



Construção de dispositivo de baixo custo para aquisição de imagens espectrais com potencial aplicação na medicina

Palavras-Chave: MULTIESPECTRAL, ANÁLISE DE IMAGENS, CÂMERA

Autores:

Bernardo Salvador Grael [FEEC]

Profa. Leticia Rittner [FEEC]

1 Introdução

O espectro eletromagnético é uma escala de radiações que abrange todos os comprimentos de onda tais como ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultra-violeta, raios X e raios gama. Para analisar as propriedades de certos objetos pode ser mais interessante fazer uso de imagens multiespectrais ou ainda hiperespectrais tiradas com câmeras especiais em um ambiente com iluminação controlada [1]. A aquisição de imagens espectrais possibilita uma análise bem mais completa do material, adquirindo informações somente presentes no infravermelho ou no ultravioleta, espectros não visíveis ao olho humano [2]. A aplicação mais comum deste tipo de imagem é o sensoriamento remoto [3], mas recentemente outras aplicações têm surgido, principalmente na medicina [4]. Imagens espectrais têm sido utilizadas, por exemplo, para analisar melanomas, e mostraram superiores na diferenciação de pigmentações malignas e não malignas [5]. Já no Lúpus Eritematoso Sistêmico (LES), existem trabalhos usando imagens espectrais que salientam que o uso destas imagens aumentou a acurácia da análise da progressão da doença [6].

O objetivo deste projeto é desenvolver um dispositivo que possa auxiliar médicos da rede pública que tratam de doenças de pele, como por exemplo, o Lúpus Eritematoso Sistêmico (LES). Como as câmeras multiespectrais e equipamentos especializados que existem no mercado são muito caros e inviáveis para adoção do Sistema Único de Saúde (SUS), uma parte importante do projeto foi dedicado a pesquisar alternativas para a construção de uma câmera multiespectral de baixo custo. Além disso, também foi estudada e proposta a construção de uma câmara escura com lâmpadas halógenas e de LED embutidas. O dispositivo completo construído, portanto, é composto da câmera multiespectral acoplada à câmara escura, que permite a aquisição de imagens com controle de iluminação e de posicionamento do objeto imageado.

2 Metodologia

2.1 Decisões de projeto

A escolha de materiais e definição dos requisitos do dispositivo a ser construído baseou-se na literatura que descreve o uso de imagens espectrais na medicina [1] e na descrição da construção de dispositivos similares por outros grupos de pesquisa [2, 7]. A partir deste estudo, chegamos aos seguintes requisitos principais:

- câmara escura com abertura para posicionamento da câmera e abertura para colocação do objeto a ser imageado;
- fita de LED e lâmpadas halógenas para iluminação controlada;
- câmera digital com resolução mínima de 5 MPixels e filtro com faixa espectral entre 530nm e 750nm.

2.2 Construção do dispositivo

2.2.1 Câmara escura

A função da câmara escura é permitir a aquisição das imagens em ambiente fechado e controlado. Ela foi construída com uma caixa de MDF (30x30x30cm) forrada internamente com feltro preto fosco com o objetivo evitar reflexões de luz indesejadas, garantindo repetibilidade dos testes. Na tampa móvel da caixa foi feito um furo de formato circular para encaixar a lente da câmera por fora e além disso também foram instaladas duas lâmpadas palito halógenas para emissão de luz infravermelha e fitas de LED branco para emissão de luz visível com picos em RGB.

2.2.2 Câmera hiperespectral

A adaptação da câmera digital tem o objetivo de permitir a passagem de luz infravermelha fazendo uso de um filtro passa faixa de comprimento de onda variável junto com a remoção do bloqueador infravermelho "hot mirror" da própria câmera, que vem de fábrica. Neste projeto foi usada uma câmera Fujifilm HS10 de segunda mão para a adaptação e desenvolvimento do dispositivo de captura de imagens infravermelhas.

3 Resultados e Discussões

Os principais desafios durante o desenvolvimento deste projeto foram a fixação das lâmpadas e fita de LED (Fig.1) , desmontar e remontar a câmera durante a adaptação e a análise das imagens por software. Para a adaptação da câmera

foi necessário desmontá-la removendo diversos parafusos pequenos, desacoplar algumas fitas de barramento de dados, dessoldar alguns fios e retirar peças. Chegando no "hot mirror" foi necessário removê-lo e desfazer todo processo anterior. Foi utilizado também o filtro variável encaixável. (Fig.2).

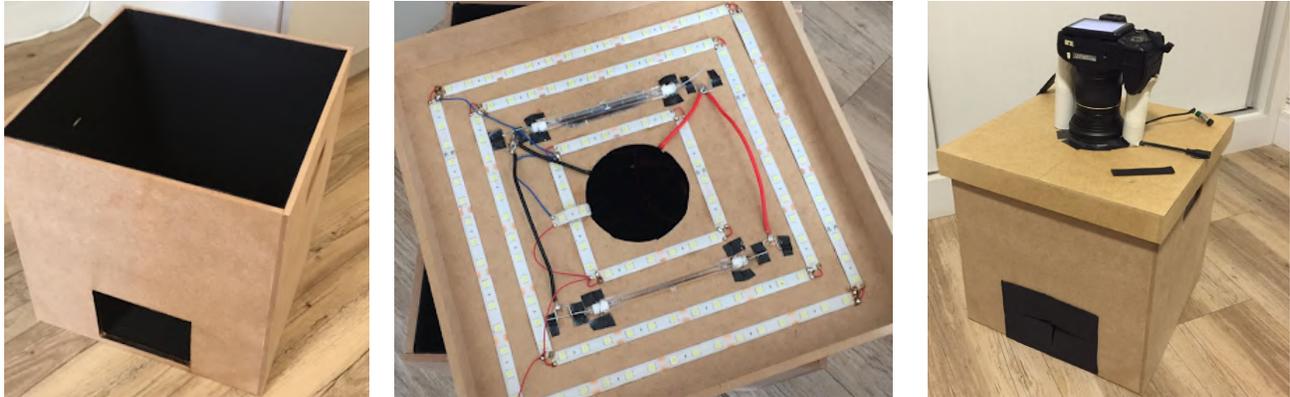


Figura 1: Câmara escura: vista de cima, sem tampa (esq.); iluminação interna (centro); com a câmera acoplada (dir.)

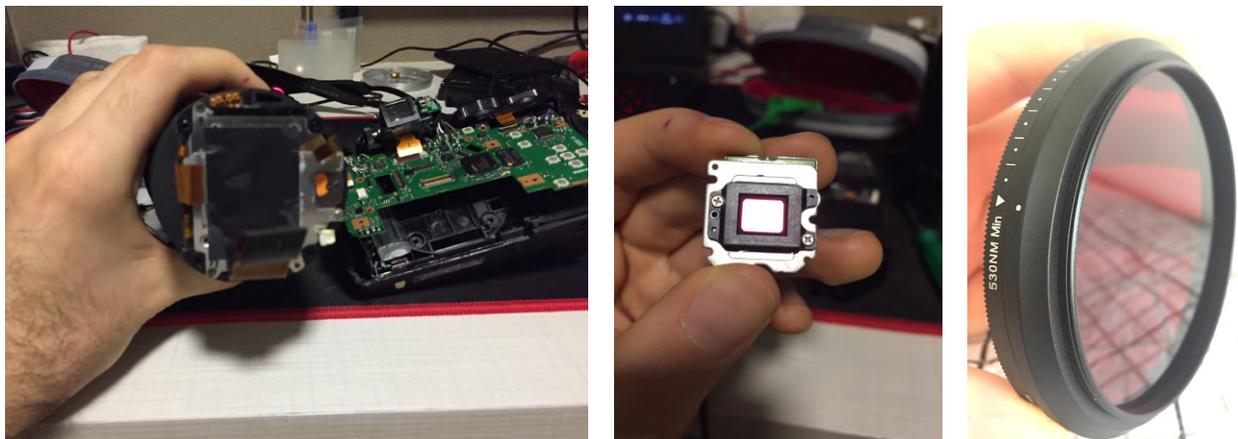


Figura 2: Adaptação da câmera Fujifilm (esq.); remoção do bloqueador infravermelho "hot mirror" (centro); filtro encaixável de comprimento de onda variável (dir.)

3.1 Aquisição das imagens

Para teste da qualidade e repetibilidade da aquisição de imagens com o uso do dispositivo, foi planejada uma sessão de 12 fotos para cada uma das 3 iluminações (LED, lâmpada halógena e ambos ao mesmo tempo) para cada um dos 2 momentos do dia (manhã e noite) e para cada um dos 2 objetos de estudo. As 12 fotos foram compostas de 11 comprimentos de onda diferentes (de 530nm a 750nm com 22nm de variação) e 1 foto sem filtro. Os 2 objetos de estudo foram uma mão e uma banana, com o objetivo de observar manchas (Fig.3).

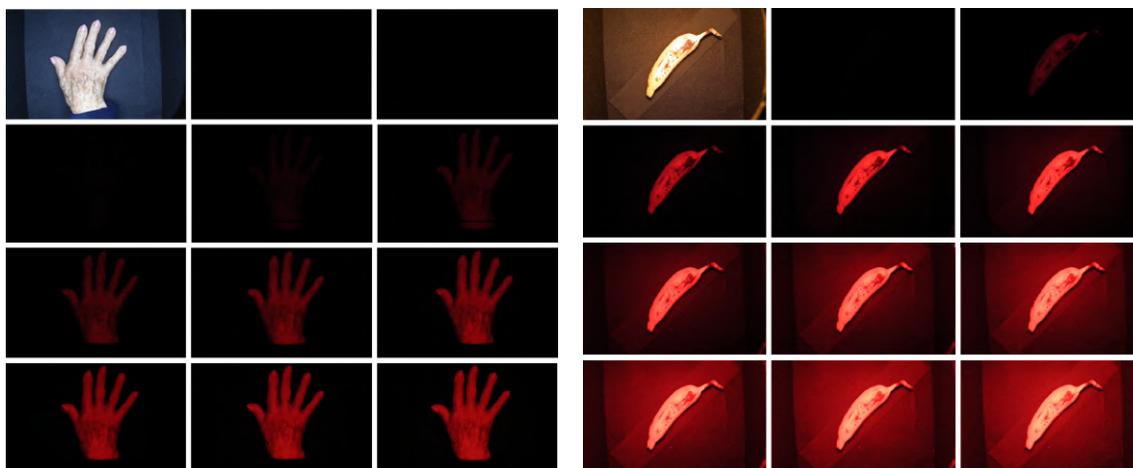


Figura 3: Exemplo de sessão de 12 fotos da mão de dia com iluminação LED (esq.) e da banana de noite com LED e lâmpada halógena (dir.). Cada conjunto de 12 imagens começa "sem filtro", "750nm" e assim por diante, até "530nm"

3.2 Processamento das imagens

Dois tipos de processamento foram realizados. O primeiro consistiu em comparar numericamente imagens feitas de dia e de noite, para verificar a eficiência do isolamento luminoso. A métrica usada para esta comparação foi o índice de similaridade SSIM [8]. O SSIM médio obtido para imagens da banana de dia e de noite foi de 0,96, com pouca variação para os diferentes tipos de iluminação. Já para as imagens da mão, o SSIM médio foi de 0,92, mais baixo provavelmente devido a diferentes posicionamentos da mão e não devido a diferença de intensidade capturada pela câmera.

O segundo processamento foi a geração da assinatura espectral dos objetos em diferentes fontes de luz, para verificar o potencial de caracterização de lesões e manchas, por exemplo, a partir deste tipo de assinatura (Fig.4). É possível verificar que as assinaturas de uma região são similares, independente da iluminação utilizada. Por outro lado, as assinaturas de diferentes regiões são distintas entre si, o que demonstra a utilidade deste tipo de imagem hiperespectral. Considerando, por exemplo, a região da mancha da casca e a região do fundo da imagem, apesar das duas regiões apresentarem a mesma cor (considerando o espectro visível), elas apresentam assinaturas espectrais bem distintas.

4 Conclusão

Este projeto nos permitiu concluir que o equipamento de baixo custo tem potencial pra servir de instrumento de controle, comparação e monitoramento de doenças de pele através da assinatura espectral. Também foi possível perceber que a câmara escura construída com fontes de luz controláveis provou ser um ambiente de controle relativamente eficiente no quesito de manter a repetibilidade das imagens em momentos do dia diferentes já que a iluminação ambiente varia.

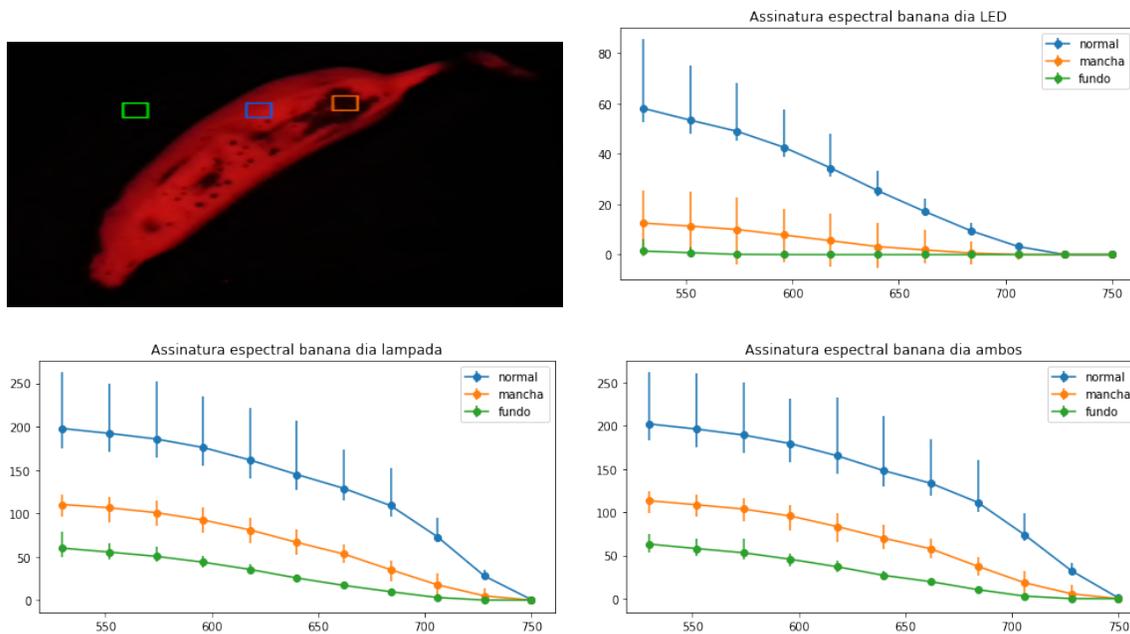


Figura 4: Assinaturas espectrais de 3 regiões diferentes da imagem da banana (casca normal, mancha, fundo da imagem) e com 3 tipos de iluminação: com LED (superior dir.); com lâmpada alógena (inferior esq.); com ambas (inferior dir.)

Referências

- [1] Li, Q., He, X., Wang, Y., Liu, H., Xu, D., & Guo, F. (2013). Review of spectral imaging technology in biomedical engineering: achievements and challenges. *Journal of biomedical optics*, 18(10), 100901.
- [2] Spigulis, J., Jakovels, D., & Rubins, U. (2010, February). Multi-spectral skin imaging by a consumer photo-camera. In *Multimodal Biomedical Imaging V* (Vol. 7557, p. 75570M).
- [3] Madeira Netto, J.D.S., & Baptista, G.D.M. (2000). Reflectancia espectral de solos. Embrapa Cerrados. Documentos.
- [4] Groner, W., Winkelman, J. W., Harris, A., Ince, C., Bouma, G., Messmer, K., & Nadeau, R. (1999). Orthogonal polarization spectral imaging: a new method for study of the microcirculation. *Nature medicine*, 5(10), 1209-1212.
- [5] Diebele, I., Kuzmina, I., Lihachev, A., Kapostinsh, J., Derjabo, A., Valeine, L., & Spigulis, J. (2012). Clinical evaluation of melanomas and common nevi by spectral imaging. *Biomedical optics express*, 3(3), 467-472.
- [6] Zhang, Y., Lei, H., Zhu, S., Li, W., Lin, J., Zhang, J., ... & Jin, P. (2019). In vivo monitoring of rashes caused by Systemic Lupus Erythematosus disease using snapshot spectral imaging. *Journal of Biophotonics*, e201960067.
- [7] Costa, M. Identificação de biomarcadores digitais para diagnóstico precoce de melanoma empregando hr-mas-nmr, sisuchema e algoritmos de reconhecimento de padrões, 2018. Plano de Trabalho de IC, Fac. Engenharia, PUC-Goiás.
- [8] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh and E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 600-612, Apr. 2004.