

Imagens digitais e quimiometria – Uma abordagem em documentoscopia na avaliação de tintas de canetas pretas

Digital images and chemometric - An evaluation of black pen inks

RESUMO

Gabrieli Lima de Faria
gabriellimafaria@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Patrícia Valderrama
patriciav@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

A análise de tintas de canetas em papéis é uma área importante na química forense, podendo esta análise ser utilizada para identificar falsificações e alterações em um documento. Entretanto, muitos dos métodos instrumentais de análise são caros e/ou destrutivos, e nesta área, a destruição de documento deve ser evitada sempre que possível. Desta forma, este trabalho propõe a aplicação da ferramenta quimiométrica análise de fatores paralelos (PARAFAC) em imagens digitais obtidas a partir de um *smartphone* (iPhone 5s) para a avaliação não destrutiva de canetas pretas do tipo *ballpoint* de quatro marcas diferentes. Os resultados sugerem que uma avaliação não destrutiva pode ser realizada em um documento, a partir de uma foto (imagem digital) e da ferramenta quimiométrica PARAFAC, que mostrou uma distinção da caneta de marca compactor em relação às canetas de marca bic, paper mate e faber castell. Os *loadings* do modo das amostras podem ser comparados a uma medida de precisão no nível de repetibilidade, enquanto os *loadings* relativos ao modo dos canais R (*red*), G (*green*), B (*blue*) mostram exatamente qual a porção destes canais influencia na separação.

PALAVRAS-CHAVE: Canetas pretas. Imagem digital. Quimiometria.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

The pen ink analysis on paper is an important area in forensic chemistry, and this can be used to identify forgeries and alterations in a document. However, many of the analytical instrumental methods are expensive and/or destructive, and in this area, document destruction should be avoided whenever possible. Thus, this work proposes the application of the chemometric tool parallel factors analysis (PARAFAC) in digital images obtained from a smartphone (iPhone 5s) for the non-destructive evaluation of black ballpoint pens of four different brands. The results suggest that a non-destructive evaluation can be performed on a document, using a photo (digital image) coupled with the chemometric tool PARAFAC, which showed a distinction between the compactor pen in relation to the bic pens, paper mate, and Faber Castell. The loadings for the sample mode can be compared to a precision measure at the repeatability level, while the loadings related to the R (red), G (green), B (blue) channels mode of the show exactly which portion of these channels influences the separation.

KEYWORDS: Pen inks. Digital images. Chemometric.



INTRODUÇÃO

O emprego do conhecimento científico como ferramenta muitas vezes decisiva na elucidação de crimes vem aumentando. Na ciência forense, a química forense tem um papel de grande destaque com a aplicação dos conhecimentos da ciência química aos problemas de natureza forense (FARIAS, 2010, p.103).

A documentoscopia é um dos campos de atuação da química forense, e pode ser definida como a análise de tintas e papéis realizada para verificar a autenticidade de um documento e, em caso contrário, investigar a ocorrência de falsificação. Nestes casos as técnicas não destrutivas são geralmente preferidas para a análise por preservarem a integridade do documento analisado (SILVA et al., 2013).

A análise de tintas de canetas vem sendo investigada a partir de técnicas analíticas instrumentais como a espectroscopia na região do ultravioleta-visível (SILVA et al., 2013) e empregando imagem hiper espectral na região do infravermelho próximo (SILVA et al., 2014). Entretanto, apesar dessas técnicas apresentarem o potencial não destrutivo, normalmente o equipamento apresenta um custo elevado, e as imagens digitais podem ser uma alternativa.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi investigar o emprego de imagens digitais e quimiometria na discriminação de tintas de canetas pretas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram geradas amostras a partir de canetas dos tipos *ballpoint* das marcas compactor (modelo economic), bic (modelo crystal), paper mate (modelo kilométrica), faber castell (modelo medium). Todas as marcas apresentam a mesma espessura de ponta de 1.0 mm, e são constituídas por tinta de base oleosa (SILVA et al., 2014). Um total de 5 canetas de cada marca foram empregadas, gerando assim, 5 amostras para cada marca de caneta.

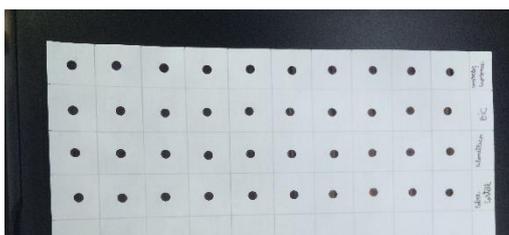
Para cada uma das canetas foram feitos círculos preenchidos de diâmetro 0,5 cm em papel branco com gramatura de 75 g/m². As folhas de papel foram acondicionadas em embalagem plástica fechada e guardadas em ambiente escuro durante uma semana. Após esse período, uma imagem foi obtida dos respectivos papéis a partir de um celular iPhone 5s (câmera com resolução 8MP, modo HDR (*High Dynamic Range*) auto, sem *flash*), a uma distância média de 30 cm entre a câmera e o documento. Foram mantidas as condições de luminosidade do ambiente no momento de captura das imagens (VALDERRAMA; VALDERRAMA, 2016).

As imagens foram processadas com o auxílio do software Matlab versão R2007b com a ferramenta quimiométrica de análise de fatores paralelos (PARAFAC) (BRO, 1997). Os resultados das imagens obtidas foram organizados no formato de um tensor de dados, onde cada amostra foi vetorizada a partir de seus canais R (*red*), G (*green*) e B (*blue*) e o tensor apresentou as dimensões de 4 x 5 x 768, referente as diferentes marcas de canetas, amostras, e canais R,G,B, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

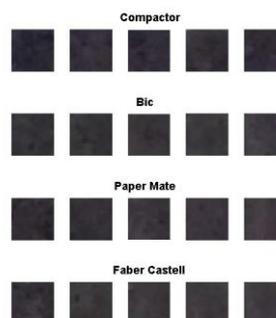
A Figura 1 apresenta a imagem obtida através de um *iPhone 5s* para as diferentes canetas pretas em papel com gramatura 75 g/m^2 . Visualmente a distinção entre as canetas pode ser uma tarefa bastante custosa. Assim, as imagens foram utilizadas conjuntamente com a ferramenta quimiométrica PARAFAC na tentativa de realizar uma análise não supervisionada e encontrar padrões de similaridades entre as diferentes marcas de canetas. Para tanto, cada um dos círculos representa uma amostra, em que para cada imagem 20×20 pixels foram importados para o ambiente de trabalho do Matlab (Figura 2) gerando um tensor de dimensões $\{20,20,3\}$, em que o número 3 corresponde as variáveis R, G e B, podendo assumir valores entre 0 e 255, então cada amostra, após vetorização apresentou a dimensão 1×768 (256 possíveis valores para as variáveis R, G e B colocados lado a lado nessa ordem). A partir do vetor de dados para cada amostra, foi montada uma matriz para cada uma das marcas de canetas. Estas matrizes foram então colocadas uma sobre a outra gerando a estrutura necessária para a aplicação do PARAFAC.

Figura 1 – Imagem obtida através de um *iPhone 5s* para as canetas pretas



Fonte: autoria própria.

Figura 2 – Imagens 20×20 pixels importadas para o Matlab



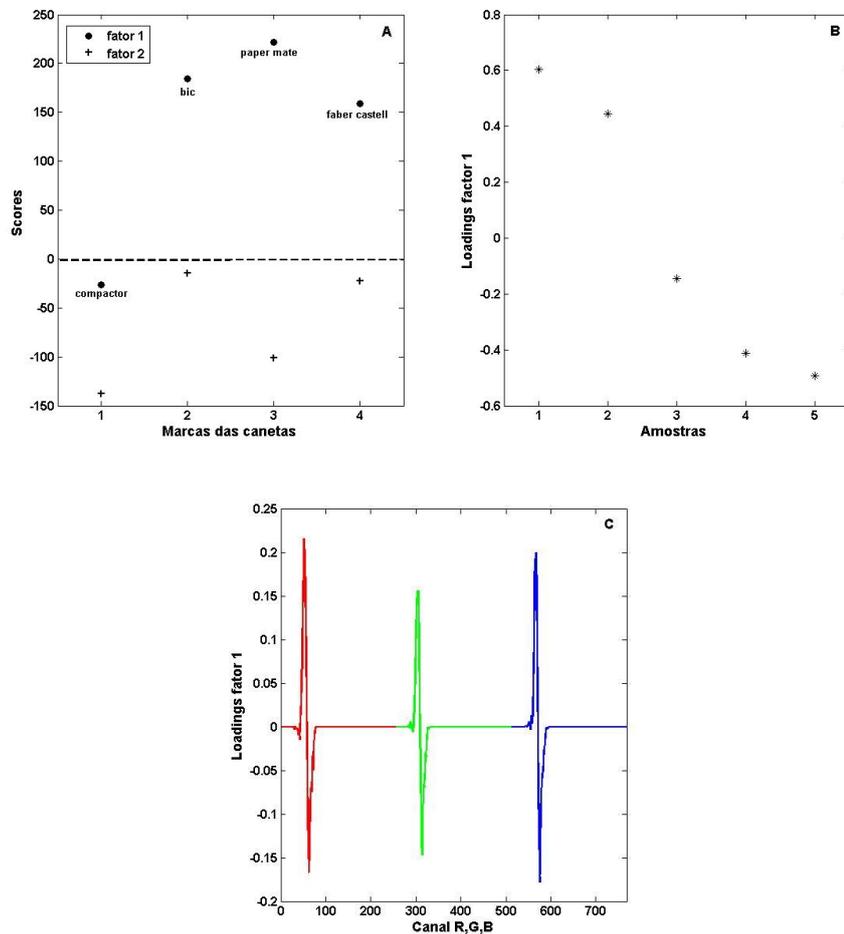
Fonte: autoria própria.

A escolha do número de fatores foi realizada empregando a ferramenta de diagnóstico matemático denominada de diagnóstico de consistência do núcleo (CORCONDIA) (BRO; KIERS, 2003). A ferramenta PARAFAC foi aplicada utilizando dois fatores na deconvolução, expondo valor para CORCONDIA de 100%.

Os resultados da aplicação do PARAFAC são apresentados na Figura 3. Os *scores* (Figura 3A) mostra que a caneta de marca compactor pode ser distinta das

demais no fator 1 (parte negativa). Portanto, somente os resultados do fator 1 serão discutidos para os *loadings*.

Figura 3 – Resultados do PARAFAC



(A) Scores. (B) Loadings do modo amostras. (C) Loadings do modo canal R,G,B.
 (B) Fonte: autoria própria.

Os *loadings* relativo às amostras (Figura 3B) podem ser comparados a uma medida da precisão no nível de repetibilidade, enquanto os *loadings* relativo aos canais R,G,B mostram qual a porção relativa desses canais que são responsáveis pela separação observada nos *scores*.

Dessa forma, os resultados sugerem que uma avaliação não destrutiva pode ser realizada em um documento, a partir de uma foto (imagem digital) e da ferramenta quimiométrica PARAFAC. Caso o documento tenha sido assinado ou escrito com uma caneta do tipo *ballpoint* das marcas bic, paper mate ou faber castell, e venha a ser rasurado com uma caneta do mesmo tipo, mas da marca *compactor*, essa fraude pode ser exposta a partir da metodologia aqui apresentada.

CONCLUSÃO

Tintas de canetas pretas do tipo *ballpoint* foram investigadas a partir de imagens digitais e quimiometria. Os resultados permitem concluir que as imagens digitais, juntamente com uma avaliação por PARAFAC permitem uma distinção da caneta de marca compactor em relação às canetas de marca bic, paper mate e faber castell. Os loadings do modo das amostras podem ser comparados a uma medida de precisão no nível de repetibilidade, enquanto que os loadings relativos ao modo dos canais R,G,B mostram exatamente qual a porção destes canais influência na separação. Dessa forma, os resultados sugerem que uma avaliação não destrutiva pode ser realizada em um documento, a partir de uma foto (imagem digital) e da ferramenta quimiométrica PARAFAC.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UTFPR, CNPq, e Fundação Araucária (033/2019).

REFERÊNCIAS

BRO, R. PARAFAC: Tutorial and applications. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 38, n. 2, p. 149-171, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0169-7439\(97\)00032-4](https://doi.org/10.1016/S0169-7439(97)00032-4). Acesso em: 01 set. 2020.

BRO, R.; KIERS, H. A. L. A new efficient method for determining the number of components in PARAFAC models. **Journal of Chemometrics**, v. 17, n. 5, p. 274–286, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cem.801>. Acesso em: 01 set. 2020.

FARIAS, R. F. **Introdução à química forense**. 3. ed. Campinas-SP: Átomo, 2010.

SILVA, V. A. G.; TALHAVINI, M.; ZACCA, J. J.; BRAGA, J. W. B. Análise discriminante de tintas de canetas esferográficas de cor preta em escrita cursiva usando espectroscopia UV-Vis e PLS-DA. *In: I ESCOLA DE INVERNO EM QUIMIOMETRIA*, 2013, São Carlos. **Anais da I primeira escola de inverno em quimiometria**. São Carlos, 2013, p. 59.

SILVA, V. A. G.; TALHAVINI, M.; PEIXOTO, I. C. F.; ZACCA, J. J.; MALDANER, A. O.; BRAGA, J. W. B. Non-destructive identification of different types and brands of blue pen inks in cursive hand writing by visible spectroscopy and PLS-DA for forensic analysis. **Microchemical Journal**, v. 116, p. 235-243, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2014.05.013>. Acesso em: 01 set. 2020.

VALDERRAMA, L.; VALDERRAMA, P. Nondestructive identification of blue pen inks for documentoscopy purpose using iPhone and digital image analysis including an approach for interval confidence estimation in PLS-DA models validation. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 156, p. 188–195, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemolab.2016.06.009>. Acesso em: 03 set. 2020.