

Análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV) de resíduo de tiro

Renato M Abreua, Juarês B de A Júnior^b, Pedro F Azevedoc, Rafael C Mansour^d, William R Machadoe e Marcelo H P da Silva*
Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais –
Praça General Tibúrcio, 80, 22290-270,
Praia Vermelha, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO: No presente estudo, analisam-se os diferentes métodos para a determinação de resíduo de tiro, com ênfase no uso do MEV, sua aplicação na análise residual e o uso de software para automatizar a busca por partículas determinantes em análises periciais.

ABSTRACT: In the present study, different methods for the determination of characteristic particles of gun shot residue are analyzed, with emphasis on the use of SEM, its application in the residual analysis and the use of softwares to automate the search for determinant particles in expert analyzes.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos. MEV. Partículas determinantes.

KEYWORDS: Residues. SEM. Determinant particles.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos métodos e técnicas que possam auxiliar a polícia na elucidação de suicídios, homicídios, entre outros incidentes com armas de fogo, é de fundamental importância para a perícia e para o desenvolvimento da ciência nesta área. O Brasil atingiu a marca recorde de 59.627 mil homicídios em 2014 (uma alta de 21,9% em comparação a 2005) [1], e, como meio alternativo para auxílio nas investigações, foi utilizada a análise automatizada de resíduos de tiro de alguns anos até hoje.

O resíduo de tiro, ou GSR (*gun shot residue*, GSR) é o resíduo depositado nas mãos e roupas daquele que dispara um armamento. Ele é composto principalmente de certas partículas queimadas e outras ainda intactas, do explosivo e propelentes e, possivelmente, de fragmentos do estojo, projétil de armamento.

Existem inúmeros testes para a determinação de GSR, tais como o teste de Griess, teste da parafina, análise por ativação de nêutrons, entre outros. Contudo, o foco deste artigo será na análise feita por meio do microscópio eletrônico de varredura (MEV).

2 RESÍDUOS DE TIRO (GUNSHOT RESIDUES - GSR)

A norma ASTM E1588 preconiza que partículas esféricas com aproximadamente 1 micrômetro de diâmetro, contendo simultaneamente os três elementos: Pb, Ba e Sb, sejam consideradas determinantes e são encontradas principalmente na palma e no dorso da mão do atirador, mesmo com a lavagem após os disparos em quantidade suficiente para análise [2]. A Tabela 1 apresenta elementos determinantes, ou seja: aqueles que comprovam a ocorrência de um disparo, bem como aqueles que são apenas indicativos de disparo de tiro.

Tabela 1: Elementos determinantes e indicativos de disparo de tiro.

DETERMINANTES	INDICATIVOS
Pb, Sb, Ba	Ba, Ca, Si
Sb, Ba	Pb, Sb
	Pb, Sb
	Pb, Ba
	Sb, S
	Sb
	Ba
	Pb
	Sem Pb, Sb, Ba

Romolo, F. S. e Margot P. .Identification of gunshot residue: a critical review, *Forensic Science International* 119 (2001) p. 195 - 211.

3 DIFERENTES MÉTODOS DE ANÁLISE

Dentre os métodos de análise existentes, podemos citar o teste da parafina e o teste de Griess - ambos analisam a presença de nitritos e nitratos, reagentes da pólvora - testes colorimétricos que caíram em desuso pelo número elevado de falsos positivos. Há também o teste do rodizonato de sódio, o qual é sensível às substâncias pertencentes ao iniciador (Pb e Ba). No entanto, possui baixa sensibilidade. Portanto, resultados negativos não indicam ausência de GSR [3].

O grande problema desses métodos para a detecção de GSR traduz-se no fato de que muitas partículas podem possuir elementos indicativos, mas que tenham sido provenientes de outras fontes. Por exemplo, podemos encontrar partículas determinantes em muitos dos materiais usados no dia a dia, como em tintas e soldas. Trabalhadores da indústria automobilística podem apresentar partículas de Ba, Pb e Sb nas mãos [4].

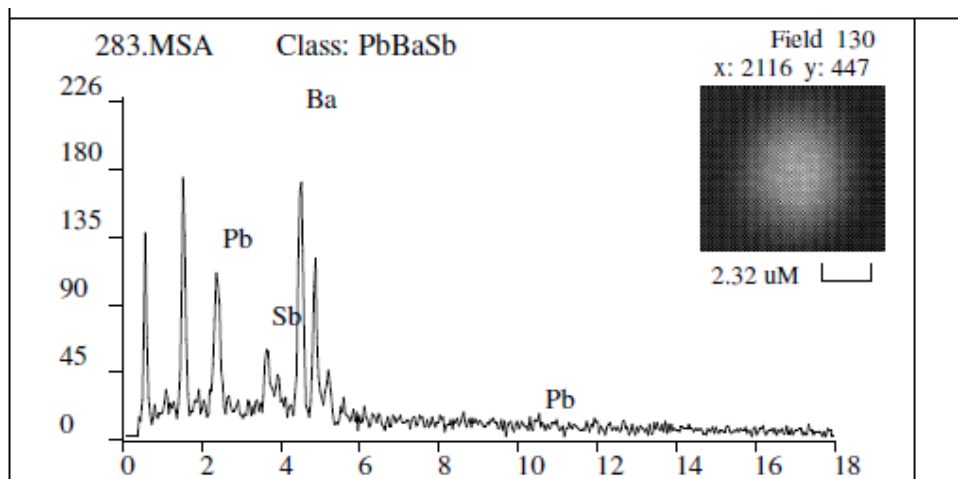


Fig. 1 – Espectro obtido em análise pericial no IME.

4 MEV

4.1 Princípio de Funcionamento

Pela possibilidade de apresentarem menor comprimento de onda do que os contidos no espectro de luz visível, os elétrons acelerados são capazes de resolver detalhes na superfície de uma amostra, obtendo melhor resolução de imagem do que a gerada em microscopia óptica.

Há duas formas de geração de imagens em MEV: por elétrons secundários e por elétrons retroespalhados. A geração de imagem por elétrons secundários utiliza os elétrons das camadas mais externas dos átomos da amostra, excitados pelo feixe eletrônico. Estes elétrons resultantes apresentam baixa energia e a imagem obtida será fiel ao relevo da amostra. Já os elétrons retroespalhados, gerados pela colisão elástica com os átomos da amostra, possuem alta energia e a imagem gerada por esses elétrons fornece diferentes informações em relação ao contraste que apresentam: além de uma imagem topográfica (contraste em função do relevo) também obtém-se imagem de composição (contraste em função do número atômico dos elementos presentes na amostra). Nas imagens formadas por elétrons retroespalhados, as regiões mais claras correspondem a regiões contendo elementos químicos mais pesados.

No caso do MEV utilizado no IME, o Quanta 250 FEG, seu feixe de elétrons primários é gerado pelo processo Schottky, em que o emissor de tungstênio com óxido de zircônio é aquecido até a energia dos elétrons exceder a função trabalho. O feixe é acelerado pela alta tensão criada entre o filamento e o ânodo, de aproximadamente 25kV, e, em seguida, focalizado sobre a amostra por lentes eletromagnéticas, interagindo com ela e produzindo elétrons que podem ser coletados por detectores, amplificados e convertidos em um fotomultiplicador, gerando a imagem.

4.2 EDS

Um analisador de raios X é acoplado ao MEV (espectrômetro de raios X por dispersão de energia - EDS), trazendo um método baseado no princípio de energia de um fóton do espectro do raio X, em que sua frequência é proporcional à energia. Quando os elétrons do feixe principal se chocam com os átomos da amostra, ocorre a emissão de radiação em forma de raio X de várias frequências, cujos fótons atingirão

um detector, que será capaz de determinar suas respectivas energias. Isso torna possível a elaboração de um espectro, com a abscissa sendo a energia dos fótons (keV) e a ordenada o número de fótons recebidos (contagens), semelhante ao exemplificado na Fig. 1.

4.3 Análise de GSR por MEV:

As maiores vantagens na utilização de um MEV são a alta resolução e grande profundidade de foco, além da possibilidade de realizar a análise em EDS, fazendo com que as partículas sejam identificadas.

O tempo excessivo de operação requerido para a busca e caracterização de partículas dificulta análise pericial residuográfica em MEV. No Instituto Militar de Engenharia, é utilizado o programa Genesis GSR-XT, instalado no microscópio FEI Quanta 250 FEG. Esse sistema automatizado reduz o tempo de análise e praticamente elimina o erro do operador, uma vez que sistematiza a busca. É possível analisar até 16 amostras, seguindo a metodologia preconizada pela norma ASTM E1588-08.

5 CONCLUSÃO

O equipamento MEV pode ser usado com alta performance na análise de objetos diferentes de armas de tiro, como facas, bastões, cordas, pés-de-cabra, etc. Podem ser vistos diversos vestígios diferentes que indiquem onde foi comprada a arma, onde foi deixada após o crime, modificações feitas após sua fabricação etc.

O MEV pode ser utilizado para o exame de projéteis, uma vez que os materiais do alvo, tais como fragmentos de osso, podem ajudar na reconstrução da cena do crime. Esse microscópio tem sido usado para estudar as marcas feitas pelas impressões do percussor nas cápsulas dos cartuchos usados. Essas descobertas podem ser úteis para determinar qual arma foi usada para disparar o cartucho e consequentemente determinando se a arma era de posse policial ou contrabandeada [5].

Portanto, o método de análise de GSR com o auxílio do MEV e seus equipamentos auxiliares, softwares especializados, técnicas e detectores apropriados, constitui uma maneira eficiente e precisa de análise das amostras de perícia empregada atualmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [4] **Mapa da Violência 2016** - <<https://oglobo.globo.com/brasil/mapa-da-violencia-2016-mostra-recorde-de-homicidios-no-brasil-18931627>>. Acesso em: 14 de abril 2017.
- [5] Wessel, JE; Jones PF; Kwan QY; Nesbit t, RS; Rat tin, E.J. 1974. **Equipment systems improvement program gunshot Residue detection**. The Aerospace Corporation. USA.
- [6] DUARTE, Anaí. **Caracterização elementar de resíduos de disparo de armas de fogo gerados por munição de fabricação brasileira**. 2014.
- [7] GAROFANO, L. et al. **Gunshot residue: further studies on particles of environmental and occupational origin**. Forensic Science International, v. 103, n. 1, p. 1-21, 1999.
- [8] **Examination of Gunshot Residue** - <<http://library.med.utah.edu/WebPath/TUTORIAL/GUNS/GUNGSR.html>>. Acesso em: 20 de maio 2017