusão mais precisa.

Durante a realização deste trabalho não foram encontradas aplicações ou estudos relacionados à medição de úlceras utilizando os *frameworks* OpenCV e Tensorflow.

### IV. SAMUV-ANÁLISE: MÓDULO DE ANÁLISE DE IMAGENS

O módulo de análise de imagens desenvolvido neste trabalho tem como objetivo auxiliar os profissionais de saúde no acompanhamento e análise do tratamento aplicado à úlceras venosas. Recebendo como entrada imagens digitais padronizadas o *software* o sistema é capaz de realizar a medição de área ao combiná-las com as marcações realizadas pelo usuário utilizando o OpenCV. Além disso, o módulo de análise é integrado ao SAMUV, permitindo a consulta de informações e o armazenamento das imagens segmentadas e marcadas, resultantes do processamento de imagens.

A Figura 4 ilustra o fluxo de execução do módulo de análise – *SAMUV-Análise*, os itens não sombreados fazem parte da implementação realizada neste trabalho. A imagem original capturada durante o atendimento ao paciente é utilizada pelo *software* que extrai os objetos demarcados pelo usuário, em

<sup>5</sup>Método de aprendizado que consiste na utilização de problemas reais e discussões em grupo e permite o desenvolvimento de habilidades de raciocínio sendo ainda capaz de motivar os participantes, facilitando a retenção de conhecimento [20].

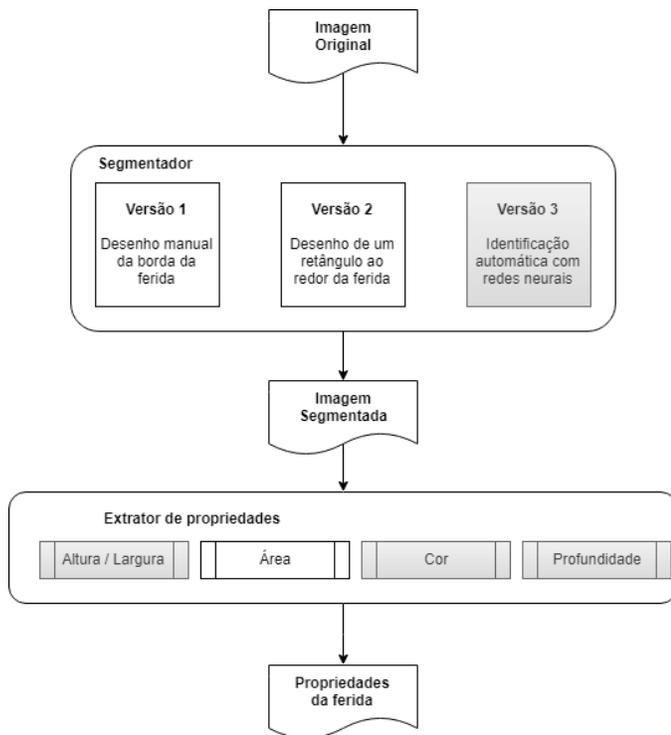


Figura 4: Visão geral das versões do sistema de análise do SAMUV.

seguida é realizado o cálculo de área e as informações são enviadas de volta ao sistema web.

#### A. Método de desenvolvimento

Os principais requisitos do sistema de análise de imagens do SAMUV estão descritos abaixo. Eles foram definidos observando-se os problemas encontrados atualmente nas medições de área de úlceras venosas e no acompanhamento dos atendimentos realizados pelos profissionais de saúde do NITF.

Requisitos funcionais:

- O sistema deve ser capaz de realizar o cálculo de área em centímetros quadrados a partir de uma imagem e das marcações feitas pelo usuário no navegador web;
- O sistema deve ser capaz de armazenar as imagens segmentadas e as imagens que foram marcadas pelo usuário;
- O sistema deverá estar disponível na internet para que as análises possam ser realizadas de qualquer local com conexão à rede;
- O sistema deve ser capaz de se comunicar com o sistema SAMUV para consumo de informações;
- O sistema deve armazenar o tempo utilizado pelo usuário em cada análise realizada.

Requisitos não-funcionais:

- O sistema deve focar na usabilidade, permitindo que as análises sejam feitas com a menor interferência possível da habilidade do usuário.

A partir dos requisitos do sistema levantados e da comparação entre as ferramentas de processamento de imagens disponíveis, o desenvolvimento do *software* foi realizado utilizando-se biblioteca do OpenCV na linguagem Python, por ser gratuita e possuir funcionalidades já implementadas e testadas de detecção e identificação de características das imagens. A página *web* de análise de imagens foi desenvolvida utilizando-se o *framework* Django<sup>6</sup>, por ser o mesmo utilizado no sistema do SAMUV, o que facilitou a integração. Para o *front-end* foram utilizadas as linguagens HTML5, Javascript e CSS.

Dentre as técnicas de cálculo de área a partir de imagens digitais foi utilizada em nossa solução uma que faz o uso de um objeto de calibração. Nesta técnica é necessário inserir na imagem, durante o processo de captura, um objeto que possua seu tamanho real conhecido, assim é possível criar uma razão entre o tamanho real do objeto e a quantidade de *pixels* necessária para representá-lo no computador. Uma regra de três simples é capaz de encontrar a medida real (aproximada) de outros objetos contidos na imagem. Na solução desenvolvida neste trabalho o objeto de calibração foi posicionado à esquerda da imagem para que, através da ordenação de contornos feita pelo OpenCV, ele fosse identificado. Existem outras técnicas de cálculo de área a partir de imagens que, por exemplo, fazem o uso de mais de uma câmera, ângulos e posicionamentos fixos entre o objeto e a câmera, equipamentos específicos dentre outros. A técnica escolhida teve o objetivo de ser a mais acessível já que atualmente é possível tirar fotografias a partir de um *smartphone* e não necessita a aquisição de equipamentos nem de um posicionamento específico.

As duas imagens são enviadas para o algoritmo de análise, sendo a primeira a imagem original e a segunda apenas as marcações feitas pelo profissional de saúde na página de análise. Um elemento do HTML5 denominado *Canvas* foi sobreposto à imagem original permitindo a marcação de forma transparente para o usuário. O Javascript foi utilizado para capturar o clique e as coordenadas do *mouse* para permitir o desenho no local clicado.

O SAMUV-Análise foi desenvolvido em duas versões e aplicado em dois estudos que serão descritos a seguir.

#### B. SAMUV-Análise – Versão 1

A primeira versão do SAMUV-Análise pode ser visualizada na Figura 5.

Ao acessar a página de análise os dados do paciente, profissional e atendimento são exibidos na parte superior. Também é exibida a informação sobre o status da análise: se a análise já foi realizada o valor da área calculada é exibido, caso contrário o texto informa “Análise pendente”. As ferramentas de desenho implementadas nesta versão foram o lápis, a reta, o retângulo e a borracha. Um botão para excluir todas as marcações, um para realizar a análise e outro para voltar à lista de atendimentos do paciente também estão presentes nesta página. O comportamento das ferramentas de desenho e ícones dos botões são os seguintes:

<sup>6</sup>Django é um *framework* para aplicações *web* gratuito e de código aberto, escrito em Python. Um *web framework* é um conjunto de componentes auxiliares no desenvolvimento de sites de forma mais rápida e fácil [21].



Figura 5: Página de análise de imagens do SAMUV.



**Lápis.** Permite ao usuário desenhar de forma livre marcando um conjunto de *pixels* na cor branca no local clicado com o botão esquerdo do *mouse*. O tamanho do local marcado foi definido no Javascript e neste caso era de três pixels.



**Reta.** Desenha uma linha a partir do ponto clicado até o ponto onde o *mouse* se encontrava ao soltar o botão. É possível ver a reta sendo desenhada, seguindo a localização do *mouse*, enquanto o botão do *mouse* está pressionado.



**Retângulo.** Funciona como a reta porém são desenhadas linhas horizontais e verticais que formam um retângulo. Também é possível visualizar o retângulo sendo desenhado enquanto o botão do *mouse* está pressionado.



**Borracha.** Remove as marcações realizadas pelas outras ferramentas. Seu funcionamento é parecido com o lápis, de forma livre.

A Figura 6 mostra uma imagem após a realização das marcações das bordas da ferida e do objeto de calibração. As marcações foram feitas na cor branca para facilitar a conversão das mesmas em imagens binárias, utilizadas posteriormente no OpenCV para a detecção de bordas de objetos.

O Algoritmo 1 exibe um pseudo-código do processo de segmentação. Quando o botão “Analisar” é clicado a página envia para o sistema de análise, através de uma requisição AJAX, as informações do atendimento e a imagem marcada, convertida em *string* (uma cadeia de caracteres), para que seja



Figura 6: Página de análise do SAMUV - Pós marcação

```

Entrada: {imagemOriginal, imagemMarcada}
converteFormatoBinario(imagemMarcada)
contornos = findContours(imagemMarcada)
fillContours(contornos)
imagemSegmentada =
bitwiseAnd(imagemOriginal, imagemMarcada)
imagemSegmentada =
converteEmCores(imagemSegmentada)
return imagemSegmentada

```

**Algoritmo 1:** Pseudo-código do processo de segmentação.

segmentada. O algoritmo de análise recebe os dados, carrega a imagem na memória do servidor e utiliza os métodos disponíveis no OpenCV para extrair da imagem original o conteúdo interno das marcações. Os métodos *findContours* e *fillContours* funcionam, respectivamente, encontrando os contornos desenhados a partir da comparação entre as cores de *pixels* próximos e preenchendo a parte interna dos mesmos com uma cor selecionada. Em seguida uma operação de subtração entre a imagem marcada e a imagem original é realizada através do método *bitwise\_and*. A imagem segmentada é enviada para a API REST onde ela é armazenada no banco de dados do SAMUV. A Figura 7 mostra, da esquerda para a direita, um exemplo de imagem original, marcação, o contorno marcado após preenchimento e a imagem segmentada final.

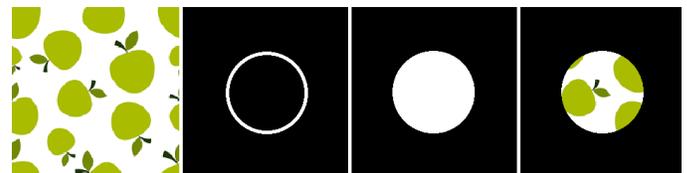


Figura 7: Passos de segmentação do algoritmo de análise.

O Algoritmo 2 exibe um pseudo-código do processo de análise. Na imagem marcada pelo profissional de saúde são executados os comandos *findContours*, citado anteriormente, em seguida os contornos encontrados são ordenados da esquerda para a direita e de cima para baixo através do método *sortContours*, assim é possível identificar o objeto de calibração que sempre deve estar à esquerda da imagem. O método *contoursArea* realiza a contagem dos *pixels* da parte interna de cada contorno identificado, então são armazenados o primeiro resultado em uma variável que representa a área do objeto

```

Entrada: {imagemMarcada}
contornos = findContours(imagemMarcada)
fillContours(contornos)
ordenados = sortContours(contornos)
para cadacontorno ∈ ordenados faça
    se contorno.indice = 0 então
        areaCalibracaoPixels =
            contoursArea(contorno)
    fim
    se contorno.indice > 0 então
        areaCalculada+ = contoursArea(contorno)
    fim
fim
areaCalculada = (areaCalibracaoPixels *
    areaCalculada)/areaObjetoConhecida
returnareaCalculada

```

**Algoritmo 2:** Pseudo-código do processo de cálculo de área.

de calibração e o restante das áreas encontradas uma outra variável, deste modo é possível realizar o cálculo das áreas somadas de mais de uma úlcera por imagem, caso necessário.

Após a realização do cálculo de área, a página atualiza a informação do status da análise com o valor de área calculado e exibe a imagem segmentada que foi utilizada neste cálculo, permitindo ao profissional de saúde saber se as marcações feitas por ele estão corretas. A Figura 8 exibe a página de análise após o recebimento e exibição dessas informações.

### C. Estudo 1

O primeiro estudo foi realizado com o objetivo de comparar os resultados de área obtidos entre 10 usuários voluntários e os valores de áreas obtidos no *software* ImageJ. Os participantes foram: cinco profissionais de saúde e cinco usuários que não tinham ligação com a área da saúde. Todos os participantes não tinham ligação com este trabalho. Os participantes do estudo leram e assinaram um termo de consentimento informando-os do projeto SAMUV e o estudo a ser realizado. Este documento pode ser encontrado no Apêndice A deste trabalho.

Neste estudo foram utilizadas 15 imagens, sendo elas: quatro figuras geométricas geradas por computador (quadrado, triângulo, círculo e trapézio) e onze imagens de fotografias tiradas durante dois atendimentos realizados no NITF. Foram utilizadas as imagens de duas feridas que foram rotacionadas em 30 e 45 graus e ampliadas com o auxílio do *software* de edição de imagens Krita [22]. As imagens foram medidas com o uso do *software* ImageJ e os resultados de área armazenados para comparação com as medições realizadas pelos participantes.

Cada participante recebeu um usuário e senha, paciente e ferida que foram cadastrados previamente no sistema. Os participantes acessaram a página *web* do SAMUV e fizeram as marcações e análises das 15 imagens cada um. O tempo utilizado por cada participante foi armazenado para posterior comparação entre os resultados obtidos e o tempo utilizado. Após o término da análise, os participantes responderam um questionário online criado através do *Google Forms* que pode ser visualizado no Apêndice A deste trabalho. Os resultados de área e tempo obtidos por cada participante foram armazenados em planilhas digitais, juntamente com os cálculos de média e desvio padrão, e podem ser observados no Apêndice B.



Figura 8: Página de análise do SAMUV - Pós análise

1) *Resultados do Estudo 1:* Em comparação com as áreas obtidas através do *software* ImageJ, a taxa de erro encontrada nas análises dos participantes foi de 0,66% (menor valor) e 8,77% (maior valor). Foi observada uma taxa de erro menor do que a descrita em outros estudos [1][23][24][25], levando em conta fatores observados durante o estudo como a falta de experiência dos participantes com o sistema, a qualidade das imagens analisadas e a dificuldade de identificar a limitação entre o tecido da úlcera e a pele saudável, até mesmo entre os profissionais de saúde.

Comparando os dados obtidos nas análises feitas pelos profissionais de saúde com os dos outros participantes do estudo, foi possível observar uma diferença média de -13,01% para mais e 6,13% para menos, em relação ao resultados obtidos pelo ImageJ. Apesar disso as áreas calculadas para uma determinada úlcera, mesmo com a rotação e ampliação da imagem, manteve-se constante. Por exemplo: área encontrada por um participante na primeira úlcera foi de 20,94 cm² e as áreas das imagens seguintes, da mesma úlcera rotacionada, foram de 20,95 cm², 20,14 cm², 20,57 cm², 20,61 cm² e 19,34

cm<sup>2</sup>. Já um segundo participante obteve resultados de área para a segunda úlcera de 16,33 cm<sup>2</sup>, 15,93 cm<sup>2</sup>, 15,64 cm<sup>2</sup>, 15,82 cm<sup>2</sup> e 14,50 cm<sup>2</sup>. Conclui-se que a rotação e ampliação das imagens não tiveram grande impacto nos resultados finais da análises.

Entre os participantes que não são da área da saúde, observa-se que houve grande diferença entre os resultados de área obtidos. Numa mesma análise um dos participantes obteve 17,85 cm<sup>2</sup> como resultado de área e outro 24,91 cm<sup>2</sup>, uma diferença total de 7,6 cm<sup>2</sup>. A média de diferença entre os maiores e menos valores obtidos por esses participantes foi de 3,35 cm<sup>2</sup>, já entre os profissionais de saúde 1,88 cm<sup>2</sup>, uma diferença, portanto, de 55%.

O tempo médio para a realização do experimento foi de 15 minutos e 43 segundos para cada participante. Para as análises individuais das imagens a média foi de 1m, 58s, 49s, 52s, 1m36s, 1m6s, 1m12s, 1m2s, 53s, 1m5s, 1m12s, 45s, 1m,20s, 58s e 54s, da imagem 1 a 15 respectivamente. Pode-se observar que o tempo médio necessário para a realização da análise de um atendimento previamente cadastrado é de apenas um minuto e três segundos. O Apêndice B contém a tabela com os resultados de tempo obtidos durante o Estudo 1.

Neste estudo participaram pessoas entre 36 e 63 anos de idade, de diversas qualificações profissionais e que relataram ter experiência com o uso do *mouse*, habilidade importante para a marcação (desenho) digital. 38,5% dos participantes consideraram que a quantidade de ferramentas de desenho poderia ser maior e sugeriram a inclusão de uma ferramenta de desenho oval, rotação de imagem, histórico para desfazer as últimas marcações e que o tamanho e cor da marcação no clique do *mouse* fosse customizável. 92,3% dos participantes consideraram o *software* de fácil uso.

No total foram realizados 358 cálculos de área entre objetos de calibração e imagens de úlceras venosas. A primeira úlcera, por ser alongada, foi marcada mais de uma vez por alguns participantes. Por este motivo a contagem final de análises foi de 358 e não 300 (15 imagens X 10 participantes X 2 marcações por imagem).

2) *Conclusões do Estudo 1:* Analisando os dados obtidos durante o estudo, é possível observar que um dos fatores determinantes para obter um valor de área constante e mais próximo dos encontrados pelo ImageJ, foi a forma como cada um dos participantes marcou o perímetro dos objetos. A instrução passada aos participantes durante o processo das marcações foi a de marcar a parte externa da úlcera, de cor avermelhada. Entretanto, muitos deles acabaram por ultrapassar este limite, quer seja por falta de habilidade com o uso do *mouse*, quer seja por desconhecer o limite correto.

As duas imagens originais das úlceras, sem as rotações, obtiveram valores de área próximos em comparação com as mesmas imagens ampliadas. Com essa informação é possível dizer que a distância entre o objeto a ser medido e a câmera não é um fator determinante para o cálculo de área do *software* (considerando-se que seja possível visualizar, identificar e marcar as bordas da úlcera com precisão) e sim a própria marcação correta dos objetos.

Acredita-se que a ferramenta desenvolvida atendeu ao requisito de usabilidade pois os participantes do estudo puderam

realizar as marcações e análises sem experimentar dificuldades. Alguns deles, porém, identificaram a necessidade da inclusão de novas ferramentas de desenho, como a ferramenta circular, e funcionalidades que podem auxiliar o processo, como o histórico e função desfazer. Também é possível observar que o tempo necessário para a realização de uma análise é extremamente baixo se comparado com a medição da planimetria manual. Isso permite uma maior agilidade no processo de acompanhamento da evolução das úlceras, melhorando a qualidade de vida do paciente e a realização das atividades feitas pelos profissionais de saúde.

#### D. SAMUV-Análise – Versão 2

A segunda versão do *software*, desenvolvido neste trabalho, teve como objetivo diminuir a interferência do profissional ao marcar o perímetro da úlcera e do objeto de calibração. Através do uso dos métodos de detecção de bordas disponíveis no OpenCV é possível remover as informações de “objetos de fundo” da imagem. A detecção de bordas analisa todos os *pixels* da imagem e os compara com seus vizinhos para encontrar variações grandes de cor e brilho, assim o algoritmo identifica que provavelmente são dois objetos distintos. Foi utilizada a mesma estrutura disponível na página de análise da primeira versão, mas desta vez mantendo apenas os botões das ferramentas retângulo e linha.

Para realizar o cálculo de área nesta versão é necessário que o usuário desenhe, sobre a imagem original, um retângulo que contenha o objeto de calibração e outro que contenha a úlcera a ser analisada. As marcações podem ser realizadas também com a ferramenta reta mas é necessário que o resultado final da marcação seja um objeto fechado de quatro lados. Ao clicar em “Analisar”, os dados da imagem e marcações são enviados para o algoritmo de análise assim como na primeira versão, porém neste caso o processo é diferente: após extrair da imagem original o conteúdo localizado dentro dos retângulos, cada objeto identificado passa pela detecção de bordas e remoção de fundo e o resultado dessa segmentação é utilizado no cálculo de área conforme a versão 1 do *SAMUV-Análise*. Os resultados de área são separados, sendo o primeiro objeto considerado como de calibração e os demais úlceras venosas.

#### E. Estudo 2

No segundo estudo foram reutilizadas as mesmas imagens do Estudo 1, porém observou-se a necessidade de editá-las devido a proximidade entre os objetos de calibração e as úlceras. As marcações e medições foram realizadas pelos pesquisadores deste trabalho, conforme pode ser observado na Figura 9. Foram feitas quatro medições em cada imagem: na primeira, a marcação foi feita sobre as imagens originais com a ferramenta reta, mantendo-se a borda dos retângulos o mais próximo possível dos objetos (1); na segunda, foi feita a marcação das bordas mais afastadas dos objetos (2); na terceira, a medição foi feita sobre as imagens editadas, utilizando-se apenas a ferramenta retângulo, com a borda próxima aos objetos (3); na quarta as medições foram feitas como na terceira, porém os retângulos desenhados afastados dos objetos (4).

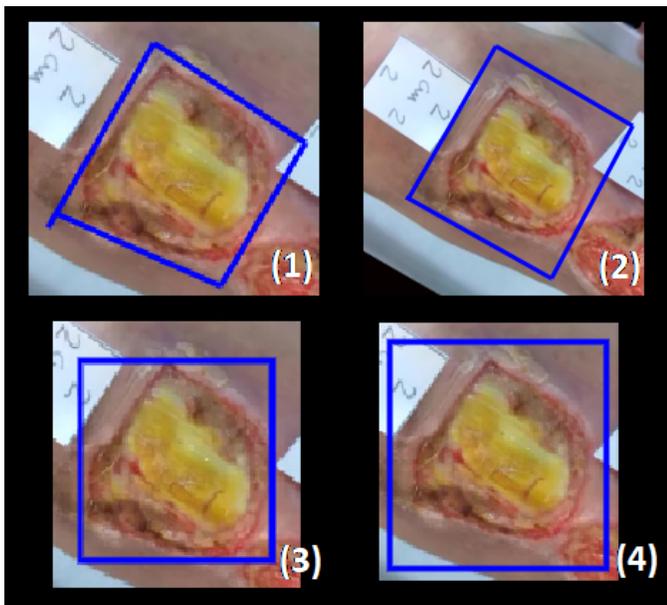


Figura 9: Diferenças de marcação de feridas com relação à proximidade do retângulo: 1 e 3 = marcações próximas à ferida; 2 e 4 = marcações distantes da ferida.

1) *Resultados do Estudo 2:* Os resultados das medições realizadas no Estudo 2 podem ser observados na Tabela I, colunas Med. 1, 2, 3 e 4, bem como a média das medições encontradas no Estudo 2 e a área calculada no ImageJ.

Ferida	ImageJ	Estudo 1	Estudo 2			
			Med. 1	Med. 2	Med. 3	Med. 4
1	16,0	16,12	16,27	16,27	16,27	16,27
2	8,04	7,94	8,23	8,23	8,23	8,23
3	12,57	12,73	13,13	13,13	13,13	13,13
4	7,93	7,88	7,97	7,97	7,97	7,97
5	20,64	19,63	22,58	26,22	17,82	32,22
6	20,35	18,57	21,53	26,2	18,67	23,84
7	20,87	19,41	23,78	12,98	21,09	29,19
8	20,32	19,88	26,38	11,28	21,14	31,05
9	20,62	20,23	24,92	14,72	19,74	36,21
10	20,80	20,21	23,48	13,73	20,25	33,5
11	16,03	16,92	15,24	15,59	15,41	20,36
12	15,55	16,52	15,67	17,36	15,66	18,33
13	15,48	16,25	17,17	7,85	15,44	22,6
14	16,0	16,30	11,56	9,47	15,71	22,25
15	15,65	16,61	17,21	10,58	14,72	23,41

Tabela I: Medições realizadas no ImageJ, Estudo 1 e 2.

Durante os processos de medição 1 e 2 observou-se que o algoritmo de detecção de bordas do OpenCV não funcionou como esperado e manteve, na maioria das medições, toda a área marcada da imagem. Nas medições 3 e 4 o algoritmo identificou as bordas dos objetos, porém em alguns casos selecionou uma área maior, o que causou aumento no valor total da área calculada. Nestes casos as marcações foram refeitas mas o resultado manteve-se foi o mesmo.

As medições realizadas sobre as imagens de figuras geométricas que foram geradas no computador obtiveram o mesmo resultado de área nos quatro tipos de marcações. O algoritmo

de detecção de bordas foi capaz de identificar as bordas dos objetos devido a falta de ruído na imagem e pela grande diferença de matiz entre os objetos, conforme pode ser visto na Figura 10.

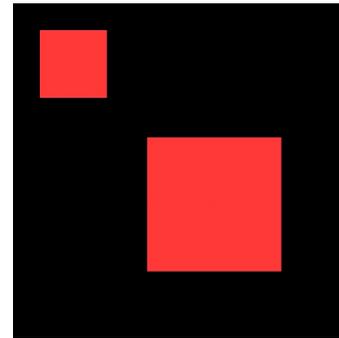


Figura 10: Figuras geométricas geradas por computador.

Excluindo-se essas medições, os resultados encontrados foram: a medição 1 obteve como menor diferença 0,12 cm<sup>2</sup> e maior 6,5 cm<sup>2</sup>; a medição 2 obteve como menor diferença 0,44 cm<sup>2</sup> e maior 9,04 cm<sup>2</sup>; a medição 3 apresentou o melhor resultado, sendo a menor diferença 0,04 cm<sup>2</sup> e a maior 2,82 cm<sup>2</sup>; a medição 4 apresentou o pior resultado sendo a menor diferença 1,81 cm<sup>2</sup> e a maior 15,97 cm<sup>2</sup>.

As Figuras 11 e 12 mostram gráficos com os dados obtidos nas medições das imagens da primeira e segunda úlceras, respectivamente, e suas rotações. Observa-se que as medições que obtiveram os melhores resultados com relação ao ImageJ, foram aquelas que utilizaram a marcação mais próxima dos objetos a serem analisados: a média do estudo 1 e a medição 3. Já as que utilizaram marcações distantes - medição 2 e 4 - apresentaram grande variações nos resultados obtidos.

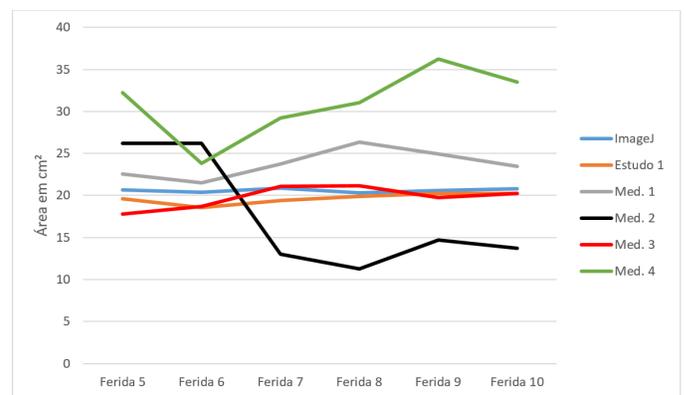


Figura 11: Medições da úlcera 1 (imagens 5 à 10)

2) *Conclusões do Estudo 2:* Foi identificado que o algoritmo de detecção de área do OpenCV não funcionou da forma esperada durante as medições 1 e 2. Observou-se que ao processar uma imagem o algoritmo carrega-a na memória na sua representação de matriz (retangular) e utiliza as informações dos pixels das bordas da imagem como base para identificar o “fundo”. Como as imagens possuíam objetos diagonais, o algoritmo preencheu os pixels indefinidos com a cor preta, fazendo com que o algoritmo não conseguisse identificar o

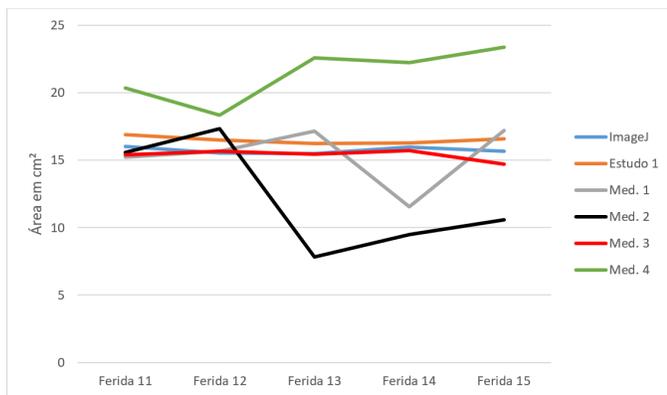


Figura 12: Medições da úlcera 2 (imagens 11 à 15)

que era a borda da imagem real (colorida) e o que foi criado para preencher o espaço vazio (preto).

As medições semi-automáticas número 3 apresentaram uma taxa de erro máxima de 2,82 cm<sup>2</sup>. Este resultado foi possível a partir da edição das imagens no sentido de separar os objetos de análise entre si mas mantendo-se as áreas ao redor dos objetos, visível na Figura 13, assim as marcações foram realizadas apenas com a ferramenta retângulo e o OpenCV identificou as informações de fundo corretamente. Além disso, esta forma de análise foi a que demandou menor tempo para ser realizada já que a marcação dos objetos foi feita com apenas um clique cada.

Durante a realização das medições foi possível identificar um padrão para a obtenção do melhor resultado na análise semi-automática: é necessário manter o objeto de calibração mais afastado da ferida para que, ao realizar as etapas de detecção de bordas, não haja fusão entre os *pixels* marcados, gerando um único objeto; na etapa de aquisição da imagem manter os objetos de estudo alinhados de forma horizontal, para facilitar a marcação e posterior detecção de contornos; ao realizar as marcações, mantê-las o mais próximo possível dos objetos a serem identificados, se necessário sobrepondo sua borda.

Apesar de observarmos uma boa detecção de bordas na medição semi-automática, muitas vezes foi necessário refazer a marcação ao redor dos objetos para que os mesmos pudessem ser identificados corretamente. Sendo assim, recomenda-se ao usuário do sistema de análise semi-automática a supervisão dos resultados de segmentação obtidos, para garantir que informações importantes não sejam excluídas da imagem e, em contraponto, informações desnecessárias sejam incluídas no cálculo de área.

## V. CONCLUSÃO

As úlceras venosas podem causar diversos tipos de problemas para quem sofre dessa enfermidade. Desde dor e desconforto físico até isolamento social e transtornos psicológicos. Existem diversos tipos de tratamento que podem ser utilizados porém o acompanhamento da evolução das úlceras é extremamente importante e pode auxiliar na tomada de decisão pelo profissional de saúde no sentido de manter-se ou não um determinado tipo de tratamento.



Figura 13: Exemplo de imagem editada para separar os objetos de análise mantendo-se as áreas próximas (acima) e o resultado da segmentação semi-automática (abaixo).

A técnica de acompanhamento mais utilizada atualmente é a planimetria. Apesar dos esforços dos profissionais de saúde, ela é custosa para o paciente, o profissional e o Estado. Sua utilização está suscetível a complicações, é lenta, imprecisa e o tempo necessário para rever o histórico de cada paciente é elevado.

Através dos estudos realizados neste trabalho foram desenvolvidos dois métodos de medição que não necessitam do contato direto com a úlcera para serem realizados. Imagens capturadas com a câmera de um *smartphone* comum foram suficientes para que fossem feitas as medições de área das úlceras com uma taxa de erro média de 3,4% (manual) e 7,08% (semi-automática) se comparada às medições realizadas no ImageJ.

A utilização do *software* desenvolvido mostrou que é possível obtermos o cálculo de área de uma úlcera através de uma imagem digital padronizada. Os resultados obtidos durante os estudos mostraram-se promissores, levando em conta que não foi necessário realizar o treinamento dos usuários, a taxa de erro baixa se comparada ao ImageJ e a velocidade na execução da análise e obtenção de dados. O *feedback* dos participantes do estudo 1 corroboram com essa percepção. Por exemplo, um dos participantes do primeiro estudo exclamou: “[O *software* é ]Imprescindível para o sucesso do tratamento, diminuindo a margem de erro da terapia aplicada e conseqüentemente diminuindo o tempo de resposta do paciente, reduzindo custos da saúde pública, reintroduzindo o paciente ao trabalho em

tempo menor”.

O processo de detecção de bordas da análise semi-automática apresentou bons resultados quando a imagem utilizada foi editada de forma a separar os objetos a serem medidos. A taxa de erro máxima obtida foi de 2,82 cm<sup>2</sup> e o tempo necessário para a realização dessas análises foi bastante curto já que eram necessários apenas dois cliques para marcação. A detecção automática das bordas dos objetos de calibração e das úlceras analisadas mostrou-se confiável quando a marcação da imagem foi realizada mais próxima da borda a ser detectada. Porém foi necessária a marcação em diversos casos até obtermos resultados satisfatórios.

Acredita-se que, apesar do fator humano, a marcação manual das bordas das feridas deve ser preferida sobre a automatizada devido à complexidade de formas, cores e estágios de evolução das úlceras venosas e que a experiência e julgamento do profissional de saúde não devem ser descartadas.

Os resultados de área obtidos e a quantidade de tempo necessária para realizar cada análise, em comparação com a técnica atualmente aplicada no NITF, mostraram-se satisfatórios e são capazes de auxiliar de forma confiável no processo de acompanhamento da evolução das úlceras venosas.

#### A. Limitações deste Trabalho

O *software* desenvolvido apresentou as seguintes limitações: a análise de área a partir de fotografias digitais só é capaz de ser realizada em úlceras planas. Nos outros casos faz-se necessária a planimetria do perímetro a ser analisado e posteriormente a utilização do *software*; não existe uma versão do sistema que seja acessível localmente, sem a necessidade de conexão com a internet; algumas ferramentas de desenho e funções disponíveis em *softwares* de desenho digital não foram desenvolvidas.

#### B. Trabalhos Futuros

Para os trabalhos futuros são recomendadas as seguintes alterações e implementações: desenvolvimento de novas ferramentas de desenho para dar aos usuários mais opções e maior agilidade na marcação das imagens; tornar o *software* acessível sem a necessidade de conexão com a internet; desenvolver uma versão móvel para que os usuários possam realizar as marcações e análises no momento do cadastramento dos atendimentos ou posteriormente sem a necessidade de um computador; implementar a divisão de tecidos baseados na cor; implementar a medição de profundidade das úlceras venosas; criar uma API RESTful para permitir a integração com outros sistemas além do SAMUV.

### VI. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força e pela coragem que me deu durante todo o percurso da graduação; a minha família pelo apoio e confiança que depositaram em mim e à minha namorada pelas palavras de incentivo e compreensão; ao meu orientador Professor Renato Novais pela oportunidade dada, confiança e paciência no decorrer da realização deste trabalho; a Índira Gomes pela parceria e auxílio nos testes realizados com o *software* e sugestões de melhorias para o mesmo; aos professores, colegas e amigos de curso que

me acompanharam até este momento e aos que participam do projeto SAMUV. A todos os participantes dos estudos realizados durante o trabalho. Muito obrigado a todos vocês.

### REFERÊNCIAS

- [1] H. A. Miot, T. J. Mendaçolli, S. V. Costa, G. R. Haddad, and L. P. F. Abbade, “Úlceras crônicas dos membros inferiores: avaliação pela fotografia digital,” *Revista da Associação Médica Brasileira*, pp. 145–148, 2009.
- [2] Z. M. Pressley, J. K. Foster, P. Kolm, L. Zhao, F. Warren, W. Weintraub, B. E. Sumpio, and S. C. Chen, “Digital image analysis: a reliable tool in the quantitative evaluation of cutaneous lesions and beyond,” *Archives of dermatology*, vol. 143, no. 10, pp. 1331–1344, 2007.
- [3] C. A. Schneider, W. S. Rasband, and K. W. Eliceiri, “Nih image to imagej: 25 years of image analysis,” *Nature methods*, vol. 9, no. 7, p. 671, 2012.
- [4] T. J. Collins, “Imagej for microscopy,” *Biotechniques*, vol. 43, no. S1, pp. S25–S30, 2007.
- [5] J. Schindelin, C. T. Rueden, M. C. Hiner, and K. W. Eliceiri, “The imagej ecosystem: An open platform for biomedical image analysis,” *Molecular reproduction and development*, vol. 82, no. 7-8, pp. 518–529, 2015.
- [6] L. d. Á. Santana, “Tratamento de úlceras venosas por ultra-som de baixa intensidade: avaliação por análise de imagem e imunohistoquímica,” Ph.D. dissertation, Universidade de São Paulo, 2006.
- [7] S. M. Soares Carvalho Sant’Ana, M. M. Bachion, Q. R. Santos, C. Assis Barros Nunes, S. Gomes Malaquias, and B. Guitton Renaud Baptista Oliveira, “Úlceras venosas: caracterização clínica e tratamento em usuários atendidos em rede ambulatorial,” *Revista Brasileira de Enfermagem*, vol. 65, no. 4, 2012.
- [8] S. de Vigilância em Saúde Departamento de Vigilância Epidemiológica, *Manual de condutas para tratamento de úlceras em hanseníase e diabetes*, 2nd ed., Ministério da Saúde, Brasília, DF, 2008.
- [9] B. G. R. B. de Oliveira, G. de Almeida Nogueira, M. R. de Carvalho, and A. M. de Abreu, “Caracterização dos pacientes com úlcera venosa acompanhados no ambulatório de reparo de feridas,” *Revista Eletrônica de Enfermagem*, vol. 14, no. 1, pp. 156–63, 2012.
- [10] S. L. Luciana Patrícia Fernandes Abbade, “Abordagem de pacientes com úlcera da perna de etiologia venosa,” *Anais Brasileiros de Dermatologia*, vol. 81, no. 6, pp. 509–522, 2006.
- [11] K. S. Augusto, “Identificação automática do grau de maturação de pelotas de minério de ferro,” Ph.D. dissertation, PUC-Rio, 2012.
- [12] O. d. F. M. Gomes, “Processamento e análise de imagens aplicados à caracterização automática de materiais,” *Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro*, 2001.
- [13] B. Duckett, *Webster’s New World College Dictionary (4th edition)*. Emerald Group Publishing Limited, 2005. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/09504120510632705>
- [14] H. Pedrini and W. Schwartz, *Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações*. THOMSON PIONEIRA, 2008. [Online]. Available: <https://books.google.com.br/books?id=13KAPgAACAAJ>
- [15] K. B. da Cruz Salmona, L. A. Santana, R. de Souza Neves, and R. da Veiga Guadagnin, “Estudo comparativo entre as técnicas manual e automática de demarcação de borda para avaliação de área de úlceras por pressão,” *Enfermagem em Foco*, vol. 7, no. 2, pp. 42–46, 2016.
- [16] M. Marengoni and S. Stringhini, “Tutorial: Introdução à visão computacional usando opencv,” *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, vol. 16, no. 1, pp. 125–160, 2009.
- [17] G. Bradski and A. Kaehler, *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. O’Reilly Media, Inc., 2008.
- [18] L. Santana, M. Frade, J. Kajiwara, and J. Alves, “Monitoramento do tratamento de úlceras de perna através do software imagej®,” *São Carlos, Brasil*, 2006.
- [19] D. Filko, R. Cupec, and E. K. Nyarko, “Detection, reconstruction and segmentation of chronic wounds using kinect v2 sensor,” *Procedia Computer Science*, vol. 90, pp. 151–156, 2016.

- [20] E. BorochoVICIUS and J. C. Barboza Tortella, "Aprendizagem baseada em problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas." *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, vol. 22, no. 83, 2014.
- [21] D. Girls. (2019) O que é django? [Online]. Available: <https://tutorial.djangogirls.org/pt/django/>
- [22] M. Ettrich. (2019) Krita | digital painting. [Online]. Available: <https://krita.org/en/>
- [23] A. Gomes Lopes, M. d. Campos Soares, L. A. Santana, R. d. Veiga Guadagnin, and R. d. Souza Neves, "Aferição não-invasiva de úlcera por pressão simulada em modelo plano," *Revista Brasileira de Enfermagem*, vol. 62, no. 2, 2009.
- [24] H. N. Mayrovitz and L. B. Soontupe, "Wound areas by computerized planimetry of digital images: accuracy and reliability," *Advances in skin & wound care*, vol. 22, no. 5, pp. 222–229, 2009.
- [25] L. C. Rogers, N. J. Bevilacqua, D. G. Armstrong, and G. Andros, "Digital planimetry results in more accurate wound measurements: a comparison to standard ruler measurements," 2010.

APÊNDICE A  
DOCUMENTOS UTILIZADOS DURANTE O PRIMEIRO ESTUDO

### Questionário SAMUV

Obrigado por participar do nosso experimento!  
Por favor, responda as questões e afirmações a seguir de acordo com sua experiência ao utilizar a ferramenta de análise de imagens do SAMUV. Caso necessário, justifique suas respostas.  
Lembre-se que dados pessoais (nome, idade, sexo, e-mail) não serão divulgados.

\*Obrigatório

1. **Usuário \***

\_\_\_\_\_

2. **Nome \***

\_\_\_\_\_

3. **Idade \***

\_\_\_\_\_

4. **Sexo \***

Marcar apenas uma oval.

- Masculino  
 Feminino

5. **E-mail \***

\_\_\_\_\_

6. **Tenho experiência com o uso do computador e mouse. \***

Marcar apenas uma oval.

- Concordo totalmente.  
 Concordo parcialmente.  
 Discordo parcialmente.  
 Discordo totalmente.

7. **Caso necessário, justifique sua resposta.**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8. **Utilizei a seguinte opção como dispositivo de apontamento: \***

Marcar apenas uma oval.

- Mouse  
 Sensor de toque do notebook (Touchpad)  
 Dedos na tela de toque do telefone celular  
 Caneta para telas de toque  
 Outro: \_\_\_\_\_

9. **Utilizei a seguinte opção como navegador de internet: \***

Marcar apenas uma oval.

- Google Chrome  
 Internet Explorer  
 Microsoft Edge  
 Mozilla Firefox  
 Safari  
 Opera  
 Outro: \_\_\_\_\_

10. **Foi fácil utilizar a ferramenta desde abrir a página inicial, login e encontrar as imagens a serem analisadas. \***

Marcar apenas uma oval.

- Concordo totalmente.  
 Concordo parcialmente.  
 Discordo parcialmente.  
 Discordo totalmente.

11. **Caso necessário, justifique sua resposta.**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

12. **As ferramentas de desenho (lápiz, reta, retângulo e borracha) foram suficientes para realizar as marcações necessárias. \***

Marcar apenas uma oval.

- Concordo totalmente.  
 Concordo parcialmente.  
 Discordo parcialmente.  
 Discordo totalmente.

13. **Caso necessário, justifique sua resposta.**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

14. **Diga-nos a sua opinião sobre a ferramenta: sugestões, críticas, elogios etc. \***

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Questionário pós-participação do primeiro estudo

## Como utilizar o sistema de análise de imagens do SAMUV

Observação: clique nas imagens para ampliá-las.

### • Passo 1:

Após entrar no sistema utilizando seu usuário e senha você será direcionado para a página da lista de pacientes cadastrados. Clique no ícone para visualizar as feridas cadastradas para o paciente selecionado.

Nome	Sexo	Data de Nascimento	Atualizar	Excluir
paciente1	Masculino	10/11/2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
paciente2	Feminino	10/11/2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
paciente3	Masculino	10/11/2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
paciente4	Feminino	10/11/2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
paciente5	Masculino	10/11/2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
paciente6	Feminino	10/11/2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
paciente7	Masculino	10/11/2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
paciente8	Feminino	10/11/2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
paciente9	Masculino	10/11/2018	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### • Passo 2:

Clique no ícone para visualizar todos os atendimentos cadastrados para a ferida selecionada.

Ferida	Visualizar
Paciente 3 Ferida 1	<input type="checkbox"/>
Paciente 3 Ferida 2	<input type="checkbox"/>
Paciente 3 Ferida 3	<input checked="" type="checkbox"/>
Paciente 3 Ferida 4	<input type="checkbox"/>
Paciente 3 Ferida 5	<input type="checkbox"/>
Paciente 3 Ferida 6	<input type="checkbox"/>
Paciente 3 Ferida 7	<input type="checkbox"/>

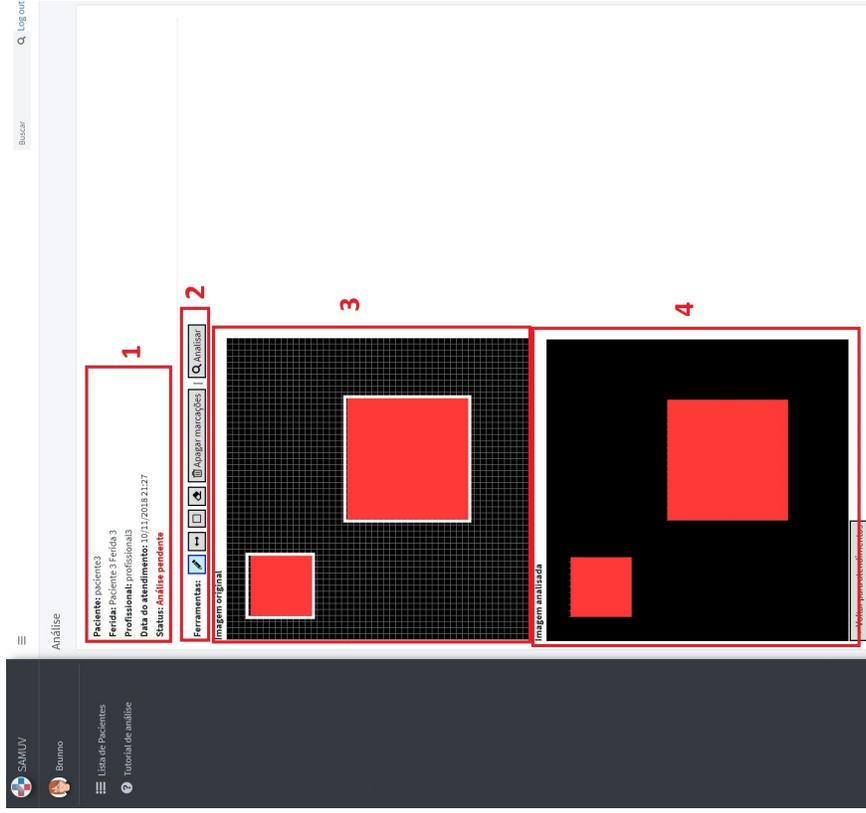
### • Passo 3:

Nesta página são listados todos os atendimentos cadastrados para uma determinada ferida. Na coluna "Resultado" é exibido o status da análise, caso haja um resultado ele será exibido em centímetros quadrados. Clique no ícone para abrir a página de análise da ferida selecionada.

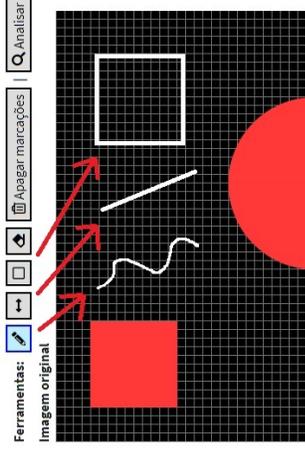
Paciente	Data do atendimento	Ferida	Resultado	Analisar
paciente3	10/11/2018 21:27	Paciente 3 Ferida 3	Análise pendente	<input checked="" type="checkbox"/>
paciente3	18/11/2018 15:14	Paciente 3 Ferida 3	Área: 16,38 cm²	<input type="checkbox"/>

### • Passo 4:

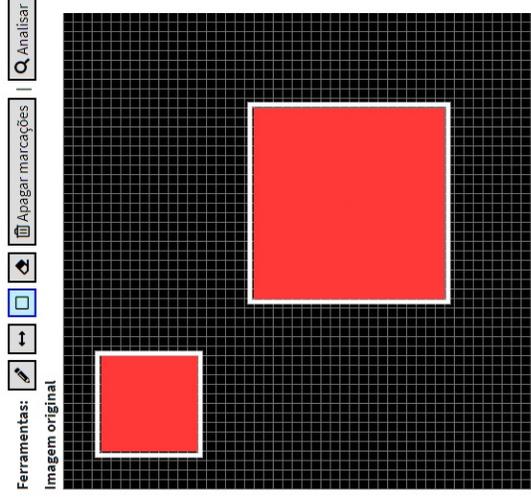
- 1 - Na parte superior são exibidos os dados do atendimento. Caso a imagem já tenha sido analisada, os resultados serão exibidos aqui também.
- 2 - São as ferramentas de desenho e de análise disponíveis. (Detalhadas abaixo)
- 3 - Onde é exibida a imagem original do atendimento.
- 4 - Após clicar no botão "Analisar" na área de ferramentas a imagem é segmentada e exibida aqui. Esta é a imagem analisada pelo SAMUV.



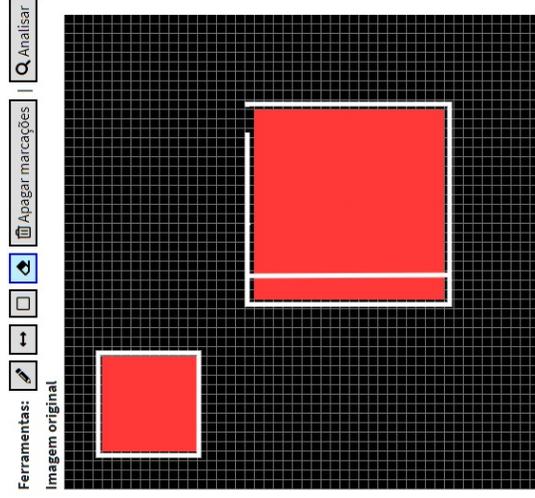
A ferramenta (lápis) desenha de forma livre ao clicar com o mouse esquerdo.  
 A ferramenta (reta) desenha uma reta ao clicar e arrastar com o mouse esquerdo.  
 A ferramenta (retângulo) desenha um retângulo ao clicar e arrastar com o mouse esquerdo.  
 A ferramenta (borracha) apaga as linhas de marcação, funciona como o lápis de forma inversa.  
 O botão " Apagar marcações " remove todas as marcações feitas.  
 O botão " Analisar " envia a imagem para análise.



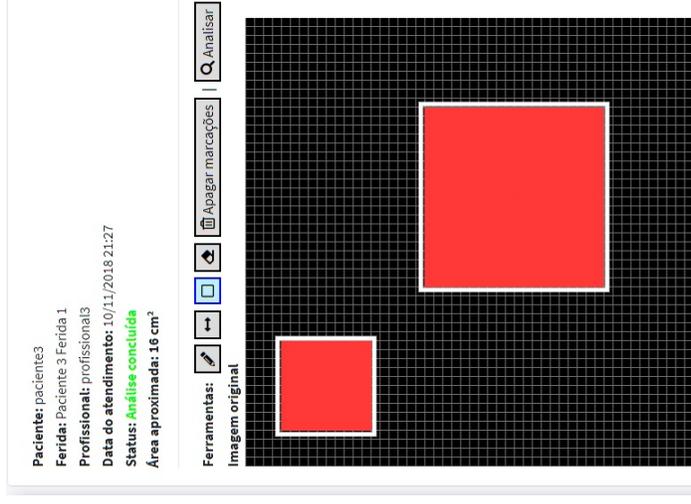
• **PASSO 5:**  
**Para que uma imagem seja analisada é obrigatório marca-la de forma que exista um objeto de tamanho 2x2cm (ou 4cm<sup>2</sup>) à esquerda e a ferida/objeto a ser medido à direita, conforme a imagem abaixo:**



**Atenção:** para que a análise seja realizada corretamente é preciso também "fechar" os objetos, ou seja, desenhá-los nas bordas externas do início até o fim. Abaixo, um exemplo de **como não fazer as marcações**:



- **Passo 6:**  
Após realizar a marcação corretamente, clique no botão "Analisar" para obter o resultado da análise. Este é resultado da análise e a imagem com as marcações corretas (em branco).



- **Passo 7:**  
FIM!

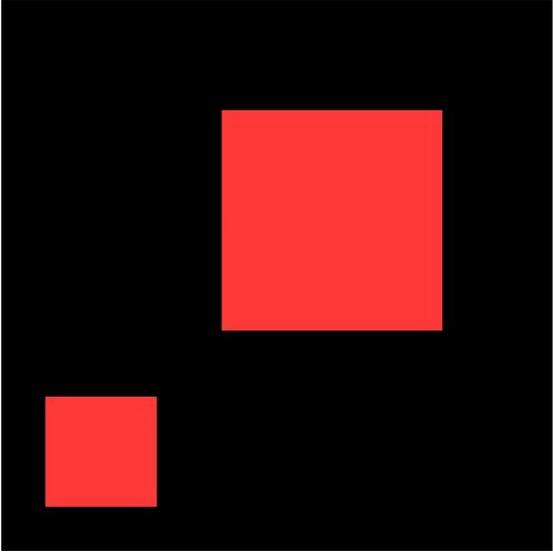


Imagem 1

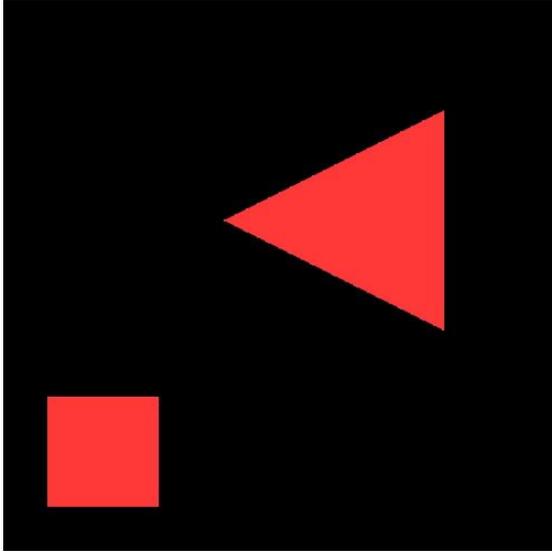


Imagem 2

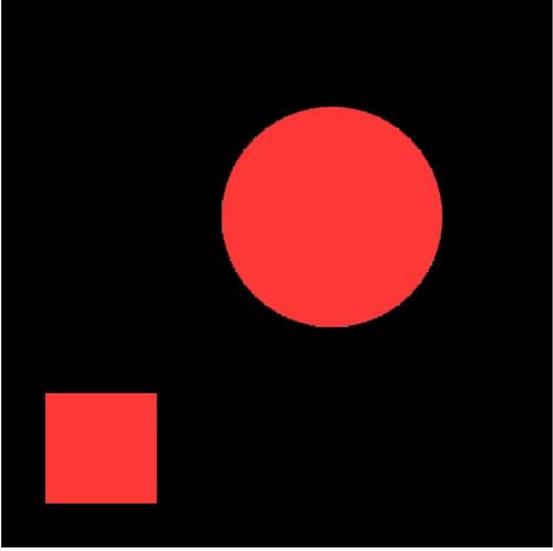


Imagem 3

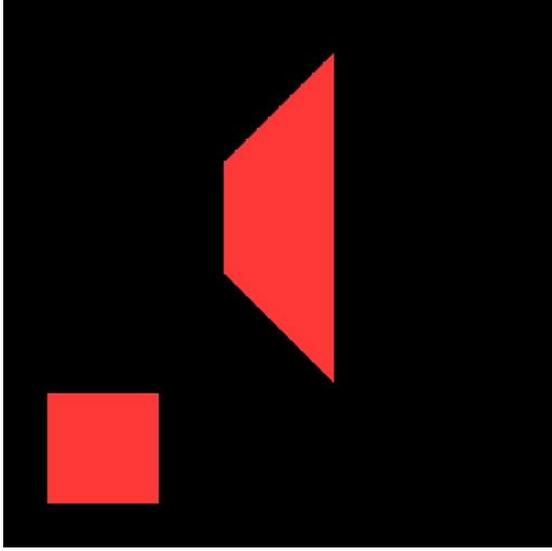


Imagem 4



Imagem 5



Imagem 6

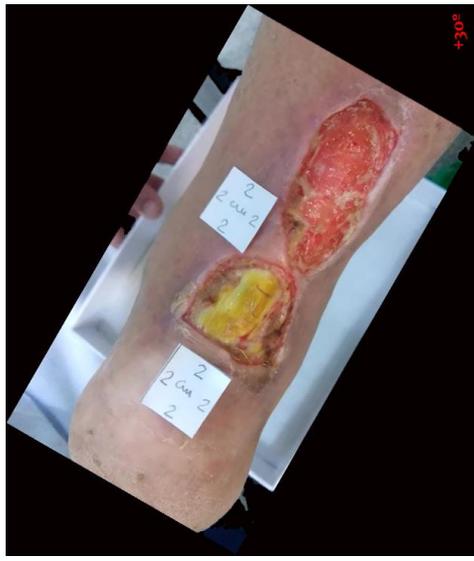


Imagem 7

Imagens utilizadas nos estudos (1 de 4)

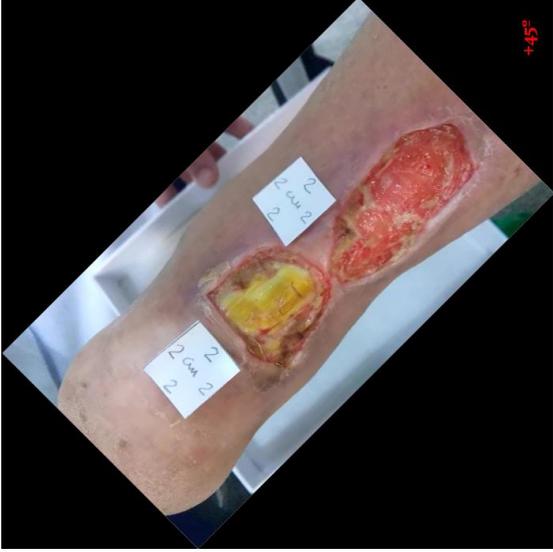


Imagem 8



Imagem 9



Imagem 10



Imagem 11



Imagem 12



Imagem 13

Imagens utilizadas nos estudos (2 de 4)



Imagem 14



Imagem 15

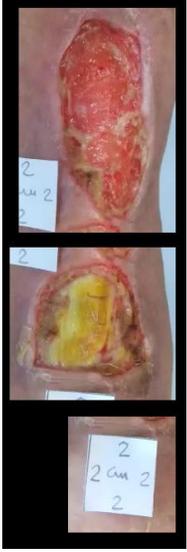


Imagem 5 (editada)

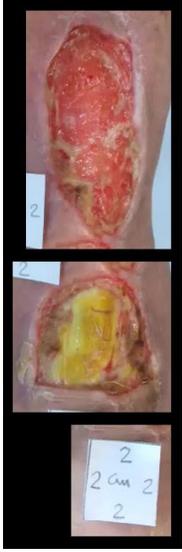


Imagem 6 (editada)



Imagem 7 (editada)



Imagem 8 (editada)



Imagem 9 (editada)



Imagem 10 (editada)



Imagem 11 (editada)



Imagem 12 (editada)



Imagem 13 (editada)

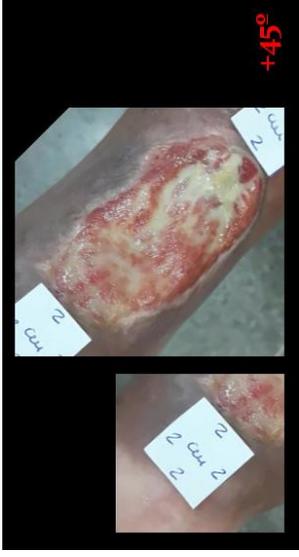


Imagem 14 (editada)



Imagem 15 (editada)

## TERMO DE CONSENTIMENTO

Este termo tem como objetivo firmar um acordo escrito onde o participante autoriza sua participação na pesquisa **Desenvolvimento de um Sistema para Auxiliar na Avaliação e Tratamento de Úlceras Venosas**, sob a responsabilidade dos pesquisadores Brunno Barbosa Mendes (IFBA)<sup>1</sup>, Indira Gomes (NITF)<sup>2</sup> e Renato Lima Novais (IFBA)<sup>1</sup>, a qual pretende **construir um instrumento de avaliação que permita assistir com precisão a evolução do tratamento das feridas em portadores de úlceras venosas**. Em caso de dúvida o participante pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/IFBA, localizado na Av. Araújo Pinho, nº 39 - Canela, Salvador-BA, CEP 40.110-150, telefone (71) 3221-0332.

Nesta pesquisa o participante irá atuar de forma voluntária, ou seja, não será remunerado, deverá utilizar o software com o qual será feita a medição do perímetro de 15 (quinze) imagens contendo úlceras venosas reais e outros objetos. Sua participação irá auxiliar na validação da medição obtida a partir de imagens digitais.

Se depois de consentir em sua participação o participante desistir de continuar, terá o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa.

Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas a identidade do participante não será divulgada, sendo guardada em sigilo.

### Consentimento Pós-Informação

Eu, \_\_\_\_\_, fui informado(a) sobre o que os pesquisadores querem fazer, porque precisam da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar da pesquisa, sabendo que não serei remunerado e que posso sair quando quiser.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador Responsável

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

<sup>2</sup> Núcleo Interdisciplinar no Tratamento de Feridas

APÊNDICE B  
RESULTADOS DE ANÁLISE OBTIDOS NO ESTUDO 1

Ferida	ImageJ	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3	Usuário 4	Usuário 5	Usuário 6	Usuário 7	Usuário 8	Usuário 9	Usuário 10	Área média	Varição média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
1	16,00	17,05	15,94	16,39	15,81	16,56	15,93	16,16	16,17	15,45	15,76	16,12	0,76%	0,43	17,05	15,45
2	8,04	8,25	7,90	8,14	8,03	7,87	7,83	7,60	7,88	8,30	7,59	7,94	-1,26%	0,23	8,30	7,59
3	12,57	12,70	12,99	13,21	12,89	12,56	12,86	12,45	12,72	12,20	12,71	12,73	1,26%	0,27	13,21	12,20
4	7,93	8,28	8,50	8,01	7,73	7,77	7,60	7,66	7,66	7,68	7,89	7,88	-0,66%	0,28	8,50	7,60
5	20,64	22,01	20,94	18,71	18,19	18,74	19,82	17,02	17,66	21,93	21,27	19,63	-4,90%	1,73	22,01	17,02
6	20,35	6,84	20,95	19,04	20,66	19,43	19,75	16,83	17,97	23,15	21,04	18,57	-8,77%	4,25	23,15	16,83
7	20,87	20,91	20,14	17,64	16,92	18,67	18,12	19,58	18,79	22,15	21,18	19,41	-7,00%	1,59	22,15	16,92
8	20,32	19,26	20,57	20,49	18,07	18,44	20,63	17,82	20,04	22,73	20,72	19,88	-2,18%	1,42	22,73	17,82
9	20,62	19,56	20,61	18,32	20,26	19,07	19,21	20,44	19,45	20,52	24,90	20,23	-1,87%	1,71	24,90	18,32
10	20,80	18,70	19,34	20,44	18,33	18,28	17,85	22,27	19,30	24,91	22,66	20,21	-2,85%	2,22	24,91	17,85
11	16,03	16,33	17,78	15,83	17,65	17,54	18,11	14,91	16,05	17,71	17,26	16,92	5,53%	1,01	18,11	14,91
12	15,55	15,93	16,85	16,57	15,62	16,83	18,05	15,70	16,04	17,93	15,65	16,52	6,22%	0,86	18,05	15,62
13	15,48	15,64	16,84	13,52	16,85	16,44	16,50	15,50	16,39	18,14	16,72	16,25	5,00%	1,14	18,14	13,52
14	16,00	15,82	16,40	16,13	16,79	16,11	15,84	14,05	15,56	19,06	17,20	16,30	1,85%	1,22	19,06	14,05
15	15,65	14,50	16,54	16,09	17,43	16,11	16,60	16,26	16,96	18,13	17,43	16,61	6,10%	0,94	18,13	16,09

Ferida / Participante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
1	00:49	00:57	02:17	02:52	00:49	00:20	00:57	00:14	00:33	00:12	01:00
2	00:35	02:37	01:14	00:49	01:00	00:31	00:43	00:26	01:21	00:22	00:58
3	00:36	01:03	00:51	00:42	01:34	00:51	00:49	00:27	00:42	00:37	00:49
4	00:42	01:00	02:02	00:52	00:59	00:56	00:38	00:23	00:44	00:27	00:52
5	01:38	01:35	02:43	01:15	01:19	03:33	01:37	00:45	00:51	00:41	01:36
6	01:20	01:12	01:01	01:10	01:02	01:03	01:03	01:11	01:26	00:34	01:06
7	02:01	01:13	02:06	00:53	01:05	00:53	00:55	00:53	01:07	00:50	01:12
8	00:54	01:52	01:02	01:24	01:09	00:50	00:46	00:54	00:48	00:38	01:02
9	00:50	00:59	00:49	01:01	01:28	00:41	01:04	00:43	00:42	00:37	00:53
10	00:46	01:47	00:51	01:03	01:31	01:06	00:41	00:51	01:38	00:34	01:05
11	01:00	00:54	01:00	00:54	04:07	01:04	00:46	00:44	00:53	00:41	01:12
12	00:50	00:51	00:41	00:50	00:55	00:34	00:35	00:54	00:25	00:45	00:45
13	00:44	01:04	00:37	00:47	05:11	02:07	00:33	00:29	01:19	00:29	01:20
14	00:37	00:47	00:49	00:47	03:30	01:06	00:29	00:31	00:42	00:25	00:58
15	00:59	00:46	00:36	02:00	01:09	00:52	00:45	00:31	00:55	00:30	00:54
Tempo total	14:21	18:37	18:39	17:19	26:48	16:47	12:20	09:37	14:35	08:02	15:43