

ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS MEDIANTE CÂMERAS DIGITAIS, ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA ANÁLISES COLORIMÉTRICAS

Jorge David Alguiar Belido¹

Lisbeth Zelayaran Melgar²

Yasmim Ribeiro Meirelles³

Química Ambiental

Resumo

O uso de equipamentos e instrumentos para determinadas análises pode ser custoso, sejam análises colorimétricas, espectrofotométricas, fluorimétricas, entre outras diversas. Além da necessidade de manutenção e operação especializada, muitas dessas análises necessitam de grandes quantidades de reagentes, gerando quantidades significativas de resíduos e são realizadas apenas laboratórios. O presente trabalho visa, de maneira ampla, apresentar uma alternativa econômica e simples, com o uso da análise digital de imagens mediante câmeras digitais ou smartphones. A análise de imagens pode ter diversas aplicações, desde a indústria à agricultura familiar. Esta tem como objetivo capturar, com o uso de dispositivo com câmera, imagens do objeto de estudo e manipulá-las com o suporte de software customizado para o elemento, através da detecção dos elementos RGB presentes na imagem. Os valores obtidos são tratados por modelos matemáticos e gráficos de modo a criar correlação com a concentração analito desejado de identificação e a intensidade das cores.

Palavras chaves: RGB; Smartphones; Colorimetria

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, preza-se o uso de equipamentos e instrumentos que não prejudiquem o meio ambiente, em especial nas análises laboratoriais, que geralmente necessitam de grandes quantidades de reagentes, e conseqüentemente, geram muitos

¹ Prof. Dr. Universidade Federal de São João Del Rei – Departamento de Engenharia Química, jorgeb@ufsj.edu.br.

² Prof. Dr. Universidade Federal de São João Del Rei – Departamento de Engenharia Química, lisbethzm@ufsj.edu.br.

³ Aluna do curso de graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São João Del Rei, yasmim.meirelles@hotmail.com

resíduos. Em análises químicas, por exemplo, instrumentações avançadas como cromatografias e espectrometria de massa, entre outras, têm sido as principais ferramentas para a detecção de amostras químicas e bioquímicas, tendo como maiores vantagens a alta especificidade e baixos limites de detecção. Porém, tais análises necessitam de equipamentos de alto custo e de instalações especializadas, assim como profissionais capacitados para seu manuseio (Rezazadeh *et al.*, 2019). Instrumentos e métodos para análises limpas e *in situ* vêm sendo requeridos, visando, principalmente, reduzir os custos, o uso de reagentes e conseqüentemente, geração de resíduos, e otimizar o tempo de operação, ganhando praticidade.

Uma alternativa para as pesquisas é a análise digital de imagens (ADI). Através de equipamentos baratos, de simples manejo e acessíveis, é possível quantificar substâncias em diversos meios, sólidos ou aquosos. A ADI é baseada na medida das sombras dos produtos colorimétricos, onde o uso dos espaços de cores e dispositivos necessários permitem utilizar de cores como quantificação de substâncias (Choodum, *et al.*, 2013). A análise, em suma, é realizada através da detecção dos componentes Red (Vermelho), Green (Verde) e Blue (Azul), RGB, dos pixels através de *software*. Os valores RGB são calculados por modelos matemáticos e linearizados para se estimar a concentração da substância em interesse. O uso de análise RGB permite que as cores primárias se combinem em intensidades diferentes com variados valores em um intervalo de 0-255 (8 bits) por cor, o que permite que os procedimentos de análise digitais identifiquem as pequenas diferenças entre os sinais analíticos da imagem (Lima *et al.*, 2014)). A obtenção dos dados RGB depende de vários fatores como a fonte de luz para iluminação, o objeto de reflexão e os efeitos de interpretação e correção da câmera utilizada (Lopez-Molinero *et al.*, 2010).

O presente trabalho visa a discussão de estudos desenvolvidos com a ajuda de ADI em diferentes plataformas e análises para quantificar e qualificar substâncias, objetivando a diminuição de reagentes e poluentes ambientais.

METODOLOGIA

A análise digital de imagens pode ser realizada com diversos dispositivos, sejam eles câmeras digitais, webcam, smartphones e scanners, onde as imagens de determinada

substância, previamente programada e padronizada, são analisadas em programas via aplicativos no próprio dispositivo ou em conjunto com um computador, com o uso de outras plataformas, como os *softwares* MATLAB, Delphi, Adobe Photoshop, Corel Draw e outros diversos. Nos dias atuais, muitos dispositivos apresentam várias aplicações, como rede *wireless*, câmeras de alta resolução, habilidade de comunicação rápida, possibilidade de conectar mais de um dispositivo/*software*, não necessidade de operador qualificado para utilizar dos recursos e o mais importante, o custo benefício.

Em sua maioria, a análise digital de imagens é realizada em uma câmara projetada, onde dentro desta encontra-se: uma fonte de luz branca e homogênea, podendo ser o aparelho utilizado ou lâmpadas de LED; um anteparo para que luz não seja refletida diretamente na amostra e; um objeto transparente onde a amostra será fotografada, sendo os tubos de ensaios os mais utilizados. É interessante que as paredes da câmara sejam brancas, para que não haja interferências dessas nas fotografias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ADI pode ser utilizada para a determinação de substâncias na água, alimentos, solos, entre diversas outras possibilidades, sendo algumas delas e seus desvios padrões referenciados na tabela 1.

É possível observar na tabela, que os desvios padrões relativos são relativamente pequenos na maioria das aplicações, demonstrando a potencialidade do método em apresentar bons resultados quando utilizado como alternativa para análises colorimétricas e espectrométricas.

Entretanto, apesar de apresentar, em sua maioria, resultados positivos, existem na ADI alguns gargalos quando utilizado de forma direta, como a baixa linearidade dos gráficos de calibração e limitações com o uso de seletores de comprimento de ondas, amplificadores de sinal e o uso de elementos óticos, além necessidade de *software* previamente programado para a detecção do elemento de estudo. O uso de dispositivos com câmeras de alta resolução é necessário para otimização do método, mas não obrigatório.

Tabela 1. Aplicações da análise digital de imagens mediante câmeras digitais e smartphones

Dispositivo	Software	Analito	Meio	DPR*	Referência
Dispositivo Android	Aplicativo desenvolvido não nomeado	Cobre	Água	2,1 a 8,3%	Cao <i>et al.</i> , 2019
Câmera digital (Nikon)	Adobe Photoshop e MATLAB	Cromo e Ferro	Água	< 1,4%	Firdaus <i>et al.</i> , 2014
Dispositivo Android	Color Grab	Cálcio	Água	2,71%-3,93%	Peng <i>et al.</i> , 2019
Dispositivo Android	PhotoMetrix, RedGIM	Amido, H ₂ O ₂ e NaClO	Leite bovino	0,023 - 0,294%	Costa <i>et al.</i> , 2020
Câmera digital (Nikon)	Microsoft Photo Editor, MATLAB	Titânio	Plástico	4,80%	Lopez-Molinero <i>et al.</i> , 2010 Moonrungee, Pencharee & Jakmune, 2015
Dispositivo Android	Phosphorus Analysis	Fósforo	Solo	<5%	Andrade <i>et al.</i> , 2013
Webcam	ImageJ, On Color Measure, Color Lab	Alumínio e Cromo	Água	1,50%	Hatiboruah <i>et al.</i> , 2020
Dispositivo Android	Aplicativo desenvolvido não nomeado	Mercúrio	Água	0,12%	

*DPR: desvio padrão relativo.

A padronização do ambiente deve ser realizada para evitar erros, e é aconselhado o uso de câmaras onde não há entrada de luz externa, com iluminação interna uniforme e com aparato para que esta não incida diretamente na amostra. O resíduo gerado é apenas da amostra necessária para realizar a amostragem do material.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise digital de imagens apresenta-se como meio para realização de procedimentos espectrofotométricos e colorimétricos, objetivando o baixo custo e a prática da química ambientalmente sustentável. Em geral, a ADI é descrita com boa sensibilidade, precisão e exatidão quando em determinações colorimétricas. A análise de valores RGB é uma alternativa para o uso de equipamento com custo de operação e manutenção dispendioso, além de ser ambientalmente amigável devido a necessidade de poucos

reagentes e geração de quantidades mínimas de resíduos. O método se mostra eficiente para análises rápidas e em *in situ*, por apresentar simplicidade e praticidade.

REFERÊNCIAS

- Andrade, S. I. E., Lima, M. B., Barreto, I. S., Lyra, W. S., Almeida, L. F., Araújo, M. C. U., & Silva, E. C. (2013). A digital image-based flow-batch analyzer for determining Al(III) and Cr(VI) in water. *Microchemical Journal*, 109, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.03.029>
- Cao, Y., Liu, Y., Li, F., Guo, S., Shui, Y., Xue, H., & Wang, L. (2019). Portable colorimetric detection of copper ion in drinking water via red beet pigment and smartphone. *Microchemical Journal*, 150(June), 104176. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104176>
- Choodum, A., Kanatharana, P., Wongniramaikul, W., & Nic Daeid, N. (2013). Using the iPhone as a device for a rapid quantitative analysis of trinitrotoluene in soil. *Talanta*, 115, 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.04.037>
- Costa, R. A., Morais, C. L. M., Rosa, T. R., Filgueiras, P. R., Mendonça, M. S., Pereira, I. E. S., ... Romão, W. (2020). Quantification of milk adulterants (starch, H₂O₂, and NaClO) using colorimetric assays coupled to smartphone image analysis. *Microchemical Journal*, 156(January), 104968. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.104968>
- Hatiboruah, D., Das, T., Chamuah, N., Rabha, D., Talukdar, B., Bora, U., Ahamad, K. U., Nath, P., Estimation of trace-mercury concentration in water using a smartphone, *Measurement* (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107507>
- Firdaus, M. L., Alwi, W., Trinoveldi, F., Rahayu, I., Rahmidar, L., & Warsito, K. (2014). Determination of Chromium and Iron Using Digital Image-based Colorimetry. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 298–304. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.037>
- Lima, M. B., Barreto, I. S., Andrade, S. I. E., Almeida, L. F., & Araújo, M. C. U. (2014). Using webcam, CdTe quantum dots and flow-batch system for automatic spectrofluorimetric determination of N-Acetyl-L-cysteine in pharmaceutical formulations. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 25(9), 1638–1646. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20140152>
- Lopez-Molinero, A., Liñan, D., Sipiera, D., & Falcon, R. (2010). Chemometric interpretation of digital image colorimetry. Application for titanium determination in plastics. *Microchemical Journal*, 96(2), 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2010.06.013>
- Moonrungssee, N., Pancharee, S., & Jakmunee, J. (2015). Colorimetric analyzer based on mobile phone camera for determination of available phosphorus in soil. *Talanta*, 136, 204–209. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.01.024>
- Peng, B., Zhou, J., Xu, J., Fan, M., Ma, Y., Zhou, M., ... Zhao, S. (2019). A smartphone-based colorimetry after dispersive liquid-liquid microextraction for rapid quantification of calcium in water and food samples. *Microchemical Journal*, 149(May), 104072. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104072>
- Rezazadeh, M., Seidi, S., Lid, M., Pedersen-Bjergaard, S., & Yamini, Y. (2019). The modern role of smartphones in analytical chemistry. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 118, 548–555. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.06.019>