

MICROESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO POR TRANSFORMADA DE FOURIER NO MODO REFLEXÃO TOTAL ATENUADA E TÉCNICAS QUIMIOMÉTRICAS APLICADAS À DETECÇÃO DE FRAUDES EM DOCUMENTOS

RESUMO

Cruzamento de traços, datação de tintas e lavagem química são alguns dos principais problemas que desafiam a Documentoscopia. As técnicas convencionais de ampliação não produzem resultado conclusivo para amostras de linhas sobrepostas, posto que as cores mais escuras causam a ilusão de óptica de que estão por cima das mais claras, sendo este o caso ou não. Há circunstâncias em que a falsidade documental se dá por anacronismo, que se mostra, por exemplo, em documento emitido em data posterior àquela nele declarada. Nesse cenário, é imprescindível a verificação de quando o documento foi concebido para alcançar a realidade dos fatos. Ainda, na situação de documentos lavados por imersão total, nos chamados “banhos químicos”, não se observam borrões e, à vista disso, cabe ao perito documentoscópico buscar outras evidências de que houve fraude. A Espectroscopia no Infravermelho é ideal para análise forense de tintas em documentos porque combina a seletividade química com o fato de ser uma técnica não destrutiva e que não requer nenhum preparo da amostra. A natureza multivariada e altamente correlacionada dos dados espectroscópicos exige que sejam tratados por ferramentas quimiométricas, que permitem a extração do máximo de informação desses sistemas multicomponentes. Nesse contexto, esse trabalho objetivou: i) determinar a sequência cronológica de traços em regiões de interseção heterogênea (envolvendo impressão e tinta de caneta); ii) discriminar e datar tintas envolvidas em interseções homogêneas (envolvendo canetas diferentes); e iii) detectar lavagem química em Certificado de Registro e Licenciamento de Veículos (CRLV) por Microespectroscopia no Infravermelho Médio por Transformada de Fourier no Modo Reflexão Total Atenuada (μ ATR-FTIR) e Análise Discriminante por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA). Interseções de linhas heterogêneas e homogêneas foram produzidas por quatro marcas de canetas esferográficas azuis, impressora a *laser* e a jato de tinta, com intervalo de sete dias entre as inscrições para garantir a secagem da tinta do primeiro traço. As amostras de cruzamento homogêneo foram submetidas a envelhecimento acelerado por exposição a lâmpada incandescente de 60 Watts por seis horas contínuas. Com o propósito de reproduzir fraudes por lavagem química dos dados do comprador ou do vendedor no documento, escreveram-se as letras “doc” com caneta esferográfica azul próximo a letras impressas do verso deste. Utilizando-se uma mistura adequada de solventes, removeu-se cuidadosamente a escrita. A partir das imagens espectrais das amostras de cruzamento heterogêneo e homogêneo e de lavagem foram escolhidos pontos de maior intensidade da banda sob a qual a imagem química foi formada. Construíram-se modelos de PLS-DA com os pontos selecionados. O método proposto mostrou-se adequado para os casos de cruzamento heterogêneo onde se utilizou impressão a *laser* e também impressão a jato de tinta, na medida em que agrupou os pontos de cruzamento e impressão quando era esperado e não o fez na disposição natural de traços, em que a tinta de caneta foi lançada sobre a linha impressa, o que configuraria um falso positivo. Além disso, o método foi capaz de diferenciar os traços de cinco das seis amostras de interseção homogênea estudadas. Na etapa de datação, o tempo de exposição a envelhecimento acelerado não foi suficiente para provocar degradação dos colorantes das tintas detectável pela técnica empregada. No que tange à detecção da lavagem química, foi verificada remoção parcial da tinta de impressão *offset*, original do reverso do documento, por μ ATR-FTIR e PLS-DA e remoção parcial da tinta fluorescente amarela de fundo do anverso por incidência de radiação na região do ultravioleta. Conclui-se que a técnica μ ATR-FTIR aliada a métodos quimiométricos, como PLS-DA, e a incidência de radiação UV mostraram-se adequadas para elucidação de diferentes tipos de fraudes em documentos, sendo ferramentas úteis à Documentoscopia.

MICRO-ATTENUATED TOTAL REFLECTION FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY AND CHEMOMETRIC METHODS APPLIED TO DETECTION OF DOCUMENT FRAUD

ABSTRACT

Overlapping lines, ink dating and chemical erasure are some of the major challenges that analysis of questioned documents faces. Conventional magnification techniques do not provide conclusive results for samples of overlapping lines, since darker colors cause the optical illusion that they are on top of the clearest ones, whether or not this is the case. There are circumstances in which the document falsity occurs by anachronism, seen for example, in a document issued at a later date than the one stated in it. In this scenario, the verification of when the document was designed is essential to achieve the reality of the facts. Also, in the situation of documents washed by total immersion, called “chemical baths”, blurs are not observed and therefore, forensic document examiners should look for other evidence that a fraud was committed. Infrared Spectroscopy is ideal for forensic analysis of inks on documents because it combines the chemical selectivity with the fact it is a non-destructive technique that requires no sample preparation. Multivariate and highly-correlated nature of spectroscopic data requires it to be processed by chemometric tools, which allow the extraction of the maximum amount of information from these multicomponent systems. In this context, this study aims to: i) determine the chronological sequence of strokes in heterogeneous intersection regions (involving printing and ink pen); ii) discriminate and date inks involved in homogeneous intersections (involving different pens); and iii) detect chemical erasure in CRLV (Certificate of Registration and Licensing of Vehicles) by Micro-Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (μ ATR-FTIR) and Partial Least Squares for Discriminant Analysis (PLS-DA). Overlaps of heterogeneous and homogeneous lines were produced by four brands of blue ballpoint pens, laser printer and inkjet, with an interval of seven days between registrations to ensure ink drying of the first stroke. Homogeneous overlapping samples were subjected to accelerated aging by exposure to incandescent lamp (60W) for six hours continuously. In order to reproduce fraud by chemical erasure of buyer or seller data in the document, the letters “doc” were written with blue ballpoint pen near printed letters on the back of the document. Using a suitable mixture of solvents, the writing was carefully removed. From the spectral images of homogeneous and heterogeneous overlapping samples and erasure samples, points were chosen that had greatest intensity of the band under which the chemical image was formed. PLS-DA models with the selected points were constructed. The proposed method showed to be adequate in cases of heterogeneous line overlapping in which laser and inkjet printing were used, since the method have grouped overlapping and printing points when expected and did not in the natural disposition of strokes, in which ink pen was dropped on the printed line, which would set a false positive. Furthermore, the method was able to differentiate the strokes of five among the six analyzed samples of homogeneous overlapping lines. In the dating stage, the accelerated aging exposure time was not sufficient to cause the degradation of ink colorants that could be detected by the technique. Regarding the detection of chemical erasure, partial removal of the offset printing ink, original to the back of the document, was verified by μ ATR-FTIR and PLS-DA as well as partial removal of the background yellow fluorescent ink from the front of the document by incidence of ultraviolet region radiation. In general the μ ATR-FTIR technique combined with chemometric methods, such as PLS-DA, and the UV incidence proved to be suitable for elucidation of different types of document fraud, being useful tools for document analysis.

FERREIRA, L.P. Microespectroscopia no Infravermelho Médio por Transformada de Fourier no modo Reflexão Total Atenuada e técnicas quimiométricas aplicadas à detecção de fraudes em documentos. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas, Belo Horizonte.

AUTORA: Luisa Pereira e Ferreira

ORIENTADORA: Clésia Cristina Nascentes

Data de defesa: 25/02/2015