

Calibração radiométrica de câmera fotográfica digital Vis/NIR para uso em sensoriamento remoto

Luís Guilherme Teixeira Crusiol¹
Marcos Rafael Nanni²
Renato Herrig Furlanetto¹
Guilherme Fernando Capristo Silva¹
Anderson Antonio da Silva Gualberto¹
Aline de Carvalho Gasparotto¹
Mariana Nunes de Paula³

¹Programa de Pós Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Maringá – UEM.
{luisguilherme_crusiol, renatohfurlanetto, anderson_agrouem, alinegaspa} @hotmail.com
guilhermecapristo51@gmail.com

²Departamento de Agronomia – Universidade Estadual de Maringá – Brasil
mrnanni@uem.br

³Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Maringá – Brasil
marianagronomi@gmail.com

Avenida Colombo, 1790 – CEP 87020-900 – Maringá – Brasil

Abstract: It is observed different understandings regarding the relationship between the incoming radiation on the sensor and the reflectance of targets. Thus, since reflectance values are obtained by the ratio of the radiance of specific target by the radiance of a standard target, calibration models that evolves those variables could be developed in order to the acquisition of truly spectral behavior of targets using digital camera. The present paper aimed to developed radiometric calibration models of digital cameras for red (R), green (G), blue (B) and near infrared (NIR) channels. To achieve the calibration, a Fujifilm S200-EXR camera, with 8 bits radiometric resolution, was used. In these process, the focus of the lens was locked, avoiding external interferences, and the white balance was performed for the illumination conditions of the laboratory (completely isolated from external light sources, with wall, floor and other instruments in dark color). The software Quantum GIS 2.6.1 was used to extract the digital numbers of R, G, B and NIR channels of six calibration targets. The Fieldspec 3 Jr, with spectral resolution of 3 nm from 350 to 1400 nm and 30 nm from 1400 to 2500 nm was used to collect the reflectance of the calibration targets. The digital numbers of the six calibration targets were, then, correlated to its reflectance values. The obtained results showed the minor R^2 for RED channel ($R^2 = 0,77$) and higher R^2 for G, G, and NIR bands, 0,98; 0,92 e 0,99 respectively. We concluded that the radiometric calibration of digital cameras on R, G, B and NIR bands allows the obtainment of reliable spectral values and might be used, therefore, as remote sensor.

Palavras-chave: Digital camera, multispectral sensor, hyperspectral sensor, UAV, radiometric calibration.

1. Introdução

A partir da interação da radiação eletromagnética – alvo – sensor, o sensoriamento remoto apresenta grande potencial de aquisição de informações sobre diferentes alvos sem a necessidade de contato direto com eles. Assim, torna-se possível a aquisição de grande volume de informação em curto espaço de tempo. Os sensores remotos podem ser agrupados em diferentes categorias, como multiespectrais / hiperespectrais e imageadores / não imageadores e apresentam diferentes níveis de operação: laboratório, campo, aéreo e orbital.

Tem-se observado crescente utilização de câmeras fotográficas digitais (sensores multiespectral imageador) como instrumento de aquisição de informações espectrais, sobretudo quando acopladas a veículos aéreos não tripulados – VANTs.

O *output* dos dados de câmeras digitais se dá em forma de números digitais – NDs, sendo esses, resultado da conversão para sinal elétrico da radiação incidente no sensor (MANGOLD et al., 2013). Para tanto, a radiação que incide no sensor é distribuída nos ‘n’ NDs (dependendo da resolução radiométrica).

Observa-se, porém, errônea assimilação do entendimento entre a relação radiância incidente no sensor e valor de reflectância de alvos de interesse, sendo que deve-se dar especial atenção à essa relação (KUUSK e PAAS, 2007). Logo, uma vez que os valores de reflectância são obtidos pela razão da radiância de um alvo pela radiância de um alvo de referência, modelos de calibração que envolvam essas variáveis devem ser desenvolvidos com o intuito de obter valores fidedignos do comportamento espectral de alvos de interesse.

Câmeras digitais modernas podem apresentar embutido em seu sistema interno efeitos que levam à melhoria da qualidade visual da imagem, podendo afetar o comportamento linear entre ND e radiância (RITCHIE et al., 2008). Contudo, não existem modelos precisos para estimação do efeito interno em diferentes câmeras. Dessa maneira, os modelos de calibração devem ser elaborados para uma câmera específica, não sendo aconselhável a utilização de um mesmo modelo por câmeras distintas (WITHAGEN et al. 2007).

Para selecionar os comprimentos de onda incidentes no sensor são comumente utilizados filtros ópticos (HUNT Jr. et al., 2010; LELONG et al., 2008, NEBIKER et al., 2008).

Frente ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo elaborar modelos de calibração de câmera fotográfica digital nas bandas vermelho (R), verde (G), azul (B) e infravermelho próximo (NIR).

2. Metodologia de Trabalho

Os sensores utilizados para aquisição de valores espectrais foram instalados em uma sala completamente isolada de iluminação externa, com teto, piso, paredes e demais acessórios em cor preta, evitando-se, assim, a interferência de iluminação externa.

Realizou-se a coleta de dados espectrais por meio de dois sensores: espectrorradiômetro Fieldspec 3 Jr, fabricado pela ASD Inc., com resolução espectral de 3 nm na faixa entre 350 e 1400 nm e 30 nm na faixa de 1400 a 20500 nm, equipado com o acessório Pistol, que direciona o fluxo de radiação incidente, em conjunto com uma lente de 8° de abertura, que impede a entrada de radiação lateral no sensor, captando valores de reflectância em uma área de aproximadamente 2 cm²; e câmera fotográfica multiespectral Fijifilm S200-EXR, sensível à radiação visível e infravermelho próximo, equipada com detector CCD interno, com resolução radiométrica de 8 bits, 256 números digitais (NDs).

Foram utilizadas seis lonas de cores e tonalidade diferentes como alvos de calibração: vermelho, verde, azul, amarelo, cinza escuro e cinza claro. Realizaram-se 5 leituras de reflectância em cada um dos alvos, sendo que cada leitura foi resultado de outras 30 leituras internas do próprio equipamento, garantindo maior confiabilidade aos resultados obtidos. A aquisição de padrão de reflectância se deu pela utilização de placa de Spectralon, fabricada pela Labsphere ®. Os dados foram convertidos da extensão .asd para .txt. pelo software View Spec Pro, da ASD Inc. e, posteriormente, trabalhados em ambiente Excel.

Utilizaram-se quatro filtros ópticos na aquisição das imagens multiespectrais: um de coloração vermelha, um de coloração verde e um de coloração azul além de um filtro de intensidade de bloqueio de 850 nm (Figura 1). A escolha dos filtros se deu devido ao fato de que,

em tese, os mesmos permitiriam a transmissão de valores de reflectância somente nas bandas R, G, B e NIR respectivamente. Assim, avaliou-se a eficiência de bloqueio dos filtros por meio do espectrorradiômetro utilizado (Figura 2).



Figura 1. Filtros ópticos vermelho, verde, azul e NIR 850nm.

Foi adquirida uma imagem dos alvos de referência com cada um dos filtros utilizados. Durante esse processo travou-se o foco da câmera, e personalizou-se o balanço de branco para as condições de iluminação do ambiente de coleta. O ISO utilizado foi de 800. Configurou-se a câmera no modo EXR, cuja abertura do diafragma e tempo de abertura do obturador são regulados automaticamente em função da quantidade de radiação incidente para sensibilização do sensor. As imagens obtidas foram importadas para o software FinePix Viewer, onde foram convertidas da extensão .RAF para .TIFF. As imagens obtidas tiveram os valores de NDs dos alvos de referência extraídos por meio do software Quantun GIS 2.6.1. Coletou-se 10 números digitais para cada alvo de referência.

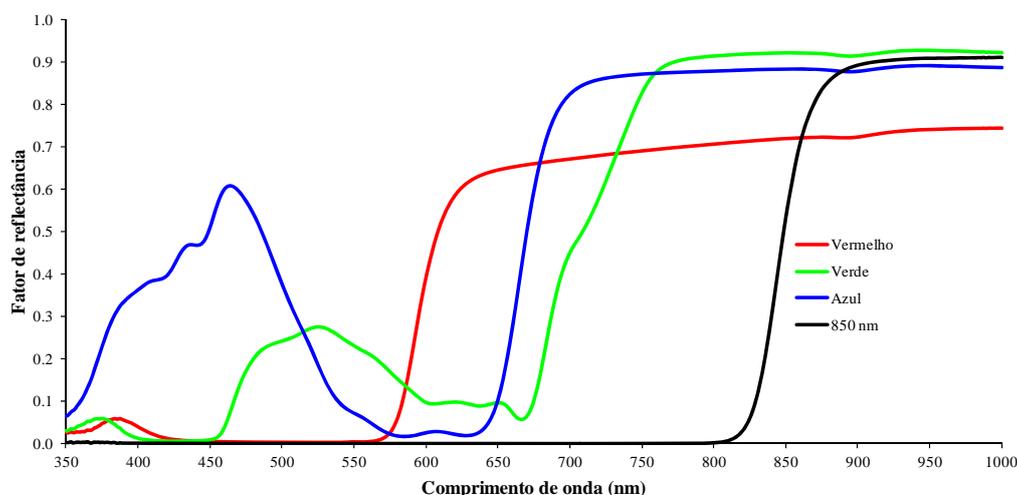


Figura 2. Valores de reflectância transmitidos por meio dos filtros ópticos utilizados.

Utilizou-se geometria de 30° entre a fonte luminosa (lâmpada halógena de 50 W de potência e com feixe não colimado de visada) e o alvo de interesse. O sensor hiperespectral estava 8 cm distante do alvo e a câmera multispectral 25 cm.

Os modelos obtidos foram avaliados por meio de seus coeficientes de correlação (R^2).

3. Resultados e discussão

Existem divergências na literatura científica sobre os comprimentos de onda limites de cada banda espectral. Dessa forma, embora as bandas espectrais não possam ser delimitadas rigorosamente, estabelece-se que a banda vermelho está compreendida entre 620 e 700 nm, a verde entre 500 e 578 nm, a azul entre 446 e 500, e a banda infravermelho próximo entre 700 e 1000 nm (MOREIRA, 2011).

Assim, com base na observação da figura 2 é possível destacar que, embora os valores de transmissão de reflectância não sejam exatamente os mesmos que os apontados pela literatura, os filtros utilizados são condizentes com suas especificações, atendendo, portanto, às necessidades do presente trabalho.

Os modelos de calibração de valores de reflectância obtidos estão apresentados na figura 3.

Procedeu-se a escolha de modelo polinomial de calibração. Observou-se que a não linearidade dos modelos obtidos pode ser devido à presença do efeito Gamma no sistema interno da câmera utilizada, cuja aplicação simula o comportamento do olho humano, resultando em melhoria da qualidade das imagens obtidas, afetando, porém, a linearidade da relação radiancia – reflectância (WITHAGEN et al. 2007).

O maior coeficiente de correlação (0,99) foi observado para a banda infravermelho próximo (Figura 3 – D). Para as bandas verde e azul também foram obtidos elevados valores de R^2 , sendo $R^2 = 0,98$ e $0,92$ respectivamente.

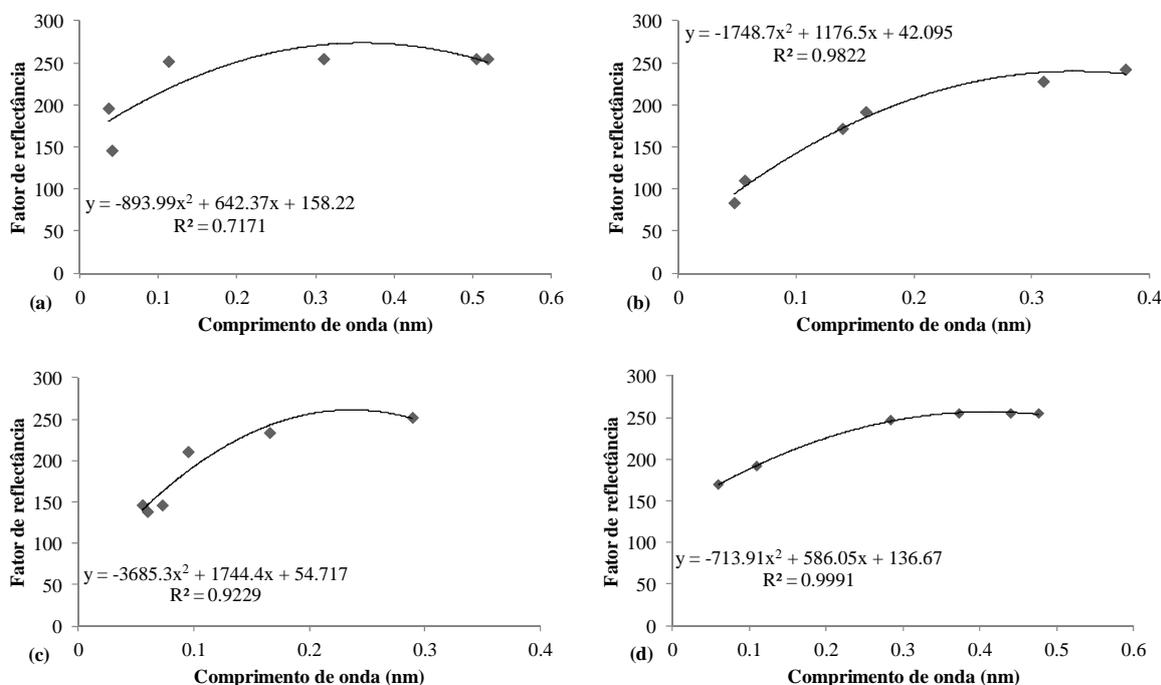


Figura 3. Dispersão e correlação entre número digital e reflectância para as bandas vermelho (a), verde (b), azul (c) e infravermelho próximo (d).

Para a banda vermelho foi obtido o menor coeficiente de correlação ($R^2 = 0,717$). Essa menor correlação entre câmera fotográfica e espectrorradiômetro obtida para a banda vermelho pode ser explicada pela influência da radiação do espectro infravermelho próximo. Isso porque o filtro vermelho utilizado, quando avaliado por meio do espectrorradiômetro, apresentou transmissão de radiação na faixa que se estende de 600 a 1000 nm (Figura 2). Boobe et al. (1995) e Zigadlo et al. (2001) relatam que a radiação infravermelho próximo pode resultar em efeito aditivo nas demais bandas espectrais em câmeras fotográficas. Uma vez que a câmera utilizada é sensível à radiação infravermelho próximo, sua interferência pode ter ocasionado diminuição da precisão do modelo obtido. Ressalta-se, porém, que mesmo tendo sido obtida menor correlação para a banda vermelho, o R^2 obtido mostrou-se elevado (0,71).

Os valores de correlação entre o número digital de câmeras fotográficas e a reflectância do espectrorradiômetro demonstram, portanto, a potencialidade de utilização de câmeras de baixo custo, quando comparado à espectrorradiômetros, na aquisição de informações espectrais.

4. Conclusões

A calibração radiométrica de câmeras fotográficas digitais nas bandas vermelho, verde, azul e infravermelho próximo, com uso, respectivamente, de filtros ópticos de cor vermelha, verde, azul e NIR 850nm apresentou elevada correlação com o sensor hiperespectral. Dessa forma, pode-se optar pelo uso dos referidos filtros para aquisição de imagens digitais de forma que se possa selecionar os comprimentos de onda incidentes de acordo com os objetivos propostos e garantir a fidedignidade do comportamento espectral de alvos de interesse.

Agradecimentos

A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo financiamento do equipamento sob número 01.09.1567.00, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de estudo.

Referência bibliográficas

- Bobbe, T.; Mclean, J.; Zigadlo, J. P. An evaluation of natural color and color infrared digital cameras as a remote sensing tool for a natural resources management. **Airborne Reconnaissance XIX**, FISHEL, W. G., ANDRAITIS, A. A. Eds.; SPIE: Bellingham, WA, USA; v. 2555, 151-157, 1995.
- Hunt Jr., E. R., Hively, W. D., Fujikawa, S. J., Linden, D. S., Daughtry, C. S. T. and McCarty, G. W. Acquisition of NIR-Green-Blue Digital Photographs from Unmanned Aircraft for Crop Monitoring. **Remote Sensing**. V. 2, 290-305, 2010. doi: 10.3390/rs2010290.
- Kuusik, A. and Paas, M. Radiometric correction of hemispherical images. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. V. 61, 405-413, 2007.
- Lelong, C. C. D., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbé, S. and Baret, F. Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Imagery for Quantitative Monitoring of Wheat Crop in Small Plots. **Sensors**, v. 8, 3557-3585, 2008. doi: 10.3390/s8053557.
- Mangold, K., Shaw, J. A. and Vollmer, M. The physics of near-infrared photography. **European Journal of Physics**, v. 34, S51-S71, 2013. doi: 10.1088/0143-0807/34/6/S51.
- Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4.ed. – Editora UFV, 2011. 422 p.



Nebiker, S., Annen, A., Scherrer, M. and Oesch, D. A light-weight multispectral sensor for micro UAV – Opportunities for very high resolution airborne remote sensing. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v 37, part B1, 1193:1200, 2008. URL: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1_pdf/204.pdf

Ritchie, G. L.; Sullivan, D. G.; Perry, C. D.; Hook, J. E.; Bednarz, C. W. Preparation of low-coast digital camera system for remote sensing. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 24, n. 6, 885-896, 2008.

Withagen, P. J., Groen, F. C. A. and Schutte, K. CCD Color Camera Characterization for Image Measurements. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 56, 199-203, 2007. doi: 10.1109/TIM.2006.887667.

Zigadlo, J. P.; Holden, C. L.; Schrader, M. E.; Vogel, R. M. **Electronic Color Infrared Camera**. United States Department Of Commerce, Washington Dc, Usa; Us Patent No. 6292212 B1, 2001.