

PLANO DE TRABALHO

Título do Projeto: Desenvolvimento de um Sistema Baseado em Visão Computacional para Identificar, Contar e Rastrear Grãos de Pólen.

Título do Plano de trabalho: Dispositivos Portáteis de Captura de Imagens Microscópicas para Sistemas de Visão Computacional.

Orientador: Hemerson Pistori (pistori@ucdb.br)

Orientanda: Juliana Velasques Balta (julianabalta16@gmail.com) **RA:** 171845

Curso: Engenharia Civil **Semestre:** 3º Semestre

Resumo

No ser humano, os olhos são responsáveis por capturar as imagens que serão processadas pelo cérebro. De maneira análoga, os dispositivos de captura de imagens são utilizados em conjunto com a visão computacional. O objetivo da pesquisa é desenvolver um dispositivo de captura de imagens em escala microscópicas que permita visualizar grãos de pólen para um trabalho em conjunto com um sistema de visão computacional, o qual está em desenvolvimento pelo Grupo Inovisão. Essa integração permite que a análise dos grãos pólen seja realizada de maneira mais rápida, buscando eliminar a parte laboratorial do processo de obtenção de imagens, que podem ser utilizadas na palinologia forense para a resolução de crimes.

1. Antecedentes e Justificativa

A visão computacional trabalha com imagens digitais, tendo como objetivo a extração de informações que possam ser relevantes para a identificação final, contribuindo para a solução de problemas que necessitam dessas imagens, semelhante à visão humana, que, a partir da imagem obtida pelo globo ocular, o cérebro extrai e traduz a informação recebida, identificando o que está sendo visualizado. Esse processo de obtenção de imagem, que no ser humano é feito pelos olhos, é realizado por dispositivos de captura de imagens nos sistemas de visão computacional [1].

Com o conhecimento do universo microscópico a humanidade obteve grandes avanços científicos. Com o auxílio de instrumentos que são capazes

de aumentar o tamanho real do objeto visualizado, como, por exemplo, lupas e microscópios, o ser humano adquiriu a habilidade de enxergar em microescalas. Os avanços tecnológicos tornaram possível aos sistemas de visão computacional, em associação com dispositivos de captura de imagens microscópicas, acabaram por, também, adquirir esse tipo de habilidade. Os microscópios são muito utilizados nas áreas biológicas e médicas assim como em pesquisas científicas. Porém, muitos desses equipamentos não são portáteis e possui custos elevados, o que inviabiliza suas utilizações em campo [2].

A palinologia forense é a área definida pela utilização dos grãos de pólen com a finalidade de resolver crimes. O processo para obtenção de dados investigativos através do grão de pólen necessita de especialistas na área, denominados de palinólogos forenses, pois a coleta, a classificação e a contagem dos grãos se feita de maneira inadequada pode prejudicar o resultado final [3]. além de ser necessária a utilização de equipamentos microscópicos de qualidade para a visualização dos mesmos, elevando o custo do processo, muitas vezes, dificultando sua implementação.

No entanto, com o uso em conjunto de um sistema de visão computacional de classificação e contagem e um dispositivo que consiga capturar imagens em escalas microscópicas, esse processo pode se tornar mais rápido e de menor custo. Esse tipo combinação já vem sendo discutida na área da saúde, tendo como exemplo, a detecção e classificação dos bacilos (bactérias em formato de bastão) de tuberculose, onde um smartphone com uma câmera favorecida computacionalmente funciona como um microscópio digital podendo analisar automaticamente as amostras dando um melhor diagnóstico para a doença [4].

O grupo Invisão, foi criado em 2004 na Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) e, tem como foco a junção da pesquisa, do desenvolvimento e da inovação, contribuindo, assim, para o progresso do estado de Mato Grosso do Sul, ele é composto por pesquisadores, professores e estudantes que utilizam técnicas de visão computacional, aprendizagem automática e outros ramos da inteligência artificial. Dentro do grupo, existe um projeto chamado Palinovic, onde o objetivo é o desenvolvimento de sistemas computacionais para a identificação, classificação e contagem de grãos de pólen que podem

ser usados na palinologia forense para resolução de crime, automatizando esse processo, que normalmente é realizado por um especialista, sendo um trabalho cansativo e susceptível a erros.

Esse dispositivo poderá contribuir, também, para outros sistemas que estão em desenvolvimento no grupo, como, por exemplo, no projeto FishCV, que trabalha com a visão computacional voltada para a piscicultura, onde há necessidade de classificar imagens de ovócitos (Células germinativas femininas ou células sexuais produzidas nos ovários), estes que são pequenos e necessitam de equipamentos microscópicos para a captura.

Em suma, este trabalho justifica-se pela criação de um dispositivo que possa ser levado a campo, em uma coleta de amostras de grãos na cena do crime, realizando a obtenção das imagens microscópicas que automaticamente serão classificadas e contadas pelo sistema de visão computacional em desenvolvimento pelo grupo Inovisão. Esta sequência identifica-se pela maior agilidade e precisão no recolhimento de pistas que poderão ser usadas para resolução de crimes, com menor custo, pois não será necessário um especialista na área e grandes equipamentos, apenas um dispositivo portátil de captura aliado a um sistema de visão computacional.

2. Objetivos

2.1 Geral

O objetivo geral desta proposta é a criação de um dispositivo portátil que capture imagens microscópica através da interface de um software de identificação, classificação e contagem, auxiliando, assim, os sistemas de visão computacional. A partir do dispositivo, o software poderá detectar os grãos de pólen e classificá-los através da imagem gerada, eliminando o processo de captura de imagem laboratorial feita através de microscópios ópticos.

2.2 Específicos

Para atingir o objetivo geral definido na seção 2.1, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Aprofundamento e atualização da revisão de literatura em métodos de microscopia portátil em conjunto com sistemas de visão computacional;
- Montagem do protótipo de um dispositivo portátil de captura de imagem microscópica;
- Integração do dispositivo com o sistema de visão computacional;
- Validação do dispositivo de captura de imagens microscópicas.

3. Revisão de literatura

A Seção 3.1 analisa as escalas dos grãos de pólen e sua utilização na área forense. A Seção 3.2 explica a visão computacional e a importância da criação do dispositivo. A Seção 3.3 abrange algumas técnicas de microscopia portátil que funcionam em conjunto com smartphones.

3.1 Aplicação do grão de pólen na área forense

A palinologia é o estudo de grãos pólen e esporos, que são a parte fértil das plantas, tendo em média de 25 a 40 micrômetros de diâmetro, em outras palavras, de 0,025 a 0,045 milímetros [5]. O grão de pólen possui uma variedade de formas e tamanhos, por isso sua identificação se baseia na sua morfologia [6]. Abaixo, tem-se algumas imagens de grãos de pólen capturadas a partir do microscópio Carl Zeiss, no laboratório da Universidade Católica Dom Bosco:

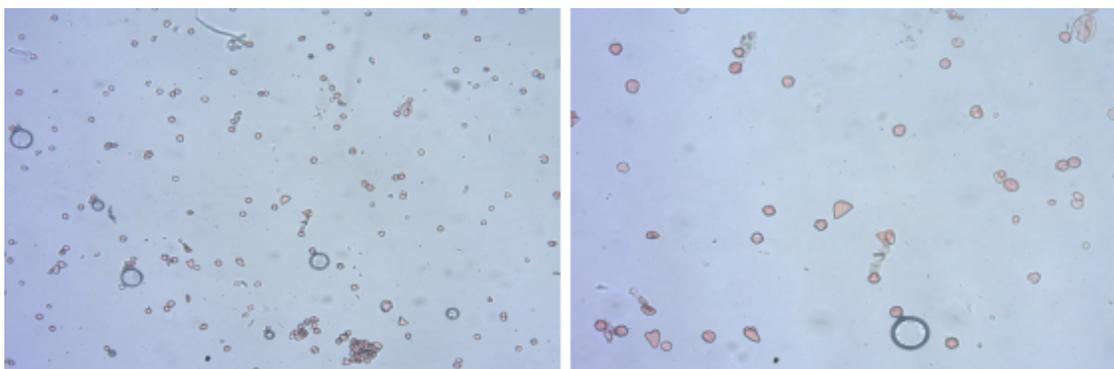


Figura 1 – No lado esquerdo, imagem capturada na escala 5x. No lado direito, imagem capturada na escala 10x. Fonte: Grupo Invisão (2017).

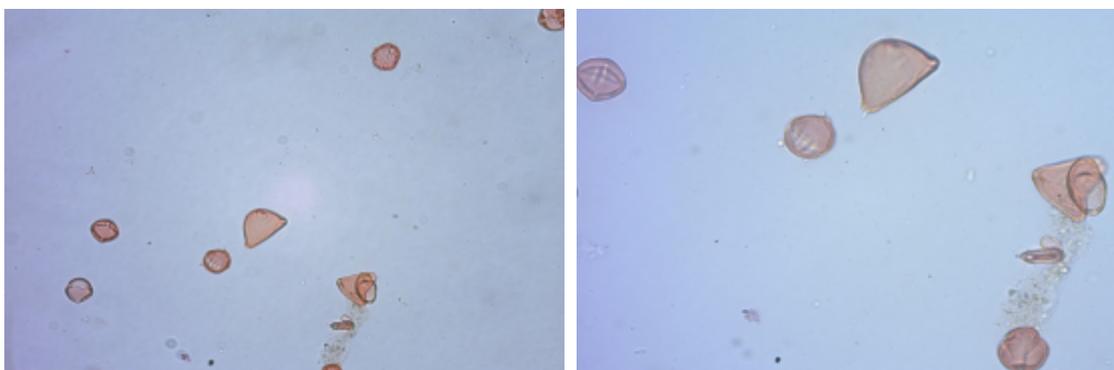


Figura 2 – Ao lado esquerdo, imagem capturada na escala 20x e ao lado direito temos a imagem capturada na escala 40x. Fonte: Grupo Invisão (2017)

A ciência forense estuda as evidências que são deixadas no ambiente onde ocorreu o fato ilegal, muitas vezes, ajudando a identificar o criminoso e o modo como ocorreu a transgressão [7]. O pólen é aplicado na área forense devido ao seu tamanho reduzido, tendo a possibilidade de ser encontrado em objetos, como por exemplo, fios de cabelos, ou seja, em uma diversidade de ambiente, além de ser resistente a vários tipos de degradação [3]. Isto é, mesmo após algum tempo do fato ilegal ter ocorrido, a possibilidade de verificar a existência de um grão de pólen é muito grande.

3.2 Visão computacional

A visão computacional desenvolve algoritmos que obtêm as informações relevantes de uma imagem, buscando automatizar, na maioria das vezes, as atividades executadas pelos olhos humanos [8]. Grande parte das tarefas humanas necessitam da visão, portanto, a visão computacional tem utilidade em várias áreas. Segue abaixo um diagrama mostrando as etapas, de maneira resumida, que um sistema de visão computacional executa para a resolução de problemas que envolvem imagens:

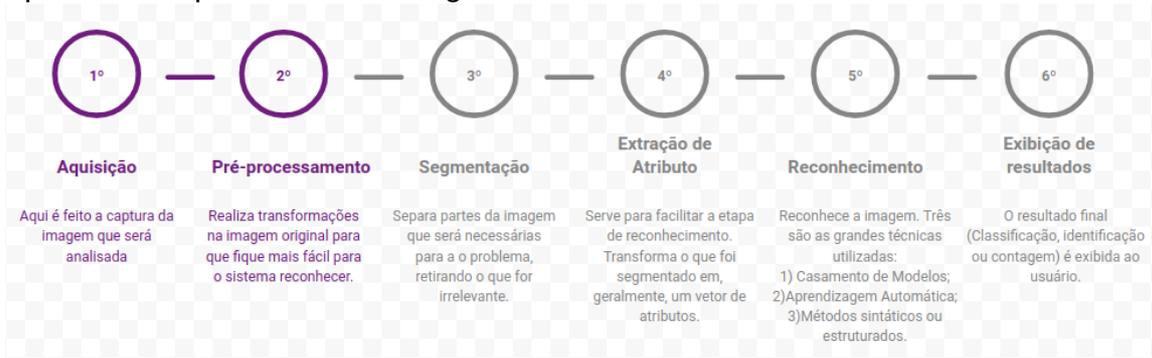


Figura 3 – Etapas que um sistema de visão computacional passa até a exibição do resultado ao usuário. Fonte (Autor).

Com os avanços nos dispositivos de captura de imagem, a visão computacional vem sendo cada vez mais aplicada. Como exemplo, na área ambiental, o monitoramento da qualidade do ar já pode ser realizado através de um método de aprendizagem de máquina que analisa a imagem de partículas existentes no ar, capturada por um dispositivo microscópico,

identificando e classificando-as [9]. Já na área da saúde, temos a identificação e classificação de helmintos (vermes) existentes nos solos, com a captura de imagens através de um dispositivo portátil, automatizando o processo que antes necessitaria de equipamentos laboratoriais e pessoal treinado, isso com a utilização de algoritmos de análise de imagens digitais [10].

Como pode-se perceber, a visão computacional trabalha em conjunto com os dispositivos de captura de imagem. Por isso a utilização do mesmo é de suma importância e a escolha deve ser feita levando-se em consideração a imagem que necessita ser capturada para que a extração de informações seja realizada com sucesso pelo sistema [1].

3.3 Dispositivos portáteis microscópicos

Os dispositivos de microscopia portáteis vêm sendo, devido aos avanços tecnológicos, muito explorados pois possuem tamanhos reduzidos, favorecendo o transporte de um local até o outro, o que garante sua utilização em locais fora dos ambientes laboratoriais, e, além de ser, muitas vezes, de menor custo que os tradicionais microscópios de bancadas.

Há uma variedade de dispositivos que procuram atender a captura de imagens microscópicas, tanto em tamanho quanto em técnicas. Por exemplo, o microscópio sem lente que utiliza a iluminação ambiente, onde é modificado o módulo de câmera traseira do smartphone deixando o sensor de imagem visível, então a amostra é colocada na superfície do sensor que captura a sombra feita por ela. O usuário movimenta o celular com o sensor direcionado para um fonte de luz, que pode ser solar ou qualquer outra, para que seja capturada uma sequência de sombras da amostra em diferentes ângulos. Logo após, as sombras da amostra passam por uma reconstrução de super-resolução de pixel e se tornam uma só. Da captura à reconstrução, o processo é feito em um aplicativo android personalizado [11].

Existe ainda um dispositivo de microscopia que também utiliza o módulo da câmera, mas nesse caso o invertendo, este funcionará como uma objetiva, não modificando o módulo do celular em uso. Ou seja, ele apenas acrescenta, ampliando o campo de visão que é limitado quando se emprega lentes de microscopia convencional, pois a curvatura tende a diminuir a área de captura

[12]. Essas modificações não conseguem, sozinhas, alcançar a escala necessária para a captura de grãos de pólen. Por isso, para a adoção dessas técnicas é necessário um estudo aprofundado para que se saiba como melhorar a ampliação.

Nos métodos de microscopia utilizando celular com lentes, temos a criação de uma lente feita de polímero formada pela gravidade e tensão superficial tendo o formato esférico (cujo raio de curvatura não é constante) que é colocada sobre o módulo da câmera do smartphone ou de qualquer outro aparelho com câmera. No caso desse experimento foi utilizada sobre um tablet que em conjunto com a lente conseguiu a ampliação de 450x, visualizando glóbulos vermelhos do tamanho de 7 micrômetros. Essa ampliação pode ser melhorada, pois esse polímero possui um alto índice de refração, além de ser muito transparente, o que auxilia da visualização da imagem [2].

4. Metodologia

Para cada um dos objetivos específicos listados na Seção 2.2, serão apresentados a seguir os aspectos metodológicos que nortearão a execução desta proposta.

4.1. Aprofundamento e atualização da revisão de literatura em métodos de microscopia portátil em conjunto com sistemas de visão computacional.

Serão realizadas pesquisas de artigos relacionados com dispositivos de captura de imagens microscópicas para identificação de mais técnicas que possam ser exploradas no desenvolvimento do trabalho em portais de periódicos como o IEEE Explore, Capes e o Plos One, além de artigos que relacionam os dispositivos com sistemas de visão computacional. Será aplicada a técnica de revisão sistemática, que tem como objetivo resumir toda a informação existente sobre o assunto de maneira imparcial e completa, sendo descrita em 5 passos, sendo eles: a definição da pergunta; busca por evidências; revisão e seleção dos estudos; análise metodológica dos estudos e a apresentação dos resultados.

4.2. Montagem do protótipo de um dispositivo portátil de captura de imagem microscópica.

O desenvolvimento do protótipo do dispositivo portátil de captura de imagens microscópicas será desenvolvido sob a perspectiva de funcionamento em conjunto com smartphones. Isto posto, torna-se necessária a construção de uma base universal (que considere a adesão de uma variedade de smartphones), pois devido ao tamanho da escala necessária para a captura do grão de pólen o grau de instabilidade da imagem, se obtida às mãos livres do usuário, pode ser muito elevado. Os materiais necessários, em sua maior parte, deverão ser retirados de equipamentos em desuso pelo grupo Inovisão ou de materiais de baixo custo.

O formato da base de apoio será estabelecido logo após a definição da técnica a ser utilizada para a ampliação da imagem até uma escala que seja visível o grão de pólen. Em um primeiro momento, será testado um jogo de lente com o módulo da câmera traseira do smartphone funcionando como ocular e uma lente, de formato a ser definido, como objetiva. Será testado, também, se a adição de um módulo de câmera invertido entre a lente e o módulo do smartphone intacto ajudaria a aumentar a capacidade de ampliação. Será verificado, também, se a realização de um jogo de lentes objetivas e oculares conseguidas de materiais em desuso tem a capacidade de permitir a visualização do grão de pólen. Em resumo, serão aplicadas várias técnicas para que se possa decidir pela melhor em termos de ampliação, resolução e custo-benefício.

A princípio, o desenho do protótipo será desenvolvido no software SOLIDWORKS disponível nos laboratórios do bloco C da Universidade Católica Dom Bosco, mas tem se verificado a possibilidade da utilização de um software que seja disponível para o Linux. O SOLIDWORKS permite a visualização 3D e a simulação de movimentações que só poderiam ser realizadas com protótipos reais, permitindo a melhoria da qualidade do produto final. Para a montagem da carcaça da base, será verificada a possibilidade de impressão 3D do desenho desenvolvido no software. Os experimentos, para verificação da melhor técnica, serão realizados nos laboratórios de física do bloco C da UCDB.

4.3. Integração do dispositivo com o sistema de visão computacional.

O dispositivo será anexado ao smartphone, este será controlado a partir do programa de visão computacional através da web ou de um aplicativo instalado. A partir disso, no software poderá ser feita a captura de imagens automática pelo microscópio, permitindo que a identificação, classificação e a contagem das imagens obtidas sejam geradas na interface do usuário. A integração física entre o dispositivo e o smartphone dependerá do formato do dispositivo.

4.4 Validação do dispositivo de captura de imagens microscópica.

Para a validação do dispositivo, ele será utilizado em conjunto com o software de visão computacional em aplicações na área de palinologia forense. Com o convênio que existe entre a UCDB e a Secretaria de Segurança Pública do Estado do Mato Grosso do Sul em conjunto com a Coordenadoria Geral de Perícia, a aplicação do dispositivo em conjunto com o software será realizada, podendo, assim, ser de grande auxílio para a captura de provas para resolução de crimes.

O desempenho do dispositivo será validado em relação às imagens de grãos de pólen produzidas em microscópios de bancadas que foram utilizadas pelo sistema que se encontram no banco de imagem de grupo Inovisão. Serão capturadas imagens a partir do dispositivos de todas as amostras que o grupo inovisão possui. As novas imagens serão testadas pelo software, garantindo que o mesmo consiga identificar e classificar as imagens gerada pelo dispositivo de captura de imagens microscópicas.

Após a verificação dos erros e acertos que software obter com as imagens geradas pelo dispositivo, o desempenho será medido estatisticamente, para a verificação da utilidade do dispositivo. Também serão verificados os testes feitos com as imagens geradas para obtenção de um gráfico de relação custo-benefício para que se certifique que a utilização do dispositivo para o processo tenha grande aplicabilidade.

Em resumo, as seguintes atividades serão realizadas:

1. Aprofundamento e atualização da revisão de literatura.
 1. Estudar artigos sobre dispositivos microscópicos portáteis;
 2. Estudar artigos sobre sistemas de visão computacional e dispositivos de capturas de imagens.
2. Reunir os equipamentos necessários para a realização dos experimentos.

1. Fazer um levantamento dos materiais que possam ser reutilizados para o desenvolvimento do dispositivo;
2. Adquirir, se necessário, outros tipos de materiais que possam auxiliar no desenvolvimento do dispositivo.
3. Experimentos com combinação de lentes.
 1. Encontrar a melhor combinação de lentes para que se consiga visualizar na escala do maior grão de pólen;
 2. Ajustar a combinação para que se consiga visualizar o menor grão de pólen do banco de imagens do grupo invisão.
4. Comparação da imagem gerada pelo dispositivo com as imagens identificadas pelo software de visão computacional.
 1. Realizar comparações entre as imagens geradas pelo dispositivo e o microscópio convencional;
 2. Verificar se o formato dos pólenes nas imagens não são prejudicadas.
5. Construção da forma do dispositivo
 1. Definido o sistema de lente, será desenhado a forma do dispositivo;
 2. A obtenção dos componentes para a forma em impressora 3D.
6. Validação do Dispositivo de captura de imagens microscópicas.
 1. Integrar o dispositivo ao software de visão computacional para que, em conjunto, auxiliem na resolução de crimes, com o dispositivo facilitando no processo de captura de imagens microscópicas dos grãos de pólen.

5. Cronograma

Atividades	2018					2019						
	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07
1.1.: Estudar artigos sobre dispositivos microscópicos portáteis	X	X	X	X								
1.2.: Estudar artigos sobre sistemas de visão computacional e dispositivos de capturas de imagens	X	X	X	X								
2.1.: Fazer um levantamento dos materiais que possam ser reutilizados para o desenvolvimento do dispositivo	X	X										
2.2.: Adquirir, se necessário, outros tipos de materiais que possam auxiliar no desenvolvimento do dispositivo	X	X										
3.1.: Encontrar a melhor combinação de lentes para que se consiga visualizar na escala do maior grão de pólen	X	X	X	X								
3.2.: Ajustar a combinação para que se consiga visualizar o menor grão de pólen do banco de imagens do grupo invisão			X	X	X	X	X					
4.1.: Realizar comparações entre as imagens geradas pelo dispositivo e o microcópico convencional				X	X	X	X	X	X			
4.2.: Verificar se o formato dos pólen nas imagens não são prejudicadas				X	X	X	X	X	X			
5.1: Definido o sistema de lente, será desenhado a forma do dispositivo.				X	X	X						
5.2.: A obtenção dos componentes para a forma em impressora 3D						X	X	X				
6.1.: Integrar o dispositivo ao software de visão computacional para que, em conjunto, auxiliem na resolução de crimes, com o dispositivo facilitando no processo de captura de imagens microscópicas dos grãos de pólen.									X	X	X	X

6. Referências Bibliográficas

- [1] Pistori, H. Visão Computacional. Apostila do curso de Visão Computacional, 2015.
- [2] S. Pechprasarn, L. Kaewsonthaya, K. Thipla, K. Ittipornnusun, P. Suvarnaphaet and N. Albutt, "Performance characterization of aspheric polymer lens formed by gravity and surface tension: A high magnification portable microscope for smartphone and tablet", *9th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)*, Laung Prabang, 2016, pp. 1-4.
- [3] D.C. Mildenhall, P.E.J. Wiltshire, V.M. Bryant, "Forensic palynology: Why do it and how it works", *Forensic Science International*, Volume 163, Issue 3, 2006, Pages 163-172;
- [4] M. I. Shah, S. Mishra, M. Sarkar and S. K. Sudarshan, "Automatic detection and classification of tuberculosis bacilli from camera-enabled smartphone microscopic images," *Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)*, Waknaghat, 2016, pp. 287-290.
- [5] D.C. Mildenhall, *Forensic palynology in New Zealand, Review of Palaeobotany and Palynology*, Volume 64, Issues 1–4, 1990, Pages 227-234.
- [6] Ramalho, Mauro. Analisando o grão de pólen. WebBee, rede de informação sobre biodiversidade brasileira em abelhas. Disponível em: <<http://www.webbee.org.br/pesquisa/palinologia.pdf>>.
- [7] Alves Damas, Morgana & Azevedo Jamar, Jeniffer & De Paula Barbosa, Antony & Castellar, Aline, "A Botânica Forense e a Ciência Farmacêutica no Auxílio à Resolução de Crimes", *Revista Brasileira de Criminalística*, 2016.
- [8] Quinta, L.N.B. Visão Computacional aplicada na classificação de grãos de pólen, *Dissertação (mestrado em Biotecnologia) – Universidade Católica Dom Bosco – UCDB*, 2013.
- [9] Wu, Yi-Chen & Shiledar, Ashutosh & Li, Yi-Cheng & Wong, Jeffrey & Feng, Steve & Chen, Xuan & Chen, Christine & Jin, Kevin & Janamian, S & Yang, Zhe & Scott Ballard, Zachary & Göröcs, Zoltán & Feizi, Alborz & Ozcan, Aydogan. "Air quality monitoring using mobile microscopy and machine learning", *Light: Science & Applications*, 2017.

[10] Oscar Holmström, Nina Linder, Billy Ngasala, Andreas Mårtensson, Ewert Linder, Mikael Lundin, Hannu Moilanen, Antti Suutala, Vinod Diwan and Johan Lundin, "Point-of-care mobile digital microscopy and deep learning for the detection of soil-transmitted helminths and *Schistosoma haematobium*", Global Health Action, 2017.

[11] Lee, Seung Ah, and Changhuei Yang. "A Smartphone-Based Chip-Scale Microscope Using Ambient Illumination.", Lab on a chip 14.16, 2014.

[12] Switz NA, D'Ambrosio MV, Fletcher DA, "Low-Cost Mobile Phone Microscopy with a Reversed Mobile Phone Camera Lens", PLoS ONE 9(5): e95330, 2014.