



Identificação de resíduos de disparos de arma de fogo utilizando fluorescência de raios X por dispersão em energia

Gunshot residue identification using fluorescence X-rays by energy dispersive

Wesley Machareth Lisboa¹

Joaquim Teixeira de Assis²

José Humberto Zani³

Resumo: Um crescimento exponencial da violência tem sido assistido pela sociedade moderna em todo o mundo. Neste cenário, o emprego de armas de fogo (AF) está relacionada com a violência de uma forma significativa. Neste contexto, vários trabalhos científicos têm sido desenvolvidos com o objetivo de reduzir os índices de violência relacionada com armas de fogo e dando suporte aos trabalhos de investigação. O presente trabalho consiste na pesquisa para a identificação de resíduos de disparos de arma de fogo, Gunshot residue (GSR), que são depositados nas mãos dos atiradores. Foi utilizado um espectrômetro portátil de raios X, produzido pela AMPTEK, com tubo de raios X de anodo de Au. As amostras foram submetidas a um feixe com 15 kV de tensão e corrente de 15 μ A por um tempo de medida de 300s. Os espectros foram construídos com auxílio do programa DppMca, também fornecido pela AMPTEK. Até o momento os resultados obtidos através de amostras extraídas de atiradores e não atiradores mostraram que o uso da técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF) torna possível identificar elementos característicos de disparos de armas de fogo, GSR.

Palavras-chave: Resíduos de disparos; arma de fogo; fluorescência de raios X.

¹ UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico de Engenharia

² UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

³ Instituto Politécnico de Engenharia, UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Abstract: Worldwide, an exponential growth of violence has been noticed by modern society. In this scenario, the use of firearms is associated with violence in a meaningful way. In this context, several scientific studies have been developed in order to reduce the levels of violence related to firearms and supporting investigation work. This work consists of a research that aims to identify waste firearm shot, Gunshot residues (GSR), which are deposited in the hands of shooter. A portable X-ray spectrometer, manufactured by AMPTEK with x-ray tube anode Au was used. The samples were subjected to a 15 kV beam voltage and current of 15 μ A for a measurement time of 300s. Spectra were built with the aid of DPPMca software, also provided by AMPTEK. So far the results obtained from samples taken shooters and not shooters shows that the use of X-ray energy dispersive fluorescence technique (EDXRF) makes possible to identify characteristic elements of firearms shots, GSR.

Keywords: Gunshot residue, Firearms, Fluorescence X-ray.

1. Introdução

Um crescimento exponencial da violência vem sendo assistido pela sociedade moderna em todo o mundo. Neste cenário, o emprego de armas de fogo (AF) está relacionado à violência de forma significativa. Segundo a Constituição brasileira, às polícias não cabe apenas o desenvolvimento do que se nomeia por policiamento ostensivo, ou de prevenção, mas também o serviço de investigação (Brasil, 1988).

Segundo Mapa da Violência, em que foram avaliadas 90 nações, o Brasil ocupa o 11º lugar no *ranking* de vítimas fatais por disparo de armas de fogo. Apenas países do porte de Venezuela, El Salvador, Trinidad e Tobago e Iraque são mais violentos que o Brasil (Coura, 2015).

Quando uma AF é disparada ocorre, em seu interior, a queima de uma carga de projeção que faz com que o projétil seja arremessado, através do cano, em direção a um alvo. Este conjunto de eventos resulta na produção de diversas partículas que, por conseguinte, são lançadas, tanto pelo cano quanto pelo espaço entre tambor e armação, para a parte externa. Partes destes resíduos permanecem retidas no interior do cano da arma, mas, boa parte é expelida e acaba por se depositar nas mãos, roupas e cabelos do atirador (Zeichner *et al*, 1993). A detecção e identificação de tais resíduos podem indicar o autor do disparo e representam um importante dispositivo a ser empregado, pela polícia técnica, na elucidação de crimes de homicídio.

O Exame Residuográfico, consiste em coletar amostras das mãos do suspeito, através de fitas adesivas, e borrifá-las com solução acidificada de Rodizonato de Sódio. As referidas fitas ao apresentarem um espalhamento de pontos de cor avermelhada, indicam resultado positivo. Trata-se de uma técnica bastante simples e largamente utilizada pela Polícia de São Paulo, porém, “foram obtidos resultados positivos nas mãos de pessoas que não dispararam armas na data do exame, bem como resultados negativos em pessoas que haviam disparado há poucos minutos” (Neto, 2009), além de limitar-se, somente, à identificação de partículas de chumbo. “Em 2000, o Instituto Militar de Engenharia foi consultado pelo Hospital Central do Exército (HCE) sobre a possibilidade de realizar exame de resíduos de tiro utilizando microscopia eletrônica de varredura (MEV). Desde então, esse exame tem sido rotineiramente realizado no Laboratório de Microscopia Eletrônica da Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais (SE/4) em casos militares” (Martiny *et al*, 2008).

Estudos mostram que a identificação dos elementos antimônio (Sb), Bário (Ba) e Chumbo (Pb), são elementos característicos do resíduo de disparos arma de fogo, *Gunshot residues* (GSR) (ASTM E 1588-10, 2010).

Neste trabalho é empregada a técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia, (*Energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF)*), com o objetivo de investigar a eficiência do método, na identificação dos elementos químicos, que possam caracterizar a contaminação de uma amostra, por disparos de AF, e.g., Sb, Ba e Pb.

2. Metodologia

No estande de treinamento de tiro da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ), um Policial Militar voluntário, realizou dez disparos com um revólver calibre 38, de marca Taurus. A escolha deste tipo de armamento foi motivada pelo fato de, além de se tratar do tipo de arma com maior índice de apreensão, trata-se de uma arma que propicia uma maior projeção de micropartículas para o meio externo devido ao espaço existente entre o cano da arma e o tambor. Pistolas, devido a seu funcionamento basearem-se no aproveitamento da expansão dos gases, acaba por produzir uma menor projeção dessas micropartículas.

Utilizou-se, para a coleta de amostras, algodão em hastes plásticas embebidas em solução de ácido etilendiamino tetra-acético (EDTA) a 2%. O método empregado para a coleta foi o de esfregação, que consiste em esfregar por 10 vezes o algodão da haste na pele do voluntário, sendo este método aplicado às regiões da mão de empunhadura mais propícias a deposição do GSR, dorso da pinça-palmar e dorso-palmar. (Acevedo *et al*, 2013).

As amostras foram coletadas antes e logo após a realização dos disparos. Para que contaminações extras não ocorressem foi solicitado ao voluntário que lavasse as mãos, com detergente neutro, antes do início do experimento. Para fins de comparação foi coletada, utilizando-se do mesmo método, amostra de resíduos de um voluntário que se supõe não manter contato com AF.

As amostras de algodão do esfregação produzidas foram analisadas num espectrômetro portátil de raios X, produzido pela AMPTEK, com tubo de raios X de anodo de Au. As amostras foram presas com fitas adesivas em uma plaqueta de acrílico e posicionadas considerando-se o ângulo de 45° entre o eixo definido pelo feixe de raios X e o eixo ortogonal central ao plano da janela de entrada do detector. As amostras foram posicionadas no ponto de interseção entre estes dois eixos e submetidas a um feixe de raios X produzido com 15kV de tensão e corrente de 15µA por um tempo de medida de 300s. Os espectros foram construídos com auxílio do programa DppMca, também fornecido pela AMPTEK. Todas as medidas foram realizadas no Laboratório de Ensaios Físicos (LEF) do Instituto Politécnico da UERJ (IPRJ). Através dessa técnica EDXRF foi possível identificar os elementos contidos nas amostras e verificar a existência de elementos característicos de GSR.

3. Resultados

A Figura 1 apresenta o espectro obtido a partir da amostra coletada da mão de empunhadura de um voluntário que se supõe não manusear AF. Pode ser verificado, conforme dados da Tabela 1, que dentre os elementos identificados existe uma pequena concentração de Sb, que apesar de ser um elemento característico de GSR, pode se tratar de elemento proveniente de algum outro tipo de contaminação. Nota-se, também, que os elementos Pb e Ba não foram considerados pela sua baixa contagem.

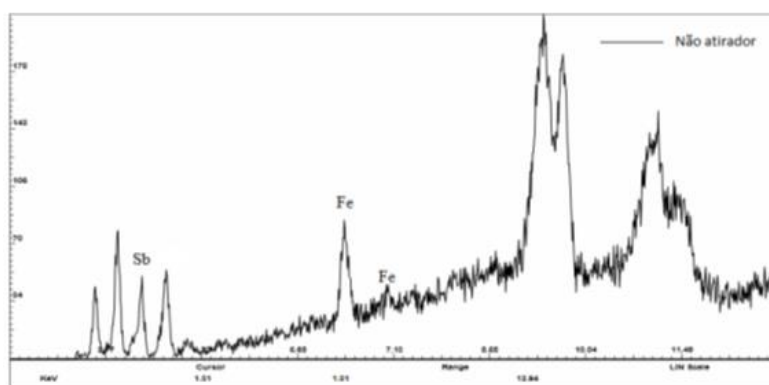


Figura 1 - Espectro de amostra coletada de voluntário que não manuseia armas de fogo

Tabela 1 – Elementos da amostra de não atirador.

Elemento	Contagem
Sb(L α)	11
Ba(L α)	-
Fe(K α)	67
Fe(K β)	40
Pb(L α)	-
Zn(K α)	-
Cu (K α)	-

A Figura 2 apresenta, a seguir, o espectro adquirido a partir de amostra coletada da mão de empunhadura de um Policial Militar, voluntário, antes que este efetuasse os disparos. Segundo levantamento prévio o voluntário realiza manutenção dos armamentos do 11º BPMERJ. Pelos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que existe certa quantidade de Sb, e os elementos Pb e Zn também não foram considerados devido às suas baixas contagens.

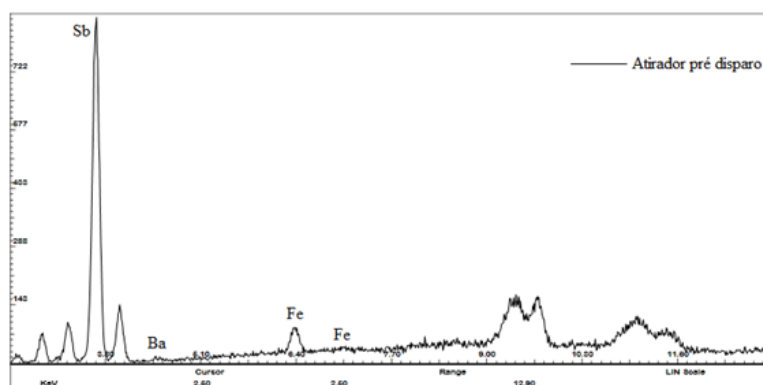


Figura 2 - Espectro de amostra coletada antes da realização dos disparos (Policial Militar).

Tabela 2 – Elementos da amostra de Policial Militar.

Elemento	Contagem
Sb(L α)	166
Ba(L α)	10
Fe(K α)	87
Fe(K β)	39
Pb(L α)	-
Zn(K α)	-
Cu(K α)	-

O espectro apresentado na Figura 3 foi obtido a partir da amostra coletada da mão de empunhadura do Policial Militar voluntário logo após a realização dos disparos. Verificou-se um aumento na contagem de alguns elementos, exceto pelo Sb, que apresentou uma ligeira redução, conforme Tabela 3. Os elementos característicos do GSR, mesmo que em baixa contagem, puderam ser identificados e notou-se a presença de Zn e Cu, o que não ocorreu nos demais espectros.

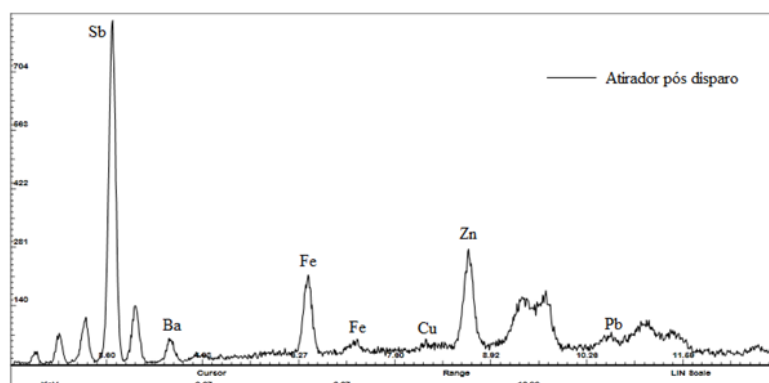


Figura 3 – Espectro de amostra coletada após a realização dos disparos (Policial Militar).

Tabela 3 – Elementos da amostra de Policial Militar.

Elemento	Contagem
Sb(L α)	142
Ba(L α)	43
Fe(K α)	215
Fe(K β)	59
Pb(L α)	66
Zn(K α)	246
Cu(K α)	55

Na Figura 4 é apresentada a comparação entre os espectros obtidos das amostras do Policial Militar, antes e após realização dos disparos. Exceto pelo elemento Sb, que já havia sido identificado na amostra pré-disparo, os elementos Ba (L α e L β) e Pb (L α e L β) foram identificados. Verifica-se, ainda, o surgimento dos elementos Zn (K α), Cu (K α).

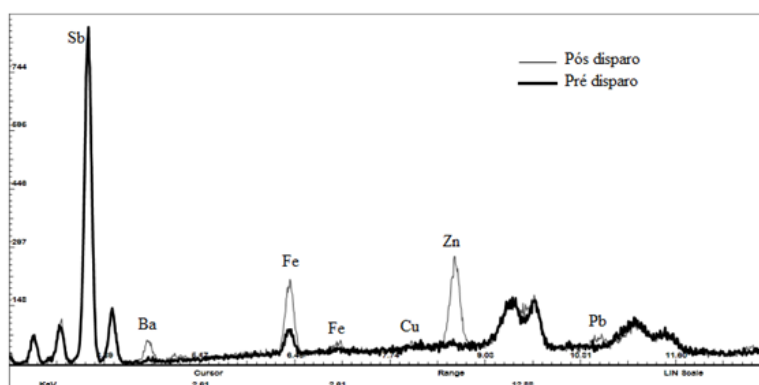


Figura 4 - Comparação entre os espectros obtidos de amostra do Policial Militar (pré X pós-disparo).

Na Figura 5 é apresentada a comparação entre os espectros das amostras do voluntário que não manuseia AF e do voluntário Policial Militar após a realização dos disparos. Verifica-se que a contagem do elemento Sb, encontrada na amostra obtida da mão de empunhadura do voluntário que não manuseia AF, é muito inferior à contagem do voluntário que realizou os disparos. Na Tabela 4 estão listados os elementos identificados em cada amostra e suas respectivas contagens. A partir dessas informações foi elaborado o gráfico, apresentado na Fig. 6, que mostra o comportamento das variações dos elementos identificados em cada amostra correspondente à Tabela 4.

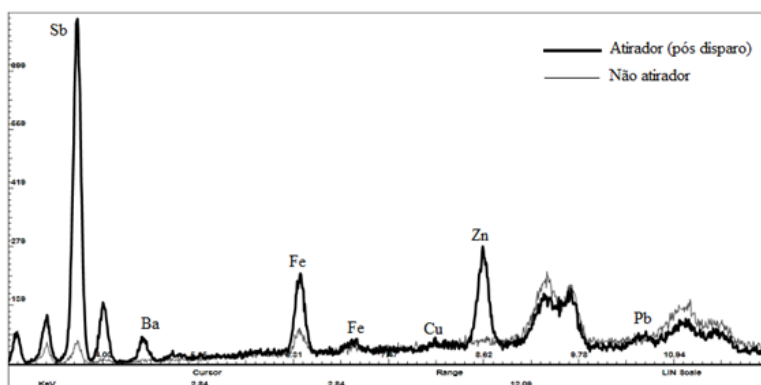


Figura 5 - Comparação entre os espectros obtidos de voluntário que não manuseia AF X Policial Militar (pós-disparo).

Tabela 4: Contagem dos elementos presentes nos esfregaços dos três experimentos.

Elemento	Não atirador	Atirador (pré-disparo)	Atirador (pós-disparo)
Sb(L α)	11	166	142
Ba(L α)	-	10	43
Fe(K α)	67	87	215
Fe(K β)	40	39	59
Pb(L α)	-	-	66
Zn(K α)	-	-	246
Cu(K α)	-	-	55

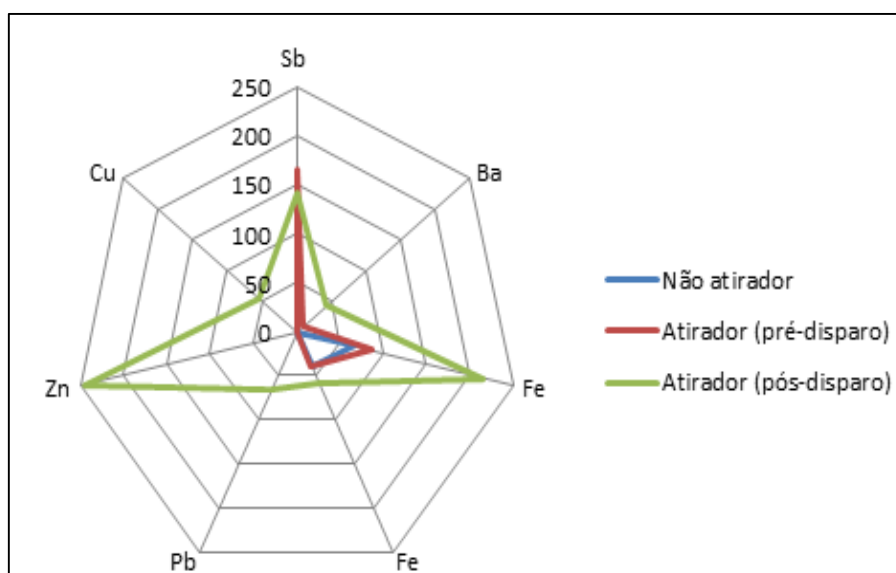


Figura 6 – Gráfico comparativo entre amostras.

4. Conclusões

Diversas são as atividades exercidas pelo homem que podem vir a gerar sua contaminação por elementos comuns aos característicos de GSR, porém, conforme pode ser verificado na Figura 4, mesmo um Policial Militar que, cotidianamente, manuseia AF, apresentou, em sua amostragem, alterações da detecção dos elementos Pb e Ba.

Na Figura 5 observa-se a presença dos elementos característicos de GSR. Sb, Ba e Pb, mostram-se presentes com contagens superiores aos coletados da mão do não atirador. Os elementos Fe, Cu e Zn também foram identificados nas amostras pós-disparo. O Fe origina-se do atrito entre o projétil e as paredes internas do cano da AF; o estojo que envolve o projétil é constituído de latão (liga de Cu e Zn), o que explica o surgimento destes elementos logo após os disparos.

A Figura 4 mostra que elementos característicos de GSR foram, mesmo que em baixa contagem, identificados. O elemento característico Sb foi identificado na amostra coletada da mão de empunhadura do voluntário Policial Militar antes mesmo da realização dos disparos e em concentração superior. Essa contaminação pode ser explicada pelo fato de o voluntário manusear cotidianamente AF e sugere que novos estudos sejam realizados a fim de se verificar uma possível contaminação por este elemento neste meio profissional. As diferenças de contagem originam-se do posicionamento das amostras diante do detector.

Por fim, na Figura 6, é possível verificar, de forma gráfica, a variação entre os elementos identificados em cada amostra e o surgimento dos elementos Pb, Zn e Cu, característicos de GSR (ASTM E 1588-10, 2010), logo após a realização dos disparos.

Conclui-se que é possível, com o emprego da técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia, cf., *Energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF)*, verificar variações da contagem de elementos característicos de GSR e que as presenças ou ausências destes elementos podem vir a orientar os rumos de uma investigação criminal.

Mais experimentos devem ser realizados para que seja possível obter maiores valores de contagem aumentando o tempo de medida e, com uso de padrões, estabelecer valores quantitativos dos elementos encontrados.

5. Referências

ACEVEDO, M. S.; NERI, T.S.; CARVALHO, D.C.; BATISTA, M.F.; COELHO, N.M.M. Otimização da coleta de resíduos de disparo de arma de fogo frente ao teor de Sb. 53º Congresso Brasileiro de Química, 2013. Rio de Janeiro, Brasil.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM E1588-10: Standard guide for gunshot residue analysis by scanning electron microscopy/ energy dispersive x-ray spectrometry, ASTM, 2010. West Conshohocken, PA.

BRASIL. Constituição. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. Senado, Brasília.

COURA, K. 2015. Brasil é o 11º país com mais mortes por arma de fogo, Revista Veja.

MARTINY, A.; PINTO, A. L. 2008, Aplicação da microscopia eletrônica de varredura à análise de resíduos de tiro. Revista Militar de Ciência e Tecnologia, v. 25, n. 3, p. 24-35.

NETO, O. N. 2009. Os Laboratórios criminalísticos na moderna investigação policial.

ZEICHNER, A.; LEVIN, N. 1993. Collection efficiency of gunshot residue (GSR) particles from hair and hands using double-side adhesive tape. J. Forensic Sci., v. 38, p. 571-584.