



Microscopyscanner: um kit desenvolvido com arduino, impressão 3d e processamento digital de imagens para escanear e construir um panorama de imagem de microscopia

Renato Donizete Peralta¹
Oseias Ayres Ferreira²
Robson da Silva Lopes³

Resumo:

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um kit chamado “*MicroscopyScanner*” para capturar imagens geradas por microscópio óptico, varrendo a lâmina por meio de um equipamento desenvolvido com tecnologia Arduino e impressão 3D, e processando digitalmente as imagens para gerar uma única imagem. O sistema é composto por dois *softwares*, sendo um aplicativo móvel para plataforma Android desenvolvido com o framework *Lazarus Android Mobile Wizard*, responsável por capturar as imagens na ocular do microscópio e controlar de forma semiautomática, ou automática, a mesa do microscópio e um *software*, para computador, que realiza a construção panorâmica de imagens, a partir de amostra de lâminas, que utiliza métodos de processamento digital de imagens da biblioteca OpenCV. Com o sistema desenvolvido, o usuário pode observar a amostra da tela do celular, comandar a movimentação da lâmina nos sentidos X e Y, capturar imagens percorrendo uma área especificada e construir a imagem panorâmica da amostra. O manuseio do microscópio com o auxílio desse sistema, torna-se uma tarefa menos cansativa, em que, ao invés de analisar a amostra através da ocular do microscópio e realizando a movimentação manual da lâmina, pode-se registrar e construir um panorama, de forma automática, da região de interesse, o que permite a posterior observação da amostra em mídia digital em uma tela de computador, ou também utilizá-la em algum software de auxílio a diagnóstico através de imagens.

Palavras-chave:

Arduino. Impressão 3D. Microscópio óptico. OpenCV. Processamento digital de imagens.

Microscopyscanner: a kit developed with arduino, 3D printing and digital image processing to scan and build a panorama of microscopy image

Abstract:

This paper proposes the development of a kit called "MicroscopyScanner" to capture images generated by a microscope, sweeping the slide through an equipment developed with Arduino

¹ Graduado em Ciência da Computação na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). renatoperauta@gmail.com

² Discente em Ciência da Computação na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). oseias_ayres@hotmail.com

³ Doutor em Bioinformática. Docente da Universidade Federal de Mato Grosso. robsonsilvalopes@hotmail.com



technology and 3D printing, and digitally processing the images to generate a single image. The system consists of two softwares, a mobile application for Android platform developed with the framework Lazarus Android Mobile Wizard, responsible for capturing the images in the eyepiece of the microscope and to control in a semi-automatic, or automatic, way the microscope table and a computer software, that realizes the construction of panoramic images, from sample of slides, that uses methods of digital processing of images of the library OpenCV. With the system developed, the user can observe the sample of the screen of the cell phone, command the movement of the blade in the X and Y directions, capture images traversing a specified area and construct the panoramic image of the sample. The Handling the microscope with the help of this system becomes a less tedious task, in which, instead of analyzing the sample through the eyepiece of the microscope and performing the manual movement of the slide, a panorama can be recorded and constructed, automatically, of the region of interest, which allows the subsequent observation of the sample on digital media on a computer screen, or also use it in some software for diagnostic aid through images.

Key-words:

Arduino. 3D printing. Optical microscope. OpenCV. Digital image processing.

Introdução

O microscópio óptico é um equipamento laboratorial muito importante na ciência, sendo muito utilizado em laboratórios, uma vez que possibilita ao utilizador observar amostras não visíveis a olho nu (PRATAVIEIRA, 2014). No entanto, os procedimentos de análises utilizando esse equipamento demandam de horas consecutivas que podem expor os profissionais da área ao desenvolvimento de doenças crônicas, lesões musculoesqueléticas e problemas de visão (AGRAWAL et al., 2017, Gupta et al. 2015).

A dificuldade de acomodação, os movimentos oculares repetitivos durante o processo de triagem das lâminas e a centralização do olho podem ocasionar desconforto, cansaço visual e fadiga ocular (JAIN; SHETTY, 2014). Um exemplo é a síndrome de dor crônica, dores surgem no pescoço, ombros e nas costas, sendo que podem levar à graves danos permanentes.

Esses problemas podem ser minimizados com o uso de um scanner de lâminas, permitindo aos usuários de microscópios ópticos o uso automático desse equipamento. Assim os riscos de desenvolvimento de problemas de saúdes ocasionados pelo seu uso prolongado e incorreto são reduzidos. Além disso, de acordo com Bandeira (2005), salvar amostras de lâminas



de esfregaço sanguíneo em mídia digital é uma alternativa muito importante, uma vez que esse tipo de material pode se deteriorar com o passar do tempo.

Para facilitar a captura e análise de imagens de microscopia, diversas empresas especialistas do ramo da microscopia desenvolveram e vendem *scanner* de lâminas, equipamentos esses que são capazes de registrar a amostra em mídia digital, porém possuem alto custo de aquisição. Alguns laboratórios de pesquisas de instituições de ensino possuem esse tipo de equipamento, no entanto, é necessário agendar horário e em alguns casos, pagar pela sua utilização.

Dado o alto custo para a aquisição e manutenção de um scanner de lâmina profissional, têm sido desenvolvidas pesquisas que buscam reduzir o preço de equipamentos que realizam a tarefa de escanear lâminas. Ma et al. (2007) propõe o uso do Autostitch⁴ para construção panorâmica de imagens de microscópios e Semenishchev et al. (2017) também apresenta um trabalho que visa ajudar os utilizadores de microscópios. Esses dois trabalhos propõem sistemas automáticos para coleta das imagens, construção panorâmica da amostra, e apenas o segundo possui sistema de movimentação, (MA et al., 2007) utiliza um microscópio equipado com sistema de movimentação motorizada. No entanto, os dois dependem de um microscópio equipado com câmera, que também é equipamento que possui valor elevado. Outro trabalho que visa auxiliar os utilizadores de microscópio óptico em suas rotinas é o proposto por Oliveira et al. (2017), que apresenta um sistema baseado em dispositivos móveis da plataforma Android, capaz de identificar o parasito da malária a partir de imagens salvas ou capturadas pelo próprio dispositivo.

Com uma função diferente, mas ainda com o objetivo de auxiliar os utilizadores de microscópios, Soares et al. (2013) propõe um sistema totalmente automático para contabilizar os glóbulos brancos⁵ de um esfregaço sanguíneo⁶. A estrutura do sistema é composta de três subsistemas: de captura de imagens, de movimentação da lâmina no microscópio e por último, de

⁴ Software não-livre de construção de imagens panorâmicas, desenvolvido por Matthew Brown e David G. Lowe, da University of British Columbia.

⁵ Células de defesa produzidas pelo organismo para proteger o corpo humano de elementos estranhos, como bactérias ou vírus, que possam representar alguma ameaça.

⁶ Técnica que possibilita a separação das células da amostra sobre uma lâmina de microscopia.



processamento das imagens. O subsistema de movimentação (ou tração, como dito pelo autor) é responsável por realizar os movimentos, de forma automática, nas direções X e Y da lâmina, para coletar as imagens. O autor utiliza um dispositivo webcam para compor o primeiro subsistema, correspondente à coleta das imagens.

Uma limitação do trabalho de Soares et al. (2013) é que ele depende da utilização de uma *webcam* como ferramenta para capturar as imagens, apesar desse equipamento poder ser utilizado para outras finalidades, ainda assim torna-se razoavelmente caro adquiri-lo para tal finalidade, uma vez que *webcam* de boa qualidade possui valor de aquisição elevado. Uma alternativa para isso, é utilizar celulares para a coleta de imagens, uma vez que esses dispositivos móveis possuem boa qualidade de *hardware* da câmera e esse recurso é acessível a qualquer pessoa que possua o aparelho.

Oliveira et al. (2017) apresenta um sistema automático baseado em dispositivos móveis para detecção da malária, sendo que seu algoritmo é capaz de detectar o parasito *Plasmodium falciparum*. Sua aplicação é destinada à plataforma Android e o seu objetivo foi de prover o diagnóstico rápido e preciso.

Dado as dificuldades de acesso a equipamentos laboratoriais capazes de construir uma imagem digital de lâminas de microscopia e as limitações contidas nos trabalhos relacionados, o presente trabalho tem como objetivo a criação de um sistema para utilização semiautomática ou totalmente automática de um microscópio óptico. Este é dividido em três subsistemas, o primeiro corresponde a um aplicativo móvel para plataforma Android que possui a função de capturar imagens gerada pela ocular do microscópio, sendo também capaz de controlar o segundo subsistema, que por sua vez é responsável pela movimentação automática da lâmina com uso de motores de passo controlados por plataforma de automação Arduino. Por último, o subsistema de construção panorâmica das imagens coletadas pelo aplicativo móvel.

1 Método e metodologia

O sistema de escaneamento de lâminas (MicroscopyScanner) proposto neste trabalho é composto por três subsistemas, apresentados na Figura 1, sendo eles: o primeiro subsistema corresponde à aplicação móvel, seção 1.1, recebe o nome de *Microscopy Scanner Mobile* (MSM), o segundo é o subsistema de processamento de imagens, seção 1.2, *Microscopy Scanner Stitcher* (MSS) responsável pela reconstrução panorâmica da lâmina, e por último é apresentado o subsistema de movimentação X e Y do microscópio, seção 1.3, chamado de *Microscopy Mover* (MM).

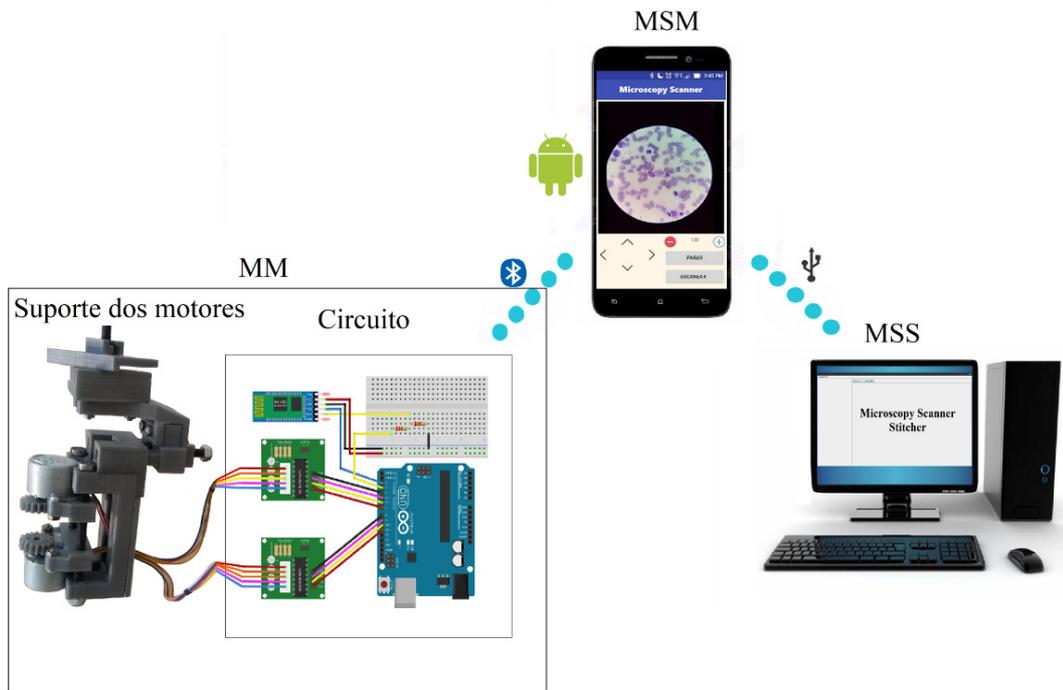


Figura 1. Módulos que compõem o sistema MicroscopyScanner e comunicação entre eles

1.1 Aplicativo móvel - *Microscopy Scanner Mobile* (MSM)

O sistema operacional (SO) Android, é o mais utilizado no mundo, atualmente corresponde à 84,8% dos usuários, totalizando 1,455 bilhões de dispositivos executando esse SO (“IDC”, [s.d.]). Segundo, ainda, dados do StatCounter, quando observado todos os SO’s, em setembro de 2018 o SO Android aparece como o mais utilizado no mundo, totalizando 40,74% de todos os equipamentos computacionais (“Operating”, 2018).



Dado o grande número de usuários de dispositivos móveis com sistema Android, o presente trabalho desenvolveu uma aplicação móvel para plataforma Android, responsável pela manipulação semiautomática e totalmente automática do microscópio em procedimentos de análises de lâminas.

Na Figura 2, é apresentado o diagrama de atividades referente ao funcionamento do MSM, e na seqüência são descritas as atividades realizadas pelo usuário e pela própria aplicação.

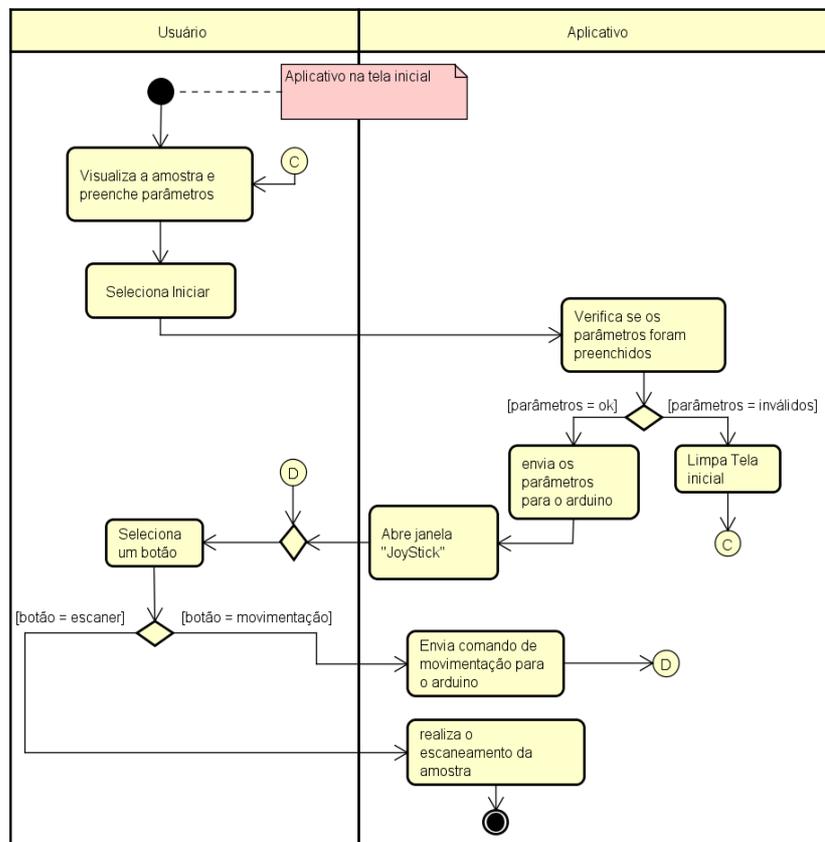


Figura 2. Diagrama de atividades do MSM

Como apresentado no diagrama da Figura 2, ao iniciar o aplicativo MSM, é disponibilizada ao usuário a tela inicial, apresentada na Figura 3(a). Ela dispõe de um componente visual responsável por apresentar a imagem gerada pela câmera do dispositivo. Esse recurso permite ao usuário visualizar a amostra para ajustar manualmente o foco do microscópio e também definir a ampliação correta para utilização do módulo de movimentação MM (seção 1.3). Nesta etapa da aplicação, todos os movimentos realizados no microscópio são manuais. Os



campos “linhas” e “colunas” são utilizados durante o procedimento de coleta das imagens, em que especificam o tamanho da região a ser varrida (dado em número de imagens).

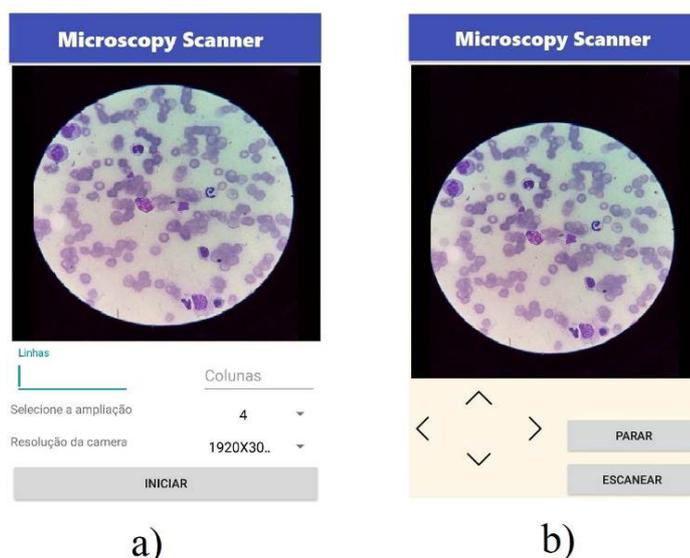


Figura 3. a) Tela inicial do aplicativo; b) Tela de movimentação

O sistema pode ser utilizado de duas maneiras diferentes, na primeira, o usuário pode movimentar a lâmina de forma semiautomática, por meio da tela de movimentação (Figura 3(b)), selecionando a direção e interrompendo esse movimento pelo próprio aplicativo, e sem registrar as imagens. No diagrama da Figura 2, a funcionalidade corresponde à atividade “Seleciona um botão”. Na segunda maneira, com o foco posicionado no ponto inicial desejado, o MSM realiza a varredura automática da amostra, obedecendo os parâmetros “linhas” e “colunas” informados, coletando as imagens durante o percurso. Para realizar a segunda opção, é necessário selecionar o botão “escanear”.

A coleta das imagens é semelhante ao preenchimento de uma matriz, em que cada imagem é um elemento que a compõe. O aplicativo obedece os parâmetros “linhas” e “colunas” preenchidos na tela inicial, Figura 3(a), que correspondem às dimensões da matriz.

O propósito do aplicativo é controlar o subsistema de movimentação MM e prover ao usuário uma aplicação capaz de controlar o microscópio óptico de forma semiautomática e/ou automática. A aplicação foi desenvolvida com o *framework* LAMW (PESSOA, 2018) devido a facilidade de criação de aplicações e recursos providos por essa ferramenta.



1.2 Módulo de construção de imagens panorâmicas – *Microscopy Scanner Stitcher* (MSS)

Este módulo é responsável pelo processamento digital das imagens com métodos da biblioteca OpenCV. É dividido em duas etapas, sendo a primeira correspondente ao pré-processamento da base de dados, e a segunda, à construção panorâmica da amostra.

Neste protótipo, o *smartphone* é fixado na ocular do microscópio, por meio de um suporte, Figura 4. No entanto, este item foi adquirido pela internet. Este suporte permite que a câmera do celular fique alinhada à ocular do microscópio proporcionando a captura das imagens.



Figura 4. Suporte adaptador de celular para telescópio, binóculo e microscópios. a) Suporte adaptador e b) Suporte adaptador com celular e fixado em um microscópio

A imagem gerada pela ocular do microscópio possui forma arredondada com bordas de cor preta, como ilustrado no item (a) da Figura 5. O item (b), da mesma imagem, ilustra como seria o posicionamento do foco sobre a lâmina.

A Figura 5(c) ilustra como é realizado o processo de coleta de imagens sem gerar sobreposição entre elas, os círculos pretos 1, 2 e 3 ilustram a posição do foco sobre a lâmina, a execução da coleta dessa maneira é desejada quando existe a necessidade de registrar dados sem duplicação de informações, como exemplo, um determinado objeto não pode aparecer em mais de uma imagem, então o foco do microscópio deve ser posicionado lado a lado de maneira que os focos adjacentes possuam apenas um ponto de intersecção. Porém, realizar a coleta dessa maneira, acarreta perda de informação, como ilustrado na Figura 5(d), em que a área preta não é registrada durante o procedimento de varredura.



O item (e) da Figura 5 apresenta uma estratégia de varrer a lâmina maximizando a área registrada, esse processo é executado da mesma maneira que no item (c), porém o deslocamento do foco entre cada captura é menor, assim é possível maximizar o registro da área varrida, os círculos em amarelo I e II representam as imagens extras (em relação item c) coletadas. Essa estratégia permite registrar partes da lâmina que a anterior ignora, porém, isso acarreta em duplicação de informações, uma vez que é necessário sobrepor o foco para registrar as imagens, como demonstrado, onde a imagem I sobrepõe parte das imagens 1 e 2, e a II sobrepõe de 2 e 3.

Pode-se observar que a estratégia utilizada no procedimento apresentado na Figura 5(e) consegue registrar áreas da lâmina que a estratégia da Figura 5(d), não é capaz de registrar.

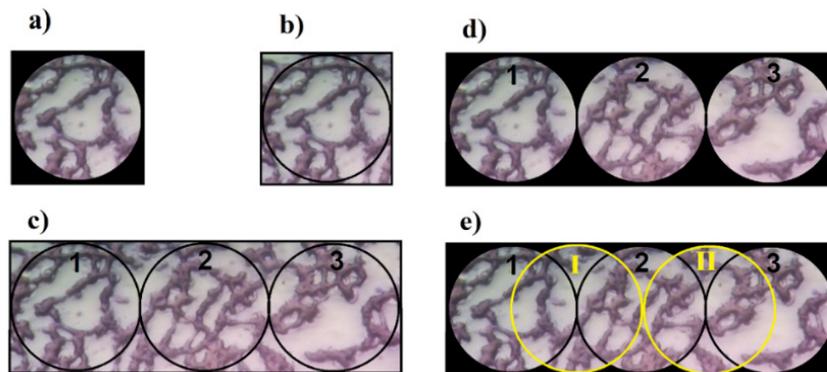


Figura 5. (a) Imagem vista no ocular do microscópio. (b) Ilustração do foco sobre a lâmina. (c) Varredura da lâmina sem sobreposição de área. (d) Varredura da lâmina com sobreposição

Na criação de uma imagem panorâmica é necessário que exista sobreposição entre cada par de imagens a ser costurada, para identificar pontos em comum entre elas, como pode-se observar na Figura 5(e), as imagens extras I e II possuem sobreposição com suas adjacentes (1, 2 e 3), com isso é possível construir uma imagem panorâmica a partir desse conjunto de imagens.

Dado o problema de sobreposição, foi desenvolvido o módulo de processamento de imagens para compor o sistema. Neste módulo é executado o procedimento de construção panorâmica das imagens coletadas pelo aplicativo MSM, com a finalidade de eliminar a duplicação de informações contidas na base. O *software* desenvolvido neste trabalho utiliza a classe *stitching_detailed* para realizar a tarefa de construção panorâmica.



Neste módulo também são executados os métodos de pré-processamento da base de dados gerada pelo MSM. As imagens são recortadas para remover as regiões que não possuem informações relevantes para a costura final, são áreas das imagens que possuem apenas cor preta e que geram falhas na imagem resultante da construção panorâmica. No presente trabalho, esse procedimento é chamado de seleção da região de interesse.

As etapas realizadas para obtenção da região de interesse são apresentadas na Figura 6. O item (a) apresenta a imagem coletada na ocular do microscópio, pode-se observar que exceto a área correspondente ao foco, o restante da imagem não possui informação relevante para o procedimento de construção panorâmica da amostra, então é necessário localizar a região relevante.

É utilizado o método `cv2.findContours()` para localizar todos os objetos presentes na imagem, e selecionado o maior entre eles, correspondente à região do foco do microscópio, assim é obtida a imagem apresentada na Figura 6(b), onde a área dentro do retângulo amarelo é a região de interesse, referenciada neste trabalho como área total do foco do microscópio.

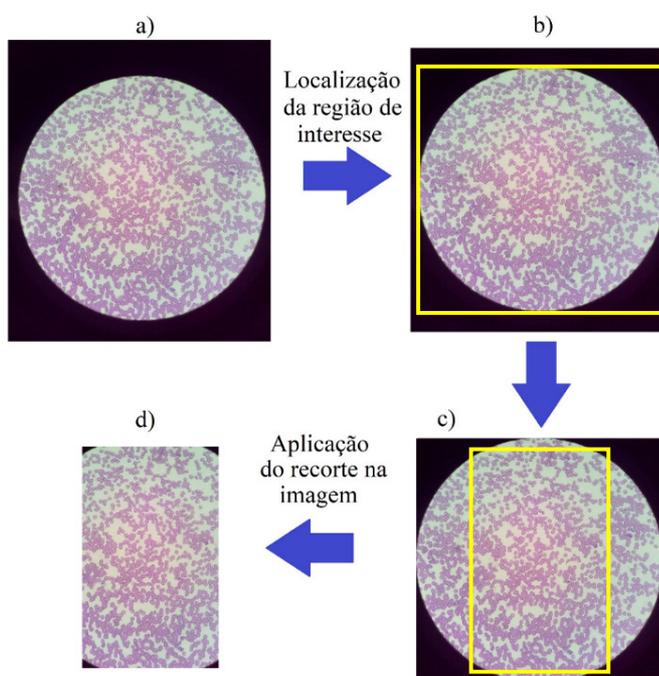


Figura 6. (a) imagem original, (b) região de interesse na imagem, (c) área selecionada para aplicar o recorte, (d) resultado da aplicação do recorte



Apesar de reduzir consideravelmente as regiões irrelevantes para a construção panorâmica, ainda prevalecem partes na imagem que geram imperfeições no resultado final. Assim, é necessário aplicar o recorte das imagens que compõem a base de dados, o item (c) da Figura 6 apresenta a imagem resultante do procedimento de localização da região de interesse, o retângulo amarelo, neste item, demonstra a fatia da imagem que será recortada e o item (d) apresenta a saída da etapa do pré-processamento.

O tamanho da fatia a ser recortada apresenta-se como um parâmetro relevante para o correto funcionamento do subsistema de construção panorâmica. A Figura 7 apresenta dois segmentos de construções panorâmicas, em que são utilizados diferentes tamanhos de fatias, onde item (a) apresenta a resultado obtido com as imagens da base recortados com 90% da altura e 65% da largura, total do foco. Pode-se observar uma falha na construção da imagem panorâmica com esses parâmetros, onde o círculo preto marca uma área que possui um buraco, ocasionado pelo recorte mal aplicado na base de dados, em que prevalecem regiões não pertencentes ao foco do microscópio.

Com base em análises das imagens geradas por construções panorâmicas, constatou-se que toda a região de cor preta que não pertence ao foco do microscópio deve ser removida, os parâmetros obtidos que obedecem esse requisito são 85% da altura e 50% da largura total do foco do microscópio.

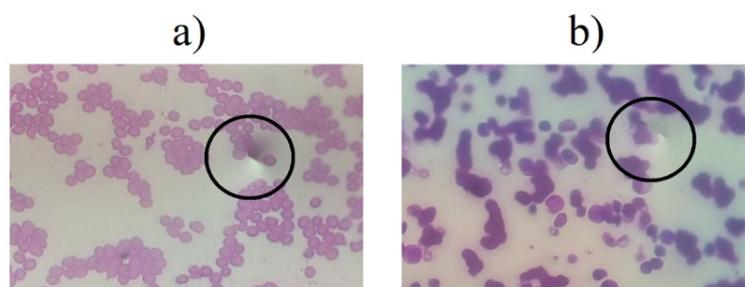


Figura 7. Segmentos de dois resultados que apresentam falhas, obtidos com configurações de recorte diferentes

O *software* proposto para realizar essa tarefa, foi desenvolvido em linguagem Java. O seu objetivo é facilitar o uso da classe *stitcher_detailed* para profissionais que não sejam da área de ciência da computação.



1.3 Módulo de automação do microscópio – *Microscopy Mover* (MM)

1.3.1 Equipamentos utilizados no circuito

Para a criação do protótipo, foram utilizados uma plataforma de automação **Arduino Uno**, essa escolha deu-se pelas características de seu *hardware*, em que esse modelo atende às necessidades de quantidade de pinos e capacidade de processamento requeridos para executar as tarefas necessárias. Dois **motores de passo 5V 28BYJ-48**, um para realizar a movimentação na direção do eixo X da amostra e o outro para a direção do eixo Y e uma **shield bluetooth HC-05** para comunicação externa.

A placa Arduino utilizada é responsável pelo controle e acionamento dos motores de passo e utiliza o *shield bluetooth* para realizar a comunicação com o aplicativo MSM, em que o protótipo recebe comandos para movimentar a lâmina e envia a confirmação de conclusão do movimento por este canal.

Os parâmetros velocidade e deslocamento dos motores para execução do subsistema MM foram obtidos a partir de testes empíricos, em que diferentes configurações foram utilizadas, de modo a se obter os valores ideais desses parâmetros, para minimizar o número de imagens coletadas para cobrir uma determinada região da amostra.

Os valores dos parâmetros de velocidade e deslocamento, definidos neste trabalho, contemplam a ampliação 40X também. Foram obtidos por meio de testes empíricos, em que foram analisadas diversas configurações dos parâmetros a fim de se obter aquela capaz de registrar região desejadas com o menor número de imagens possível sem gerar imperfeições no resultado final.

Cada configuração possui quatro parâmetros, sendo eles: velocidade de movimentação para o *JoyStick*, velocidade de movimentação para a coleta das imagens, deslocamento entre capturas no sentido X, e por último, deslocamento entre capturas no sentido Y. Os valores dos parâmetros definidos, para a ampliação de 40X da lente objetiva do microscópio, foram de 40 e 200 para as velocidades do *JoyStick* e captura das imagens, respectivamente, e de 35 e 45 passos para o deslocamento entre as capturas, nos sentidos X e Y respectivamente. A velocidade de movimentação é a mesma para as direções X e Y.



1.3.2 Suporte dos motores

A estrutura do suporte dos motores, Figura 8 , proposta neste trabalho foi baseada em (“AutoScope”, [s.d.]) e as engrenagens baseadas nos modelos disponíveis em (“Otvinta”, [s.d.]). Otvinta provê diversas modelagens 3D de engrenagens, além de ferramentas que possibilitam ao usuário gerar funções matemáticas para criar engrenagens com distintas configurações, como quantidade de dentes, diferentes raios, entre outras configurações.

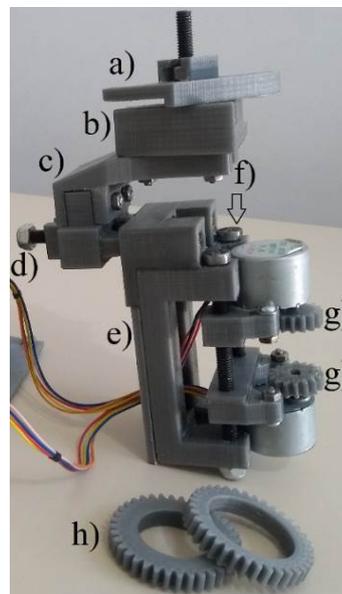


Figura 8. Componentes do suporte

Os componentes que compõem o suporte foram projetados para serem utilizados no microscópio óptico modelo Nikon Eclipse E200, portanto, os fixadores superior e inferior (itens (a) e (b), respectivamente, da Figura 8, foram projetados para acoplarem na platina desse modelo em específico. Para utilizá-lo em outro modelo, basta projetar os adaptadores (a) e (b), e as engrenagens (h) que são fixadas no charriot, as demais peças do protótipo podem ser reutilizadas. O item (c) é utilizado para conectar o corpo do suporte ao fixador inferior (b) da platina.

O parafuso de rosca (item f) permite elevar ou abaixar os motores individualmente, desta forma é possível regular as posições dos motores para o seu correto funcionamento, tornando o MM flexível. Essa característica faz com que esse módulo de automação possa ser utilizado em outros modelos de microscópio.



Outra regulagem permitida neste suporte, é a distância entre as engrenagens fixadas nos eixos dos motores (itens g) e as engrenagens acopladas no charriot do microscópio, essa regulagem é provida pelo uso de um parafuso de rosca (item d) que permite aproximar ou afastar o corpo do suporte (item e), contendo os motores, em direção às engrenagens fixadas no charriot do microscópio.

Devido possuir a estrutura modular, em que as peças (a), (b) e (h), responsáveis pela acoplagem no microscópio, podem ser trocadas facilmente, esse protótipo torna-se uma ferramenta que pode ser utilizada em vários outros modelos de microscópio.

A Figura 9 apresenta o acoplamento do subsistema de movimentação MM na platina do microscópio e a engrenagens fixadas no charriot.



Figura 9. Suporte dos motores do MM acoplado ao microscópio

1.4 Funcionamento e uso do sistema

O *smartphone* é acoplado no microscópio por meio de um suporte que permite alinhar a câmera do dispositivo móvel com a imagem gerada na ocular do microscópio, a Figura 10 apresenta como o *smartphone* é fixado na ocular. Nela também é demonstrado o acoplamento do sistema de automação MM, em que o suporte dos motores é fixado na platina do microscópio e as engrenagens no charriot.



Figura 10. Acoplamento do celular e do MM ao microscópio.

O funcionamento do sistema ainda não é completamente automático, fica a cargo do usuário recolher as imagens no diretório criado pela a aplicação no dispositivo móvel e enviá-las via cabo USB para o computador, que por sua vez, executará a construção panorâmica da amostra com o *software* MSS.

2 Resultados e discussão

O dispositivo móvel utilizado durante os testes, foi um *smartphone* *Asus Live G500*, equipado com câmera traseira de 8 *megapixels*. A base de dados utilizada nos testes foi composta por 40 imagens coletadas pelo aplicativo móvel MSM na ampliação de 40X do microscópio, sendo registrada uma região da lâmina com 10 imagens no sentido horizontal e 4 imagens no sentido vertical. O procedimento de coleta das imagens demandou aproximadamente quatro minutos (para o número de imagens descrito) para ser concluído. Já os procedimentos processamentos de imagens realizado pelo *software* MSS gastou entre 15 a 25 minutos para construir o panorama da amostra em um computador equipado com processador Intel CORE i5 5200U de 2,4 GHz. As bases coletadas para os testes possuíam entre 40 MB e 50 MB de memória.



Na Figura 11 é apresentada uma imagem selecionada aleatoriamente da base de dados utilizada durante os testes, com o intuito de demonstrar o ganho obtido com o sistema proposto, em que torna-se possível juntar diversas imagens em apenas uma. Na Figura 12 é apresentado o resultado da construção panorâmica obtida pelo sistema proposto utilizando a base em que a imagem da Figura 11 foi retirada. Nela pode-se observar uma pequena falha de precisão de posicionamento durante a captura de algumas imagens, em que algumas imagens aparecem fora da sua posição, no entanto, o funcionamento do sistema não é comprometido.

A base de dados utilizada para essa construção possuía 44,2 MB e a imagens final gerada foi de 4,03 MB. Isso demonstra um grande ganho de memória, reduzindo consideravelmente a quantidade de memória necessária para armazenar os dados da lâmina de microscopia.

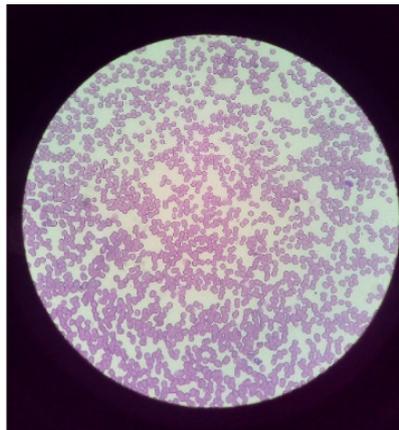


Figura 11. Imagem da base de dados, utilizada para construção panorâmica

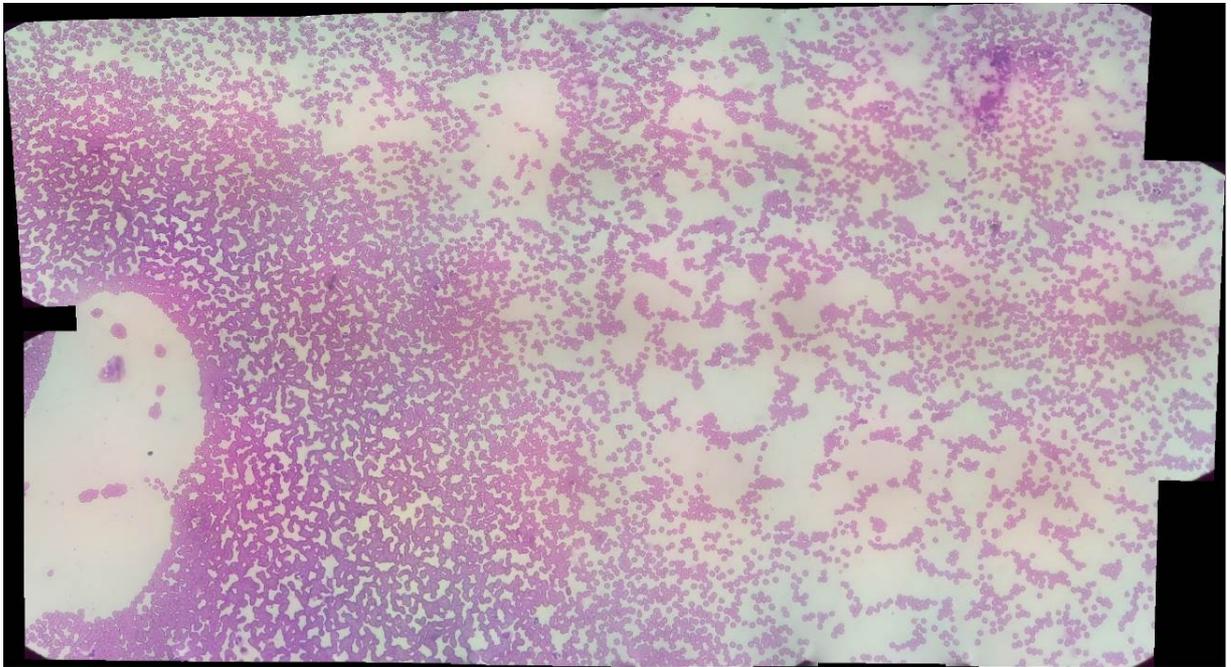


Figura 12. Imagem panorâmica da amostra

A Figura 13 apresenta a imagem resultante (Figura 12) recortada, de modo a torná-la mais apresentável ao usuário final. A área marcada pelo retângulo preto é ampliada posteriormente, Figura 14, para se demonstrar a qualidade da imagem construída. Isso possibilita ao usuário a visualização da amostra sem a necessidade de se utilizar uma ampliação maior do microscópio.

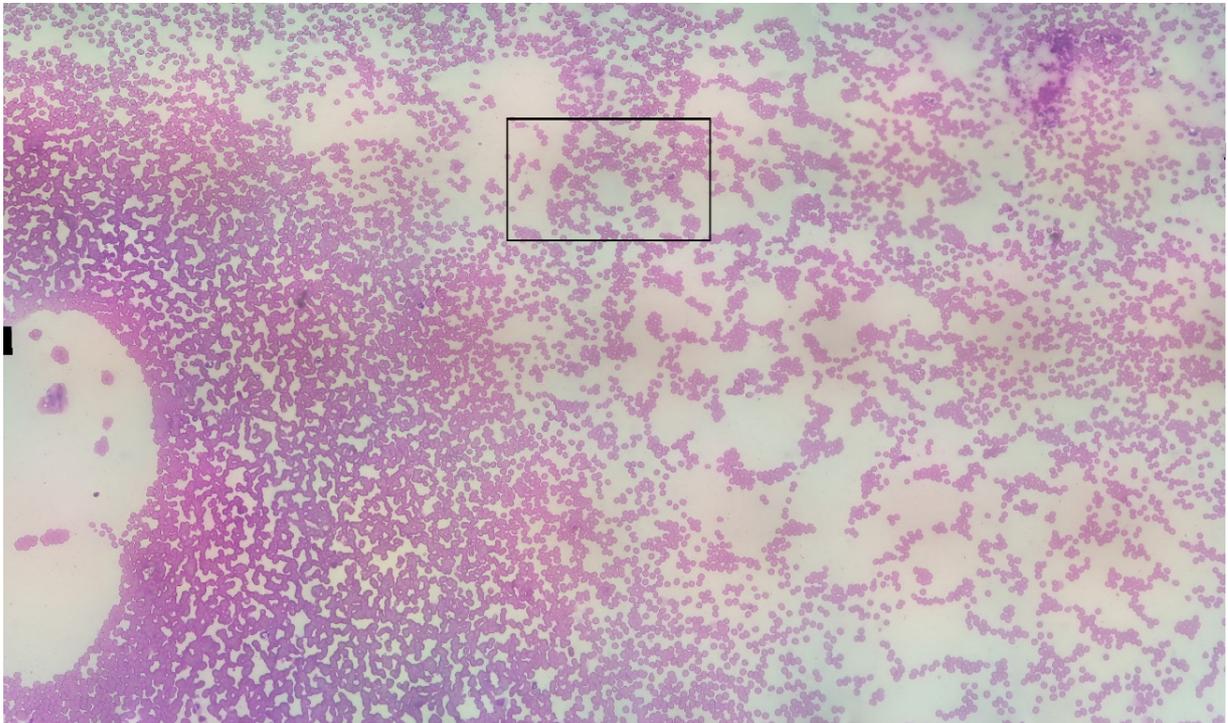


Figura 13. Imagem panorâmica recortada para melhorar a apresentação ao usuário

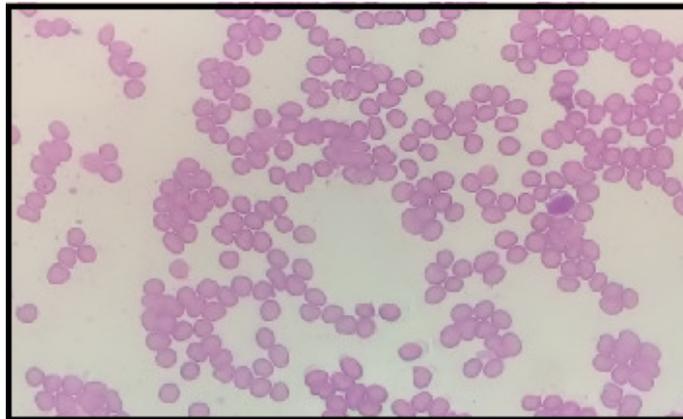


Figura 14. *Zoom* digital na área marcada na imagem da Figura 13

Para avaliar o sistema proposto neste trabalho, foram executados testes com várias bases de dados coletadas pelo subsistema MSM, utilizando as especificações descritas anteriormente, de modo a se constatar o seu correto funcionamento. Os testes foram realizados por profissionais que não pertencem à área da microscopia, as próximas versões deste trabalho, visam a utilização de profissionais especializados para aumentar a confiabilidade do resultado final.



A interação entre os subsistemas MSM e MM funcionaram corretamente sem o surgimento de anomalias ou deformações nas imagens coletadas e também permitindo ao usuário a visualização da amostra através da tela do dispositivo.

Em alguns casos, as imagens coletadas apresentaram baixa nitidez, no entanto, isso é decorrente do mau acoplamento do dispositivo móvel na ocular do microscópio, da qualidade da amostra ou o ajuste errado do foco do microscópio.

O subsistema de automação MM funcionou de acordo com o seu propósito. No entanto, devido ao microscópio óptico possuir movimentação minuciosa, em alguns casos apresentou pequenos erros de precisão em seus movimentos, porém, sem o comprometimento do funcionamento do sistema. Ainda assim seus resultados foram satisfatórios, provendo ao usuário maior facilidade de uso e evitando a sua exposição aos problemas de saúdes associados ao uso prolongado deste equipamento laboratorial.

Por último, o subsistema de construção panorâmica da lâmina também apresentou resultados satisfatórios, em que as imagens geradas não apresentaram falhas. No entanto, podem surgir falhas em algumas construções, ocasionadas por ausência ou baixo número de pontos correspondentes entre as imagens, esse problema ocorre quando aparecem poucos objetos nas imagens. Outro detalhe que pode comprometer o uso desse subsistema, é o tempo necessário para execução da costura das imagens, em que algumas bases de dados razoavelmente grandes demandam de um tempo elevado para realizar o procedimento. No entanto, esse custo de tempo é decorrente da implementação da classe *Stitching_detailed* da biblioteca OpenCV, que em alguns momentos do procedimento não utiliza o poder de processamento total do computador, em que esses determinados procedimentos são realizados de forma sequencial, fazendo uso de apenas um núcleo do processador por vez.

Considerações finais

O uso do microscópio óptico para análises de lâminas é na maioria das vezes uma tarefa que demanda de períodos prolongados, e além de estar associada ao surgimento de doenças em seus utilizadores, também é uma tarefa propensa a erros, devido à fadiga ocular associada à



observação da amostra através da ocular do microscópio. Esses problemas motivaram o desenvolvimento do sistema de escaneamento de lâminas proposto neste trabalho.

Apesar dos resultados obtidos serem satisfatórios, o sistema ainda necessita de algumas melhorias para facilitar o seu uso. Determinar os parâmetros de movimentação do subsistema de automação é uma tarefa difícil, o que dificultou a contemplação de todas as ampliações do microscópio no sistema.

A aplicativo MSM e o *software* de construção panorâmica MSS podem ser disponibilizados gratuitamente, para a aquisição do sistema, é necessário apenas confeccionar o suporte dos motores e comprar os componentes do circuito desse subsistema, então, o valor para a aquisição do sistema MicroscopyScanner na data de conclusão desta pesquisa, está orçado em aproximadamente 450,00 dólares. Valor bastante acessível quando comparado aos *Scanners* de lâminas profissionais que custam mais de 53900,00 dólares.

Este trabalho apresenta a primeira versão do sistema de escaneamento automático de lâminas de microscopia. Os trabalhos subsequentes terão como foco a melhoria da precisão, eficiência e maior facilidade de uso para o usuário final à medida que os usuários sugerirem melhorias.

Referências

- AGRAWAL, P. R. et al. Work related musculoskeletal disorders among medical laboratory professionals: a narrative review. **International Journal of Research in Medical Sciences**, v. 2, n. 4, p. 1262–1266, 2017.
- AutoScope**. Disponível em: <<http://sybarite.us/category/makingstuff/autoscope/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- BANDEIRA, M. V. **Localização de imagens ao microscópio utilizando processamento digital de imagem**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- Componentes de um microscópio**. Disponível em: <<http://www.blog.mcientifica.com.br/componentes-de-um-microscopio/componentes-de-um-microscopio/>>. Acesso em: 11 out. 2018.



**Revista Panorâmica On-Line. Barra do Garças – MT, vol. 26,
p. 228 - 248, jul./dez. 2018. ISSN - 2238-921-0**

GUPTA, A. A. et al. Ergonomic Microscope: Need of the Hour. **Journal of clinical and diagnostic research: JCDR**, v. 9, n. 5, p. ZC62, 2015.

IDC - Smartphone Market Share - OS. Disponível em:
<<https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>>. Acesso em: 21 set. 2018.

JAIN, G.; SHETTY, P. Occupational concerns associated with regular use of microscope. **International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health**, v. 27, n. 4, p. 591–598, 2014.

MA, B. et al. Use of Autostitch for automatic stitching of microscope images. **Micron**, v. 38, n. 5, p. 492–499, 2007.

MEIRELLES, F. S. **Pesquisa Anual do Uso de TI | FGV EAESP.** Disponível em:
<<https://eaesp.fgv.br/ensinoeconhecimento/centros/cia/pesquisa>>. Acesso em: 9 set. 2018.

OLIVEIRA, A. D. et al. The Malaria System MicroApp: A New, Mobile Device-Based Tool for Malaria Diagnosis. **JMIR research protocols**, v. 6, n. 4, 2017.

Operating System Market Share Worldwide | StatCounter Global Stats. Disponível em:
<<http://gs.statcounter.com/os-market-share>>. Acesso em: 25 set. 2018.

Otvinta.com -- A Collection of Tutorials and Resources for 3D Modeling and 3D Printing Enthusiasts. Disponível em: <<http://www.otvinta.com/index.html>>. Acesso em: 28 maio. 2018.

PESSOA, J. M. **Lazarus Android Module Wizard (LAMW).** Disponível em:
<<https://github.com/jmpessoa/lazandroidmodulewizard>>.

PRATAVIEIRA, S. **Montagem e caracterização de um microscópio óptico não linear para imagens de tecidos biológicos.** [s.l.] Tese (Doutorado em Física Aplicada) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

SEMENISHCHEV, E. A.; VORONIN, V. V; MARCHUK, V. I. **Method for stitching microbial images using a neural network.** SPIE Commercial + Scientific Sensing and Imaging, 2017, Anaheim, California, United States, 2017.

SOARES, Á. M. D. S. et al. Development and implementation of an automated system to aid laboratory diagnosis using image processing. **Journal of Biomedical Science and Engineering**, v. 6, n. 5, p. 579–585, 2013.