

USO DA MICROSCÓPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) EM BALÍSTICA FORENSE

USE OF ELECTRONIC SCAN MICROSCOPE (SEM) IN FORENSIC BALLISTICS

PEREIRA, Fernando da Silva Alves¹
CAMPOS, Joara de Paula²

RESUMO

Os resíduos de arma de fogo dispersos no momento do disparo quando bem analisados podem ser uma ótima ferramenta para elucidação de crimes. Na busca por maior especificidade começou-se a utilizar o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) nos exames Periciais. Este trabalho apresentará de que forma o MEV pode ser utilizado na Balística Forense para análise de resíduos de disparo de armas de fogo. De forma complementar será apresentado estudo de caso da Polícia Militar de Goiás comprovando a importância do MEV para resolução de crimes envolvendo armas de fogo. Foram selecionados artigos, teses e monografias publicados nas bases de dados da Biblioteca Digital da Universidade Federal de Goiás - UFG, Universidade de São Paulo - USP, UNICAMP, Biblioteca Digital brasileira de teses e dissertações, Domínio Público, Forensic Science International, Journal of Forensic Sciences. Indexados pelos seguintes descritores: balística forense, microscópio eletrônico de varredura, MEV, scanning electron microscope, SEM e forensic firearm identification. Conclui-se no trabalho que a utilização de MEV proporciona uma variedade de resultados pertinentes a balística forense que quando analisados criticamente são capazes de elucidar crimes que antes poderiam ser considerados insolúveis por métodos menos específicos.

Palavras-chave: Microscopia Eletrônica de Varredura; MEV; resíduos de tiro.

ABSTRACT

Firearms scattered at the time of shooting when well analyzed can be a great tool for elucidating crimes. In the search for greater specificity we started to use the Scanning Electron Microscope (SEM) in the exams. This paper will present how the MEV can be used in Forensic Ballistics for the analysis of firearm residues. In a complementary way, a case study of the Military Police of Goiás will be presented, confirming the importance of the MEV for the resolution of crimes involving firearms. Selected articles, theses and monographs published in the databases of the Digital Libraries of the Federal University of Goiás - UFG, University of São Paulo - USP, UNICAMP, Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations, Public Domain, Forensic Science International, Journal of Forensic Sciences. Indexed by the following descriptors: forensic ballistics, scanning electron

¹Aluno do Curso de Formação do Comando da Academia da Polícia Militar de Goiás CAPM, Especialista em Ciências Forenses; fspereira42@gmail.com; Trindade – Go, Fevereiro de 2018

²Professor orientador: Mestre em Ciências Biológicas (Genética), Perita Criminal da Superintendência da Polícia Técnico-Científica do Estado de Goiás; joarapc@gmail.com, Goiânia – Go, Fevereiro de 2018.

microscopy, MEV, SEM and forensic firearm identification. It is concluded in the paper that the use of SEM provides a variety of results relevant to forensic ballistics that when analyzed critically are able to elucidate crimes that previously could be considered insoluble by less specific methods

Keywords: Scanning Electron Microscope; SEM; gunshot residue.

1 INTRODUÇÃO

A análise de armas de fogo é de extrema importância para a Perícia Criminal, e conseqüentemente para a segurança pública como um todo, pois, a partir desta, a Balística Forense pode identificar se um indivíduo efetuou ou não um disparo e a trajetória feita pelo projétil até a sua parada final, podendo chegar assim, ao possível autor de um homicídio, ou evitando que um inocente seja incriminado.

A Balística Forense pode atuar também, em casos onde há fraude processual por meio da violação do local de crime na tentativa de forjar um delito cometido por arma de fogo, ou até mesmo um suicídio. Em se tratando de Polícia Militar, a perícia é elemento fundamental e de extrema importância para comprovar se houve troca de tiros e que determinada guarnição agiu em legítima defesa, evitando assim uma condenação injusta dos policiais, ou trazendo a verdade dos fatos para que os responsáveis sejam penalizados.

As perícias se baseiam nos resíduos de pólvora deixados no corpo do atirador, principalmente nas mãos, nas marcas deixadas nos cartuchos deflagrados pelo funcionamento da arma de fogo, nas marcas causadas no projétil por consequência dos raiamentos presentes no cano da arma, e, quando o projétil atravessa determinada superfície ou tem sua trajetória alterada (ricochete), é possível analisar também, micro partículas que ficam impregnadas no projétil.

Com o passar dos anos, as armas de fogo, as munições e os sistemas de funcionamento evoluíram, e houve necessidade de que os meios utilizados

para suas respectivas análises também se tornassem mais sofisticados. Em se tratando de munições, começou-se a utilizar um novo formato de pólvora, que é uma substância química composta basicamente por Nitrogênio, Oxigênio e Carbono, chamada também de Propelente.

A partir deste novo elemento utilizado nas munições, os mecanismos de identificação destes resíduos e as perícias ficaram comprometidos, uma vez que os métodos utilizados já não atendem as exigências de um laudo pericial, que é parte determinante na busca pela verdade real dos fatos no processo de condenação de um criminoso.

Para a análise do projétil propriamente dito, na maioria das vezes a técnica disponível era o microscópio óptico, que não oferece resultados precisos devido ao seu baixo grau de especificidade, pois, se restringe apenas a análise visual/morfológica da amostra.

Na busca por novas técnicas mais precisas, uma das saídas que vem sendo utilizada pelos laboratórios mais sofisticados, é o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), onde a inspeção passa a ser pela estrutura da partícula, que pode ser estudada em conjunto ou isoladamente, aumentando assim o nível de especificidade de determinada amostra.

Porém, existem situações em que a análise de resíduos de pólvora não será o foco da perícia, sendo necessário analisar outros elementos. Portanto, o objetivo deste artigo é fazer uma revisão da literatura sobre as formas de aplicação do MEV em Balística Forense principalmente na análise de partículas que ficam impregnadas no projétil quando este tem sua trajetória alterada por ação de um ricochete, onde será relatado um caso real envolvendo Policiais Militares do Estado de Goiás.

2 REVISÃO DA LITERATURA.

Segundo Lisboa, Assis e Zani (2017), quando uma arma de fogo é

disparada ocorre, em seu interior, a queima de uma carga de projeção responsável por lançar o projétil à frente chamada de propelente, que por sua vez fica alojada no interior da cápsula ou estojo, fazendo com que se formem gases contendo resíduos sólidos, oriundos do disparo.

Reis, Sarkis e Rodrigues (2004) esclarecem que parte desses resíduos permanece no interior do cano, em volta do tambor e da câmara de percussão da própria arma, e o restante é projetado para fora, atingindo principalmente as mãos, os braços, e as roupas do atirador, além de se espalharem pela cena do crime.

De acordo com Martiny e Pinto (2008), nas pistolas, essa dispersão ocorre principalmente pela boca do cano e pela janela de ejeção. Já nos revólveres, o material é projetado pelo cano e pelas folgas do tambor. Por fim nas armas longas, como fuzis e as carabinas, os gases podem ser dispersos pelo cano, janela de ejeção, e quebra-chamas.

Para Novaes *et al* (2015), com a dispersão, os resíduos além de projetados no atirador, são também impelidos no local do disparo sob a forma de aerossol, se tornando objeto de estudo para a Perícia Criminal.

Os resíduos produzidos por arma de fogo são uma importante evidência criminal, pois, a partir de suas respectivas análises, é possível estimar a distância em que ocorreu o disparo, identificar perfurações por projétil e, principalmente, relacionar o envolvimento de pessoas com a cena do crime onde houve disparo de arma de fogo (MARTINY & PINTO, 2008).

Dentro da Perícia Criminal, a área responsável pela investigação de armas de fogo é a Balística Forense. Rabelo (1996) define esta ciência como a parte do conhecimento criminalístico que tem como objetivo o estudo das armas de fogo e os fenômenos por ela causados, contribuindo assim para a elucidação de crimes tanto na esfera civil como penal.

Quando falamos desta ciência criminal, devemos analisa-la em três

partes: balística interna, externa e terminal. De acordo com Vanini (2014), balística interna é aquela que se ocupa em estudar a estrutura e os mecanismos de funcionamento da arma de fogo. Já a balística externa, estuda a trajetória que o projétil faz ao sair da boca do cano da arma, até sua parada final ou total. E por fim a balística terminal, que estuda os efeitos causados pelo projétil quando encontra o alvo.

Para a análise dos resíduos produzidos pelo disparo de arma de fogo, os peritos criminais utilizam de alguns testes na busca de resultados que possam servir de embasamento científico para que o Juiz possa tomar sua decisão na análise do caso concreto.

Um método bastante utilizado para detectar resíduos de pólvora nas mãos do atirador, é o Rodizonato, que é um teste colorimétrico, onde a amostra é coletada nas mãos do suspeito por meio de uma fita adesiva do tipo esparadrapo. Posteriormente é adicionada sobre o material coletado a solução de rodizonato de sódio. Após a adição, caso haja presença de chumbo, a coloração em evidência deverá ser avermelhada (CHEMELO, 2007).

Apesar de ser uma técnica simples e prática, não garante precisão, podendo gerar resultados falsos positivos, devido ao método de coleta simples e também pelo fato de a solução adicionada só revelar presença de chumbo, não trazendo informações sobre a origem deste chumbo, se é resultado de um disparo de arma de fogo, ou fruto da própria profissão do suspeito, como por exemplo: mecânico (devido ao uso de graxas lubrificantes que possuem chumbo na composição), cabeleireiro (devido ao uso de tinta capilar que também possui chumbo na composição) entre outros (OLIVEIRA, 2006).

Portanto, um resultado positivo com este teste não indica, de maneira específica e confiável, se o suspeito efetuou um disparo de arma de fogo, o que pode levar a autoridade a conceder liberdade um criminoso ou condenar um inocente, gerando assim um transtorno grande para a segurança pública em todas as suas searas (DUARTE, 2014).

Na busca de novos recursos para tornar a Balística Forense mais precisa, começou-se a utilizar o (MEV) para identificação de resíduos do tiro, como também possíveis irregularidades nos cartuchos provocados pelo mecanismo **único** de disparo que cada arma de fogo possui.

Martiny e Pinto (2008) defendem que, apesar de sua complexidade, o MEV se destaca na categoria por ter o seu princípio de funcionamento bastante simples e por ser o equipamento de maior versatilidade quando se trata de Análise estrutural de partículas sólidas, e por isso, é empregado na Balística Forense.

Um dos desafios desta ciência forense é a dificuldade em determinar se um indivíduo disparou ou não uma arma de fogo. Para isso o teste precisa gozar de alta sensibilidade, para descobrir até os menores traços dos elementos marcadores, e alta especificidade, para que não haja falsos positivos (TOCCHETTO, 2013).

Tem-se que as armas modernas utilizam pólvora ou carga de projeção que podem apresentar base simples, base dupla ou base tripla. As pólvoras de base simples são basicamente constituídas de nitrocelulose. As de base dupla apresentam nitrocelulose e nitroglicerina. As de base tripla apresentam nitrocelulose, nitroglicerina e nitroguanidina. Sendo assim sua composição química é predominantemente de nitrogênio (N), oxigênio (O) e carbono (C), elementos muito comuns no meio ambiente, trazendo dificuldades à associação da detecção do elemento com o uso de armas de fogo (ZEICHNER, 2003).

Dentre as metodologias ainda empregadas nos laboratórios de Criminalística no Brasil tem-se o teste com rodizonato de sódio para pesquisa de componentes inorgânicos (resíduos metálicos) oriundos de disparo por arma de fogo. Porém a quantificação total dos elementos por análise química não leva em consideração a possível contaminação ambiental e ocupacional. Por exemplo, partículas contendo chumbo (Pb) são encontradas em soldas, algumas tintas, em emissões por combustão de derivados de petróleo com aditivos e

placas de bateria (GAROFANO *et al.*, 1999).

Outros componentes inorgânicos procurados em testes para detecção de resíduos de disparo de armas de fogo são o antimônio (Sb) e o bário (Ba). O antimônio pode ser encontrado como retardante de fogo em tecidos sintéticos. O bário está presente em papéis, tintas e graxa automotiva, entre outros. Eletricistas e trabalhadores da construção civil normalmente apresentam Ba e Sb nas mãos. Assim como trabalhadores da indústria automobilística podem apresentar os três elementos (chumbo, bário e antimônio), devido a sua rotina de trabalho (GAROFANO *et al.*, 1999).

O MEV pode ajudar a solucionar estes problemas de especificidade, pois, com ele pode-se analisar partículas “características”, “associadas” ou “únicas”. Estas partículas “únicas” formam-se compostas de elementos fundidos de chumbo, bário e antimônio que implicam como origem a utilização de uma arma de fogo. As matérias primas para as partículas características provem das substâncias que estão presentes na mistura iniciadora das espoletas (estifinato de chumbo, nitrato de bário e trissulfeto de antimônio) (TOCCHETTO, 2013).

Niewöhner (2005) acrescenta que o uso do MEV em análises principalmente de resíduos de disparo de arma de fogo, é de extrema importância, pois, quando há somente uma partícula oriunda deste evento, não existe outra técnica para identifica-la, somente essa.

Borges, Castro & Wagner (2013) salientam sobre outro ponto positivo da utilização do MEV para análise de resíduos de pólvora, que é o fato de esta técnica não ser destrutiva, ou seja, mesmo que haja uma pequena quantidade de amostra, esta ainda poderá ser reaproveitada para novas análises caso persistam questionamentos judiciais sobre a perícia.

Desta forma, no decorrer do presente artigo, serão apresentados resultados de uma vasta pesquisa em periódicos sobre o tema em questão. Foram utilizados artigos e teses que tratam sobre a análise de resíduos de disparo de

arma de fogo com o uso do MEV, a fim de se obter resultados cada vez mais precisos no que diz respeito aos delitos cometidos com o uso de armas de fogo, principalmente envolvendo policiais militares, chegando assim, à verdade dos fatos sobre falsas acusações no envolvimento de policiais nestes crimes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Espoletas Antigas

Durante a deflagração da munição a alta temperatura faz com que elementos da mistura iniciadora da espoleta (estifinato de chumbo, nitrato de bário e trissulfeto de antimônio) se fundem, formando uma única partícula que funcionaria como um elemento de assinatura com forma e composição característica (LENHARO, SATO e SANTOS 2010). Wolten *et al* (1979) apud Martiny e Pinto (2008), apresenta uma tabela, (figura 1) de resíduos que podem ser considerados como elementos “únicos” / “associados” ou como “indicativos” de utilização de armas de fogo.

Figura 1 – Classificação dos resíduos de arma de fogo

CARACTERÍSTICAS (ÚNICAS)	CONSISTENTES (INDICATIVAS)
PbBaSb	PbSb
BaCaSi + traços de S	PbBa
BaCaSi + traços de Pb e ausência de CuZn	Pb
SbBa	Ba + traços ou ausência de S
	Sb (raro)

Fonte: WOLTEN *et al*, 1979

Tocchetto (2013) complementa dizendo que em casos de projetis encamisados a partícula associada oriunda desta camisa também deve conter zinco (Zn) e cobre (Cu) em sua composição.

Outro aspecto importante são as características morfológicas e químicas, que também devem fornecer evidências que a partícula foi formada em altas temperaturas, por processo de fusão, seguido de um rápido esfriamento. A morfologia esperada dessas partículas únicas ao serem analisadas por um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) é esférica, de 1 a 10 nm, brilhante e nas quais estejam presentes simultaneamente os elementos químicos Chumbo (Pb), Bário (Ba) e Antimônio (Sb) (WOLTEN *et al*, 1979).

No armamento de alta energia, como o fuzil de assalto (FAL), além das partículas características e exclusivas já apresentadas podem ser encontradas também partículas cavitadas de resíduo de tiro (figura 2) (ABEL *et al*, 2005).

Figura 2: partícula de GSR cavitada disparada por fuzil FAL. Imagem gerada por elétrons retroespalhados.



Fonte: ABEL *et al*, 2005

A cavitação é um fenômeno originado em quedas repentinas de pressão, sendo que o processo de cavitação se dá por conta da saída em alta pressão do resíduo de tiro, logo após o disparo, e que subitamente se encontrará a pressão atmosférica. Essa queda de pressão irá gerar cavitação do material (ABEL *et al*, 2005)

3.2 Espoletas Novas

Com o intuito de preservar a saúde dos atiradores evitar contaminações no solo e no lençol freático foi desenvolvido uma nova geração de mistura iniciadora para as cápsulas de espoletamento que não contém metais pesados Pb, Ba e Sb. No território brasileiro a Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC) produz munição ambiental denominada Clean Range. Porém a falta destes metais dificultou a classificação dos resíduos de tiro de arma de fogo em especial a partir da segunda geração desta munição, pois nenhum dos elementos da mistura iniciadora pode ser considerado único na determinação de uso de armas de fogo pelo suspeito (MARTINY; PINTO, 2008).

Como apresentado anteriormente, há muitas possibilidades de contaminação ambiental e ocupacional que pode levar a um resultado falso positivo para resíduo de disparo de arma de fogo.

As partículas da munição CBC Clean Range, de primeira geração, são mais fáceis de serem identificadas devido ainda apresentar a morfologia esférica de parte das partículas e a presença do elemento estrôncio (Sr) na composição do iniciador. Porém, já a segunda geração, apresenta morfologia irregular e nenhum elemento químico marcador em sua composição, o que dificulta a análise e exige o uso do MEV, que é um método mais sensível.

Nos estudos feitos (REIS *et al* 2003 ; TOCCHETTO 2003; REIS *et al* 2004; PINTO *et al* 2005 ; SARKIS *et al* 2007; MARTINY *et al* 2008) sobre a composição da nova munição ambiental e na sua análise pode-se dividi-la em primeira e segunda geração. Sendo que para na primeira geração (1998-2002), a mistura iniciadora é composta por diazol, nitrato de estrôncio, pólvora e tetrazeno. A partir de 2002, com a segunda geração da Clean Range, a mistura passou a ter a seguinte composição: diazol, tetrazeno, nitrocelulose, nitrato de potássio, sílica, cálcio e alumínio.

3.3 Marcas características em cartucho de arma de fogo

Quando as munições são disparadas pela mesma arma de fogo tem-se um conjunto de marcas características inerentes àquela mesma arma. O raiamento do cano, o extrator, o ejedor e até o pino percussor criam marcas na munição, seja no projétil, no cartucho ou na cápsula de espoletamento, que permitem o perito criminal identificar se a mesma foi ou não disparada por determinada arma.

Zeiss (2010) desataca as vantagens de se utilizar um MEV para analisar as marcas deixadas pelo pino percussor na cápsula de espoletamento. A microscopia óptica não tem a capacidade de revelar detalhes finos visto com ampliações superiores e tão pouco a profundidade do foco para mostra-lo claramente. Corroborando com essa tese vê-se que as imagens geradas por microscópio óptico (figura 4) possui uma resolução menos rica em detalhes do que a imagem gerada por MEV (figuras 5 e 6).

Figura 4: Imagem do confronto de dois estojos pelo sistema LEPUS Sistema Óptico para Identificação Balística.



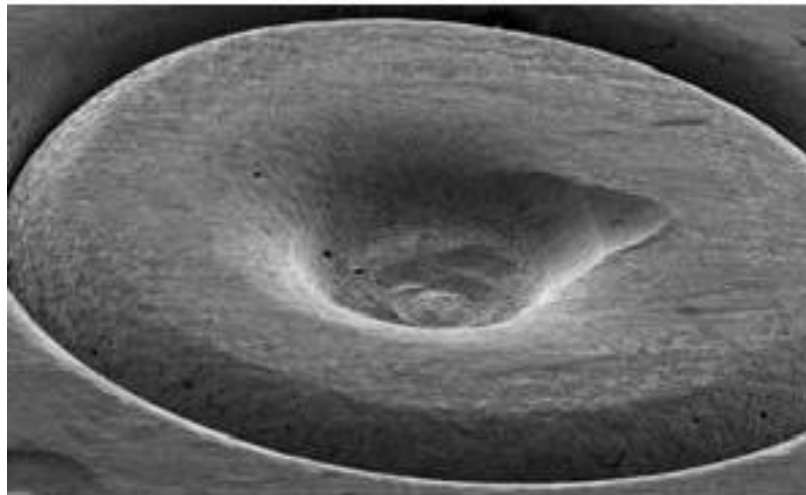
Fonte: TOCCHETTO, 2013

Figura 5: Imagem de um cartucho calibre .45 em baixa ampliação



Fonte: ZEISS, 2010

Figura 6: impressão do percutor na cápsula de espoletamento do cartucho calibre .45



Fonte: ZEISS, 2010

3.4 Materiais Impregnados em Projéteis: Estudo de caso PMGO

Em 11 de Setembro de 2008, foram encaminhadas pela Polícia Militar do Estado de Goiás ao instituto de criminalística Leonardo Rodrigues de Goiânia duas armas de fogo, uma do tipo pistola calibre .40 S&W modelo PT 100 AF marca Taurus e uma arma de fogo do tipo revolver calibre .38 Special também da marca Taurus para que seus projéteis fossem submetidos a confronto microbalístico com o projétil removido do corpo da vítima alvejada e socorrida

no Hospital de Urgências de Goiânia – HUGO – onde veio a óbito (MONTANINI, 2009).

Posteriormente foi enviado também ao instituto de criminalística um projétil de arma de fogo removido do corpo da vítima, e o desejo era saber se o Policial Militar disparou sua arma em direção à camada asfáltica e por ação de um ricochete a trajetória do projétil teria sido alterada alvejando a vítima, ou se o policial havia disparado na direção da vítima (MONTANINI, 2009).

Segundo Montanini (2009) para determinar os resíduos presentes no projétil foi utilizada a técnica de microscopia eletrônica de varredura acoplada com espectrometria de raios X por energia dispersiva (EDS). Este método permite examinar tanto a morfologia dos materiais como sua composição química.

Em consulta a Companhia de Pavimentação do Município de Goiânia da época – COMPAV, foi informado que a camada asfáltica, denominado “Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ”, presente nas vias de Goiânia apresenta:

- Brita 0 – 25%
- Brita 1 – 25%
- Pó de brita – 31,5%
- Areia amarela 13,5%
- Cimentos asfálticos de petróleo CAP – 5%

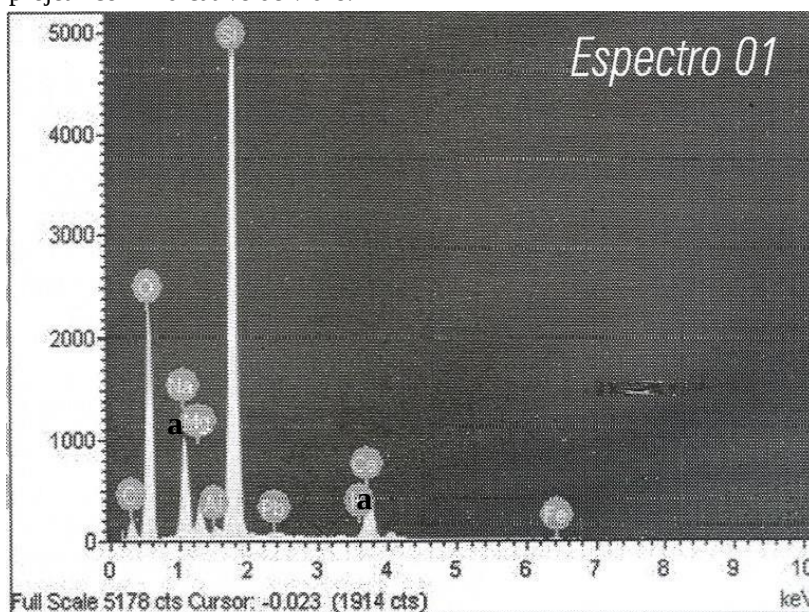
Também foi informado que a pedreira utilizada para a obtenção da Brita 0, Brita 1 e pó de brita tem formação em micaxistos feldspáticos, sendo os minerais mais comuns nesse tipo de rocha o próprio feldspato, o quartzo e a biotita. O CAP é constituído de hidrocarbonetos, principalmente asfaltenos e maltenos (MONTANINI, 2009).

Montanini (2009) relata que foram feitos 65 pontos de pesquisa no projétil de arma de fogo. Porém em nenhum local foi identificada a presença do

CBUQ ou mesmo de seus componentes na forma isolada.

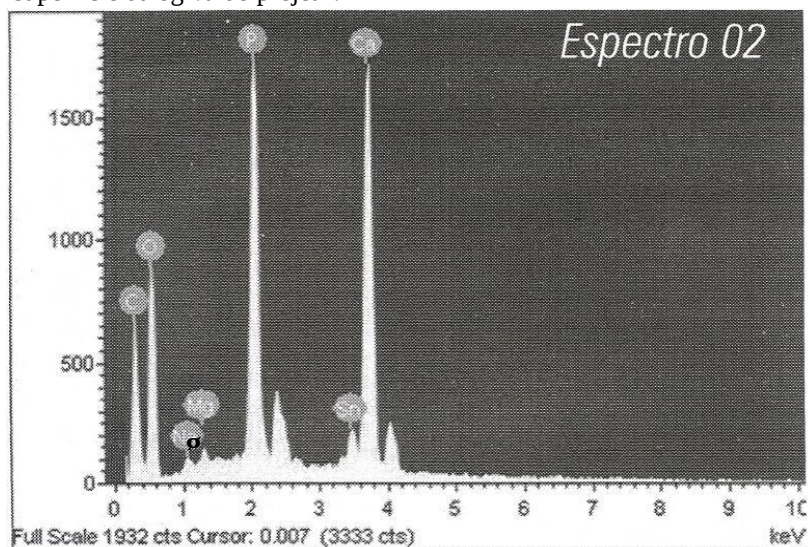
De acordo com Montanini (2009) na parte anterior do projétil foram encontradas as seguintes substâncias: Si, O, Na, Ca, Mg, Al, C, K e Pb, sendo estes elementos comuns na composição de Vidro (figura 7). Foi também encontrado na ogiva, restos de material indicativo de osso: Ca, P, C, O, Na, Mg e Sn, sendo todos estes elementos característicos de osso humano (figura 8).

Figura 7: composição geral para os restos de material impregnados no projétil com indicativo de vidro.



Fonte: MONTANINI, 2009

Figura 8: Espectro da estrutura óssea que estava impregnada na superfície da ogiva do projétil.



Fonte: MONTANINI, 2009

Foram encontradas também, fibras de algodão impregnadas ao chumbo da ogiva, o que indica que essas fibras estavam antecedendo o impacto do projétil ao osso occipital da vítima (figura 9) (MONTANINI, 2009).

Figura 9: Fotomicrografia apresentando a morfologia da fibra de algodão presa na superfície da ogiva do projétil,



Fonte: MONTANINI, 2009

A análise macroscópica das deformações encontradas no projétil removido do corpo da vítima já dava claros esclarecimentos de que teria sofrido um impacto perpendicular e não oblíquo em estrutura rígida como argumentava o policial. Associado a essa análise, a reprodução simulada dos fatos indicou que o disparo foi direcionado para a localização da vítima dentro do veículo e não à região alvejada da mesma (occipital) (MONTANINI, 2009).

É importante ressaltar que a utilização do MEV foi crucial para a análise química. Detalhes como, por exemplo, a fibra de algodão impregnada no projétil, certamente passariam em branco diante de um microscópio óptico, e consequentemente o caso teria outro desfecho, diferente da verdade apresentada, o que certamente causaria desgaste para a corporação, para a justiça e principalmente para a sociedade, que ficaria a sensação de impunidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vimos que o MEV pode ser usado para identificação de resíduos de pólvora após o disparo, na análise de deformações causadas pelo mecanismo de funcionamento da arma de fogo em estojos deflagrados, materiais impregnados no projétil depois que este transfixa alguma superfície e tem sua trajetória alterada antes de atingir o alvo.

Foram apresentadas algumas imagens mostrando a diferença de resolução de um microscópio óptico. As imagens produzidas pelo MEV são visivelmente mais claras e nítidas, revelando detalhes imprescindíveis para a elucidação de determinados casos.

Apresentamos também um estudo de caso envolvendo a Polícia Militar de Goiás, onde o uso do MEV foi determinante. O intuito do relato do fato é mostrar na prática a importância das forças de segurança pública de todo o ciclo, principalmente a Polícia Militar (PM), saberem do “poder” desta ferramenta, e que o uso dela pode ajudar em casos onde pairam dúvidas sobre supostos confrontos com policiais militares, que em algumas vezes resultam em uma incriminação injusta, influenciando na carreira do Militar.

Concomitantemente com o relato vimos a importância do isolamento do local de crime, haja vista que na maioria das vezes a PM é a primeira guarnição a chegar ao local do fato juntamente com as equipes de resgate (Corpo de Bombeiros e SAMU), e na maioria dos casos serão responsáveis pela preservação do local. Portanto é importante que haja cada vez mais, capacitação da corporação, e que os profissionais saibam a importância de um local bem preservado e que qualquer alteração pode comprometer toda a investigação.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, Liege. SANTOS, Souza Miriam. DICK, Luís Frederico P. Análise da dispersão de resíduos de tiro de submetralhadora e fuzil automático leve coletados diretamente do corpo do atirador. **Revista Associação Nacional dos Peritos Criminais Federais**. Edição Especial. n. 22. Ano VI, p.15-17, 2005.

BORGES, Isolina Chiara Damasceno Pessoa; CASTRO, Fábio Castro Godinho de; WAGNER, Ricardo. Detecção de resíduos metálicos de arma de fogo após disparo. **Cadernos da Escola de Saúde**. v. 1. p. 46-58, 2013.

BRASIL. Ministério da Justiça. Secretaria Nacional de Segurança Pública. **Procedimento Operacional Padrão: perícia criminal**. Brasília – DF: Ministério da Justiça, 2013.

CHEMELLO, Emiliano. Ciência Forense: balística. **Química Virtual**. p. 1-10. Fev. 2009.

DEDAVID, Berenice Anina; GOMES, Carmem Isse; MACHADO, Giovanna. Microscopia Eletrônica de Varredura: aplicações e preparação de amostras - materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. **Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**. EDIPUCRS. Porto Alegre. 2007.

DUARTE, Anaí. **Caracterização elementar de resíduos de disparo de arma de fogo gerados por munição de fabricação brasileira**. Tese de Doutorado. Porto Alegre. UFRGS, 2014. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/119121>>. Acesso em: 05 de Jan. 2018.

FEI COMPANY. **All you wanted to know about Electron Microscopy: but didn't dare to ask**. Hillsboro, Oregon, USA. 2004. Disponível em: <<http://www.fei.com>>. Acesso em: 22 Fev. 2018.

FREITAS, João Carlos Dias de. **Identificação de assinaturas químicas em resíduos de disparos de arma de fogo em diferentes alvos**. Dissertação. São Paulo. IPEN, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-15092011-//151017/pt-br.php>>. Acesso em 17 Fev. 2018.

GAROFANO, L *et al.* Gunshot residue: Further studies on particles of environmental and occupational origin. **Forensic Sci Intl** 103: p. 1-21. 1999.

LENHARO, Sara; SATO, Eduardo; SANTOS, Lehi Sudy dos. Microscopia eletrônica de varredura: em prol da justiça. **Perícia Federal**. Brasília, APCF, ano XI, n. 27, abr. 2008 – jun.2010.

LISBOA, Wesley, Machareth; ASSIS, Joaquim, Teixeira de; ZANI, José, Humberto. Identificação de resíduos de disparo de arma de fogo utilizando fluorescência de raios X, por dispersão em energia. **ENGEVISTA**. v. 19, n. 4, p. 950-959. Out. 2017.

MALISKA, Ana Maria. Apostila de Microscopia eletrônica de varredura e microanálise. **Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC**. Departamento de Engenharia Mecânica – EMC. Laboratorio de Materiais – LABMAT. Laboratório de Caracterização Microestrutural e Análise de Imagens – LCMAI. Santa Catarina. S.d.

MARTINY, Andrea; PINTO, André Luiz. Aplicação da Microscopia Eletrônica de Varredura à Análise de Resíduos de Tiro. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**. p. 24-35, 3º quadrimestre de. 2008.

MARTINY, Andrea; CAMPOS Andrea P.C; SADER, Marcia S.; PINTO, André Luiz. **SEM/EDS analysis and characterization of gunshot residues from Brazilian lead-free ammunition**. Forensic Science International. 177 (1) (2008) e9–e17.

MONTANINI, André. Aplicação da microscopia eletrônica de varredura (MEV) em caso de alegação de ricochete de projétil contra camada asfáltica. **Policientífica**. Goiânia-GO, ano III, n. 7, p. 11-15, set. 2009.

NIEWOHNER, Ludwig. GSR na Alemanha. **Polícia Federal: Os novos rumos da balística forense**. n. 22. Ano. VI. p. 4-6. Dez. 2005.

NOVAES, Cláudio Godinho et al. **Análise de resíduos similares aos de tiros**. 2015.

OLIVEIRA, Marcelo Firmino de. Química Forense: a utilização da Química na Pesquisa de Vestígios de Crime. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**. n. 24, p. 17-19, Nov. 2006.

PERÍCIA FEDERAL. Brasília, APCF, Edição Especial. Ano VI. n. 22 – setembro –dezembro 2005.

PINTO, André Luiz ; OLIVEIRA, A. G. ; Martiny, A. ; CAMPOS, A. P. C. ; SILVA, Ladário da . Análise de resíduos de tiro oriundos de munição sem chumbo por MEV/EDS. **Revista Associação Nacional dos Peritos Criminais Federais**. Edição Especial. n. 22. Ano VI, p. 18-19, 2005.

RABELLO, E. **Curso de criminalística**. Porto Alegre: Sagra-Luzzatto, 1996.

REIS, Edson Luis Tocaia dos; SARKIS, Jorge Eduardo de Souza;

RODRIGUES, Cláudio. Identificação de resíduos de disparos de armas de fogo por meio da técnica de espectrometria de massas de alta resolução com fonte de plasma indutivo. **Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**. São Paulo – SP. Quim. Nova, v. 27, n. 3, 409-413, 2004.

REIS, Edson Luis Tocaia dos ; SARKIS, Jorge Eduardo de Souza. ; NEGRINI NETO, Osvaldo ; RODRIGUES, Cláudio. ; KAKAZU, Maurício Hiromitu. ; VIEBIG, S. . A new method for collection and identification of gunshot

residues from the hands of shooters. **Journal of Forensic Sciences**, v. 48, n. 6, p. 1269-1274, 2003.

SANTOS, Jorge Borges dos; DANTAS, Cristóvão Macedo. **Aplicação do MEV na Perícia do Estado da Bahia. Bahia**. 2008. Disponível em: <http://www.dpt.ba.gov.br/arquivos/downloads/Coodernacao_de_Quimica_curiabilidade.doc> Acesso em: 05 jan. 2018.

SARKIS, Jorge Eduardo de Souza; NEGRINI NETO, Osvaldo; VIEBIG, S.; DURRANT, S. F. Measurements of gunshot residues by sector field inductively coupled plasma-mass spectrometry—Further studies with pistols – **Forensic Science International** , v. 172, p. 63- 66, 2007.

TOCCHETTO, Domingos. **Estudos de casos em balística: se os mortos falassem os vivos não mentiriam**. 1 ed. Campinas: Millennium, 2011.

TOCCHETTO, Domingos. **Balística Forense: aspectos técnicos e jurídicos**. 7 ed. Campinas: Millennium, 2013

VANINI, Gabriela. **Análise de resíduos de disparo de arma de fogo usando ICP OES: Desenvolvimento de uma nova metodologia analítica**.

Dissertação. UFES, 2014. Disponível em: < <http://www.biblioteca.ufes.br/>>. Acesso em: 07 de Jan de 2018.

WOLTEN *et al.* "Análise de Partículas para a Detecção de Resíduos de Tiros. I: Microscopia Eletrônica de Varredura / Caracterização por Raios X por Dispersão de Energia da Mão Deposits from Firing". **Journal of Forensic Sciences**. vol. 24. n ° 2. p. 409-422. 1979.

ZEISS, Carl. **Applications of Scanning Electron Microscopes in Forensic Investigations**. 2010. Disponível em: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=5528#5>>. Acesso em: 05 Jan. 2018.

ZEICHNER, A. Recent developments in methods of chemical analysis in investigations of firearm-related events. Anal. Bioanal Chem 376: 1178-1191. 2003