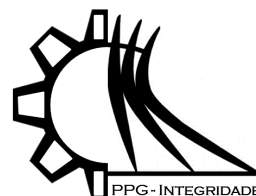




ISSN 2447-6102



Article

Estudo comparativo das análises de resíduos de tiro de arma de fogo através do método colorimétrico e técnica desenvolvida com o uso do ICP-OES.

Fernandes, A.P.^{1*}; Silva, A.B.P.G.²; Moroso, L.³; Campos, D.P.⁴; Marques, C.R.M.⁵; Melo, A.R.⁶

¹ Engenharia Química, UNISATC, Criciúma – SC, Brasil; amandafernandespf@hotmail.com

² Instituto Geral de Perícias – SSP/SC; alexandre@igp.sc.gov.br

³ Instituto Geral de Perícias – SSP/SC; leonardomoroso@igp.sc.gov.br

⁴ Engenharia Química, UNISATC, Criciúma – SC, Brasil; debora.campos@satc.edu.br

⁵ Engenharia Química, UNISATC, Criciúma – SC, Brasil; carolina.melo@satc.edu.br

⁶ Engenharia Química, UNISATC, Criciúma – SC, Brasil; aline.melo@satc.edu.br

* Correspondência: amandafernandespf@hotmail.com

Received: 08/06/2021; Accepted: 15/07/2021; Published: 17/09/2021

Resumo: O objetivo do estudo é identificar os resíduos de chumbo (Pb), bário (Ba) e antimônio (Sb), resultantes de tiros de armas de fogo de pistola semiautomática .380 e revólver .38. A determinação ocorrerá por meio de um método analítico desenvolvido a partir de estudos, em espectroscopia de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), e comparar os resultados com o método colorimétrico atual, usando o rodizonato de sódio. Para a avaliação dos resultados, previamente realizou-se 1 e 2 disparos, coletados com e sem higienização realizada com água e sabão e posteriormente analisados. O método colorimétrico possui baixa sensibilidade e detecta apenas um dos três metais característicos, enquanto o ICP-OES é uma técnica sensível e rápida podendo realizar leituras precisas através da otimização das configurações do equipamento. Ressalta-se que para a análise em ICP-OES foi analisado a coleta através do cotonete estéril (swab) embebido em HNO₃ 1% (v/v), enquanto para avaliação colorimétrica apenas o swab sem nenhum tratamento foi examinado. O método com rodizonato mostrou-se falho, enquanto via espectroscopia obtiveram-se resultados promissores. De modo geral, o estudo foi promissor por identificar o método mais rápido e eficiente, com possibilidade de ser levado adiante, para possível validação da nova técnica, com o intuito de utilizá-lo efetivamente na rotina das análises periciais.

Palavras-Chave: balística forense; ICP-OES; armas de fogo; rodizonato de sódio.

Comparative study of the colorimetric method with sodium rhodizonate and use of a technique developed with atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma in the identification of GSR

Abstract: The objective of the study is to identify the lead (Pb), barium (Ba) and antimony (Sb) residues, obtained by firing guns from a .380 semi-automatic pistol and a .38 revolver. The determination will take happen through using an analytical method developed at from studies, in spectroscopy of atomic emission with inductively coupled plasma (ICP-OES), and compare the results with the current colorimetric method, using sodium rhodizonate. For the evaluation of the results, previously 1 and 2 shots were taken, collected with and without hygiene permormed with soap and water and later analyzed. The colorimetric method has low sensitivity and detects only one of the three characteristic metals,

while the ICP-OES is a sensitive and fast, being able to perform accurate readings through the optimization of the equipment configurations. It is noteworthy that for the analysis in ICP-OES, the collection was analyzed through a swab, a sterile cotton embedded in 1% HNO₃ was used, while for colorimetric evaluation, only the swab without any treatment was examined. The rhodizonate method proved to be flawed, while via spectroscopy promising results were obtained. In general, the study was promising because it identified the fastest and most efficient method, with the possibility of being carried out, for possible validation of the new technique, in order to use it effectively in the routine of expert analyzes.

Keywords: forensic ballistics; ICP-OES; firearms; sodium rhodizonate

1. Introdução

Com o índice crescente de crimes, em sua maioria associado ao uso de armas de fogo e a necessidade de elucidá-los, a área forense é de extrema importância para através da coleta, investigação e metodologias de análises aplicada aos vestígios, esclarecer o que houve no delito. Esses ensaios analíticos, envolvem o uso das ciências, como a física, química e biologia (GARRIDO; GIOVANELLI, 2008). É válido ressaltar que a química atua diretamente em diversos testes, de forma analítica, através de reações, além do modo analítico instrumental. Um exemplo, é a análise vestígios envolvendo a arma de fogo, onde ao serem encaminhados para o setor de balística forense realiza-se exames de metalografia, comparação microbalística, e junto ao setor de análises forenses, identificando os resíduos de tiro através de análise química (IGP, 2019).

Quando se atira com uma arma de fogo, partículas residuais como materiais provenientes da deflagração da pólvora e da mistura iniciadora são ejetadas para fora da arma. Esses resíduos constituem os principais elementos que caracterizam um resíduo de tiro de arma de fogo, do inglês, *Gunshot Residue* (GSR), sendo o Sb, Ba e Pb (TARIFA, 2015; VANINI 2014). Segundo Chemello (2007), atualmente a CBC – Companhia Brasileira de Cartuchos, utiliza estifanato de chumbo [PbO₂H(NO₂)₃], nitrato de bário [Ba(NO₃)₂], trissulfeto de antimônio [Sb₂S₃], tetrazeno e alumínio, como mistura iniciadora, por isso, os elementos que se destacam são os característicos do GSR.

Antigamente, era identificada apenas a presença de compostos nitrogenados da pólvora, em contrapartida, hoje se utiliza técnicas para identificação dos resíduos metálicos (REIS et al., 2004; FREITAS, 2010). No entanto, apesar de ser uma importante evidência criminal, vale ressaltar que os hábitos e a vida de um suspeito devem ser levados em consideração ao analisar os resíduos de tiro, em uma investigação criminal. Devido algumas profissões, como no caso um profissional que lida com a mecânica de automóveis, pode conter traços de chumbo e até de antimônio, se este tiver tido contato com as placas de bateria, ou ainda, em aqueles que atuam na área da beleza, podem também ter traços de bário e chumbo, proveniente de alguns produtos. Portanto, a análise desses metais, paralelo à investigação, pode excluir suspeitos de ter deflagrado o tiro, ou ainda, impossibilitar o álibi de ter a “contaminação” por alguma atividade exercida em momentos antecedentes do fato criminal (CHEMELLO, 2007; LUTEN, 2018).

Todavia, o recurso disponível para detectar qualitativamente a presença de chumbo, um dos metais característicos do tiro, na grande maioria dos laboratórios forenses brasileiros é o método colorimétrico do rodizonato de sódio e teste de Griess para presença de nitratos. A reação para identificar a presença de chumbo ocorre onde a molécula do rodizonato de sódio libera o íon sódio e liga-se com o chumbo, formando o rodizonato de chumbo. (TARIFA, 2015). Por ser considerado ultrapassado e ineficaz, atualmente, as pesquisas envolvendo técnicas analíticas vêm sendo estudadas e apresentam resultados satisfatórios, ressaltando que se concentram mais em MEV por produzir imagens de alta resolução das partículas e ICP OES e MS por quantificar os resíduos. (REIS et al., 2004).

Sendo assim, com o intuito de conhecer as concentrações dos resíduos, a técnica escolhida foi o ICP-OES, do inglês *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*. A técnica consiste em uma emissão que utiliza o plasma para análise de elementos químicos, onde é possível obter em uma única leitura, a quantificação de uma série de elementos, tornando-o uma tecnologia destaque, quando comparado a absorção atômica, que obtém leituras mono elementares (FREITAS, 2010).

Os resultados das leituras das amostras em qualquer espectroscópio são influenciados diretamente pelo método de coleta e extração. Segundo Vanini (2014), nas regiões da pinça interna e externa da mão, há algumas dobras que facilitam a deposição dos resíduos e devem ser alvo de coleta afim de ser mais representativo. A extração por sua vez, pode ser feita via banho ultrassônico, reagentes ácidos, aquecimento em chapa ou em micro-ondas, consequentemente havendo a probabilidade de apresentar valores diferentes e tempos de análises distintas na sua realização, pois tende a ocorrer perdas por volatilização ou por não ser o método mais indicado para abertura da amostra e solubilização dos

elementos. É evidente destacar que o uso do banho ultrassônico, geralmente passa por mais etapas para extração dos elementos químico, enquanto o método via úmida, sendo direto em chapa ou via micro-ondas, utilizam a metade do tempo para ser realizado, sendo mais viáveis na maioria dos casos, desde que em uma temperatura segura para evitar a volatilização do metal desejado (MELO e SILVA, 2008).

Vale ressaltar, que após um crime, a equipe técnica especializada possui um período de 10 dias corridos, podendo o mesmo ser prorrogado, conforme Art. 156 do CPP, o qual deve ser utilizado para os ensaios e confecção do laudo pericial para relatar a causa do delito. Com isso, teve-se por objetivo no presente trabalho realizar estudo e desenvolvimento de uma técnica analítica completa, desde a coleta até a leitura final do resíduo de tiro no ICP-OES, de Revólver .38 e Pistola Semiautomática .380, verificando a eficiência do método e comparando com o método colorimétrico do Rodizonato de Sódio.

2. Materiais e Métodos

Para realizar o estudo experimental, as amostras foram obtidas por meio de voluntários que aceitaram participar das sessões de tiros, no setor de Balística Forense do Instituto Geral de Perícias -IGP de Criciúma (SC). As armas utilizadas foram com Revólver .38, marca Amadeo Rossi S.A® e Pistola semiautomática .380, marca Taurus®, ambas disponibilizadas pelo IGP, assim como a munição da marca CBC, tipo chumbo nu Ogival®.

A escolha das armas e munições utilizadas, foi devido à maioria das apreensões serem do calibre selecionado.

2.1. Procedimento do Tiro e Coleta

Os tiros foram realizados no Instituto Geral de Perícias de Criciúma (SC), no setor de balística forense. Para isso, dois voluntários realizaram os tiros com revólver e outro dois atiraram com pistola semiautomática, recebendo as nomeações de R1 e P1 para coleta em meio embebido com HNO₃ 1% e R2 e P2 para meio seco, sendo R e P referente a revólver e pistola. No total, executou-se 4 de tiros com revólver, sendo 1 e 2 disparos, com e sem higienização e o mesmo para pistola semi automática, para análise via ICP-OES.

Após os tiros, os resíduos foram coletados pela técnica do esfregaço com swab por aproximadamente 1 minuto. A Figura 1 apresenta o fluxograma que indica o passo-a-passo da realização desta etapa do procedimento.

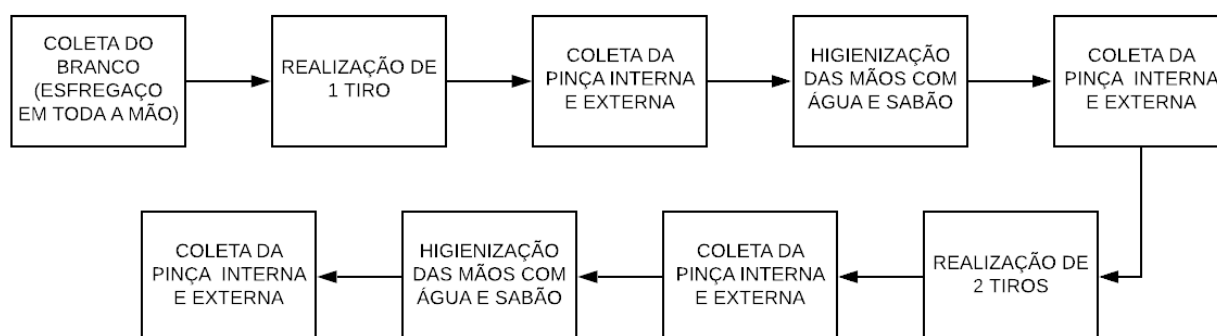


Figura 1. Etapas de tiro e coleta.

Para iniciar o procedimento foi realizada uma prova em branco de todos os voluntários que realizaram os tiros, com o intuito de identificar qualquer contaminação já existente em suas mãos, para posteriormente, descontar qualquer contaminação dos resultados obtidos nas leituras das amostras após o tiro.

Ressalta-se que para análise colorimétrica, 1 e 2 disparos, com e sem higienização das mãos com água e sabão foram realizados com coleta em material esterilizado (swab) seco.

2.1. Locais de Coleta

As coletas foram realizadas utilizando *swab* seco e embebido em solução 1% de HNO₃, tipo suprapuro 65%, marca MERCK. Com base na revisão bibliográfica realizada, os locais de coleta escolhidos para estudo, foram pinça interna e externa, pressupondo a possibilidade de possuírem a maior quantidade de resíduos devido a sua proximidade com a arma. A Figura 2 mostra uma das coletas realizadas na pinça dorsal, utilizando swab por esfregaço.



Figura 2. Coleta pinça dorsal.

2.3. Extração Ácida dos Resíduos de Tiro para Análise no ICP

Baseado nos estudos de Freitas (2010) e Vanini (2014), uma rota analítica foi criada para realizar a extração ácida dos resíduos e verificar sua eficiência.

Após a realização da amostragem, os *swabs* foram submetidos a tratamento ácido para abertura da amostra e solubilização do GSR. Cada *swab* foi colocado em tubos de ensaio, com 4 mL de HNO_3 (o mesmo citado anteriormente) e 1 mL de H_2O_2 , Química Moderna®. Vale ressaltar que os ácidos foram adicionados utilizando *transferpette* 1,0-10,0 ml, marca Brand, modelo S D-10000. Logo após, os mesmos passaram por aquecimento em uma chapa à aproximadamente 120°C , por 30 minutos. Ao fim desse processo, foram avolumados para 15 mL para posterior leitura no equipamento.

2.4. Análise das Amostras Via ICP-OES

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises Químicas e Ambientais – LAQUA, localizado no Centro Tecnológico da SATC, em Criciúma (SC), onde após receber um cadastro para identificação interna no laboratório, as amostras foram lidas no ICP-OES.

2.5. Método Colorimétrico

Os reagentes para esta análise foram preparados e fornecidos pelo IGP/SC de Criciúma.

Após a coleta da amostra com *swab* seco, foi adicionado gotas de ácido tartárico e rodizonato de sódio no mesmo.

3. Resultados e Discussão

Para o presente estudo, dois diferentes meios de coleta com *swab* foram utilizados, os quais tiveram suas eficiências avaliadas com os resultados obtidos na leitura no ICP-OES, sendo ainda comparados com o resultado obtido pelo método colorimétrico.

3.1. ICP-OES

Os estudos de Freitas (2010) e Vanini (2014) utilizaram no método de solubilização um banho ultrassônico e posterior aquecimento, em via úmida com ácido nítrico. Com o intuito de aperfeiçoar o método, a presente pesquisa utilizou apenas método a quente a uma temperatura mais elevada e segura a ponto de extrair mais rápido os resíduos e não correr o risco de perdê-las por volatilização. Com isso, o método foi realizado em tempo menor e apresentou resultados positivos, conforme as Tabela 1 e 2 em mg/L. Vale ressaltar ainda, que os LD's para as curvas analisadas são de 0,017 para Sb, 0,006 para Ba e 0,021 para o Pb.

Tabela 1. Resultados GSR com revólver (R1) e pistola (P1) via *swab* em HNO_3 1%.

COLETA	R1 (mg/L)			P1 (mg/L)		
	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba	Pb
BRANCO	<0,017	0,014	0,102	<0,017	0,015	0,026
1 TIRO	0,104	0,354	1,254	0,013	0,083	0,049
1 TIRO + HIGIENIZAÇÃO	<0,017	<0,006	0,053	<0,017	0,006	<0,021
2 TIROS	0,078	0,255	1,117	0,029	0,197	0,158
2 TIROS + HIGIENIZAÇÃO	<0,017	0,010	0,031	<0,017	0,014	0,039

Tabela 2. Resultados GSR com revólver (R2) e pistola (P2) via swab seco.

COLETA	R1 (mg/L)			P1 (mg/L)		
	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba	Pb
BRANCO	<0,017	0,006	0,021	<0,017	<0,06	<0,021
1 TIRO	0,020	0,078	0,122	0,049	0,364	0,246
1 TIRO + HIGIENIZAÇÃO	<0,017	<0,006	<0,021	<0,017	<0,006	<0,021
2 TIROS	0,035	0,037	0,082	0,031	0,179	0,078
2 TIROS + HIGIENIZAÇÃO	<0,017	<0,006	<0,021	<0,017	<0,006	<0,021

Os resultados apresentados nas Tabela 2 e 3 foram representados através de gráficos nas Figura 3, 4, 5 e 6.

Os resultados dos tiros de revólver mostraram-se superiores e comportamento condizente com o meio coletado (swab em HNO₃) quando comparado ao da pistola semiautomática. A deposição mais concentrada desses resíduos se dá pelo fato de sua estrutura ser mais aberta e permitir que mais resíduos sejam liberados após o tiro. Vale ressaltar que, o meio de coleta ácido, além de absorver mais resíduos, já o mantém conservado e facilita o processo de extração e solubilização.

Contudo, as amostras provenientes dos tiros de pistola semiautomática, apesar de apresentarem boas leituras, suas concentrações variaram de forma distinta quando comparado ao meio coletor e ao revólver. Uma hipótese que pode justificar o ocorrido é possíveis contaminações dos indivíduos que realizaram o tiro, devido ao ambiente ser altamente contaminado pelo fato de ser um ambiente próprio para realização de tiros de armas de fogo e com pouca circulação de ar. Além disso, um estudo de Silva et al. (2009) mostra que os GSR da pistola tendem a apresentar mais bário do que chumbo em suas leituras.

Uma vez em forma de sulfeto, o Sb apresenta baixa solubilidade, o que dificulta o processo de extração, justificando a sua ausência nos dados obtidos com os tiros após a higienização. Contudo, considerando a baixa probabilidade de encontrar Ba e Pb juntos em uma mesma amostra alinhado a otimização do equipamento utilizado, mostram que o método apresenta resultados promissores. Tal fato foi confirmado conforme Tabela 3, onde os resultados obtidos após correção dos LD's dos elementos para 0,001 mg/L, das amostras R1 e P1 foram satisfatórios e detectados.

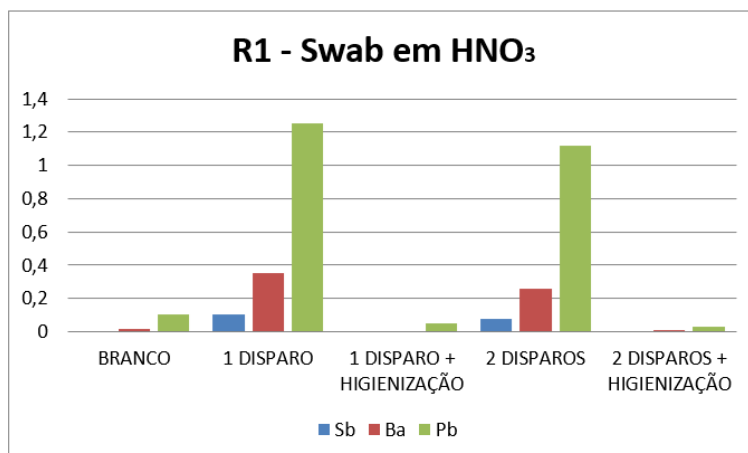


Figura 3. Gráfico das leituras de R1.

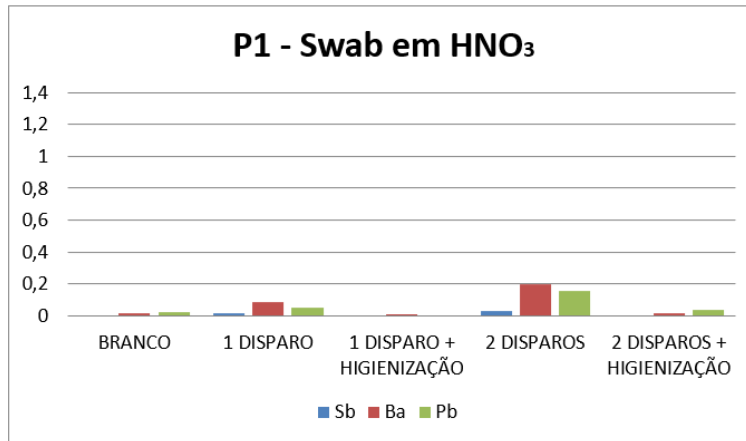


Figura 4. Gráfico das leituras de P1.

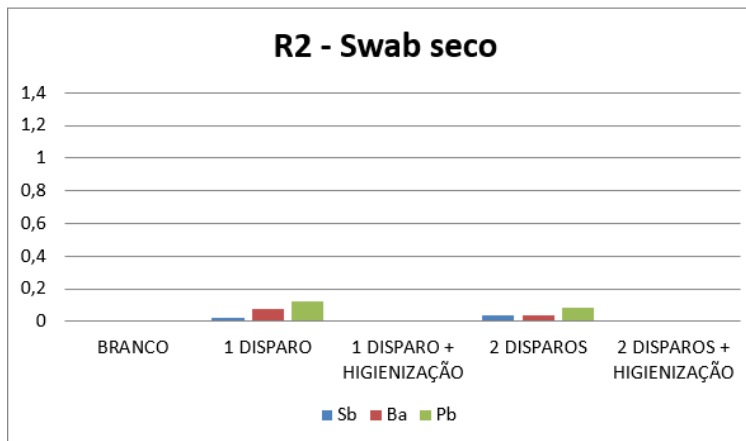


Figura 5. Gráfico das leituras de R2.

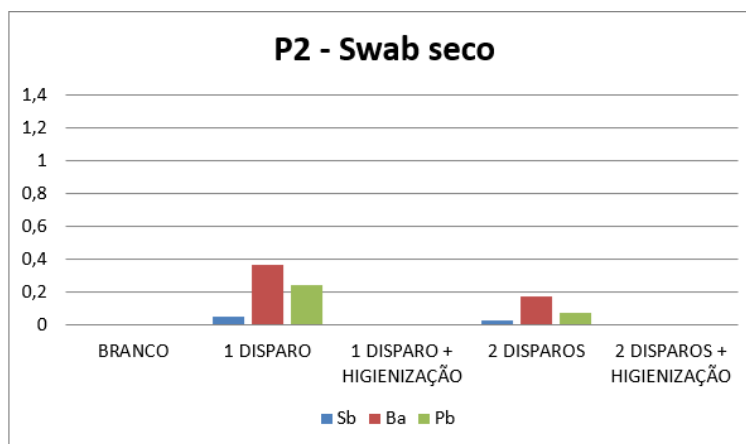


Figura 6. Gráfico das leituras de P2.

Tabela 3. Resultados GSR em swab com HNO1% nas curvas com e sem otimização.

COLETA	R1 (mg/L)			P1 (mg/L)		
	Sb	Ba	Pb	Sb	Ba	Pb
2 TIROS + HIGIENIZAÇÃO – SEM OTIMIZAÇÃO	<0,017	0,010	0,031	<0,017	<0,014	<0,039
2 TIROS + HIGIENIZAÇÃO – COM OTIMIZAÇÃO	0,011	0,012	0,06	0,026	0,262	0,178

Com a calibração e aperfeiçoamento das configurações do ICP-OES, as interferências espectrais foram minimizadas, uma vez que este tipo de situação é uma das principais causas de erros de medições, pois implica em sobreposição das linhas espectrais e mascaramento dos resultados. Consequentemente, o Sb foi detectado, bem como as leituras de Ba e Pb superiores.

3.2. Rodizonato de Sódio

O teste comumente utilizado pelos laboratórios de criminalística de todo o país, foi realizado com 1 e 2 disparos de revólver e pistola, com e sem higienização das mãos, coletados apenas em swab seco, com o intuito de evitar qualquer interferência na reação química da análise.

Quando há a presença de Pb, a molécula de rodizonato de sódio libera o íon sódio e se liga com o chumbo proveniente do GSR, formando o rodizonato de chumbo e ficando visivelmente rósea ou rosa. Entretanto, fatores como sujeiras nas mãos, bem como pequenas quantidades de chumbo, tendem a não ser o suficiente para que a reação torne-se visível ao olho humano.

As Figuras 7 e 8, trazem os swabs após a análise, os quais pode-se observar que em nenhuma das amostras a cor rósea se desenvolveu.

O swab coletado após o primeiro disparo de pistola é um dos que mais se aproxima da realidade do dia-a-dia dos profissionais peritos, onde lidam muitas vezes com indivíduos que se encontram com as mãos sujas, mascarando qualquer cor que pudesse se desenvolver pela reação química. Outras variáveis que podem ter contribuído para o insucesso da análise, são que possivelmente precisa-se de uma quantidade significativa de chumbo proveniente do GSR, bem como a pureza dos reagentes.

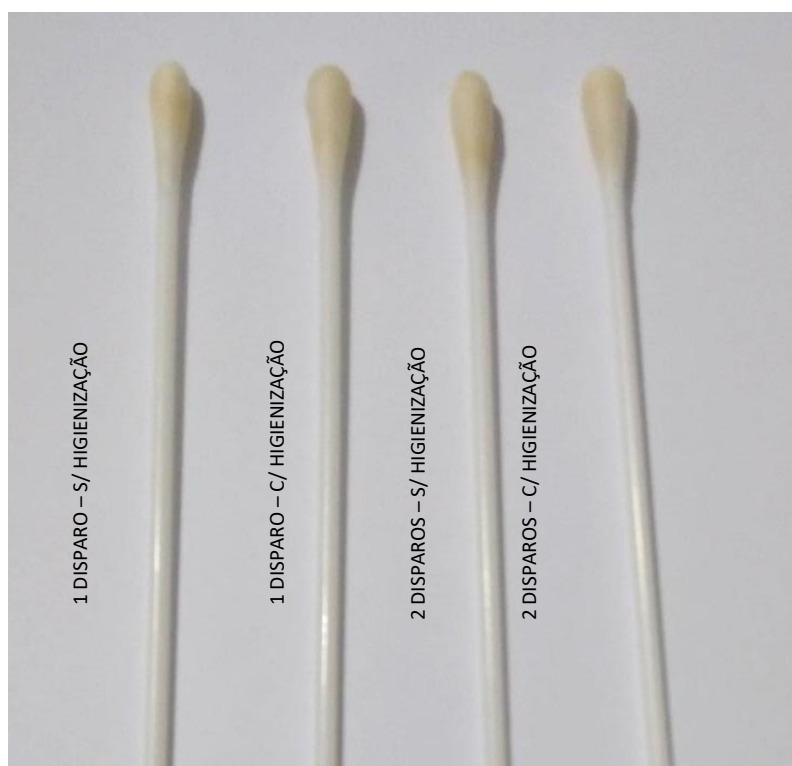


Figura 7. Material coletado de resíduos de tiro de revólver, pós análise colorimétrica com ausência de coloração reagente.

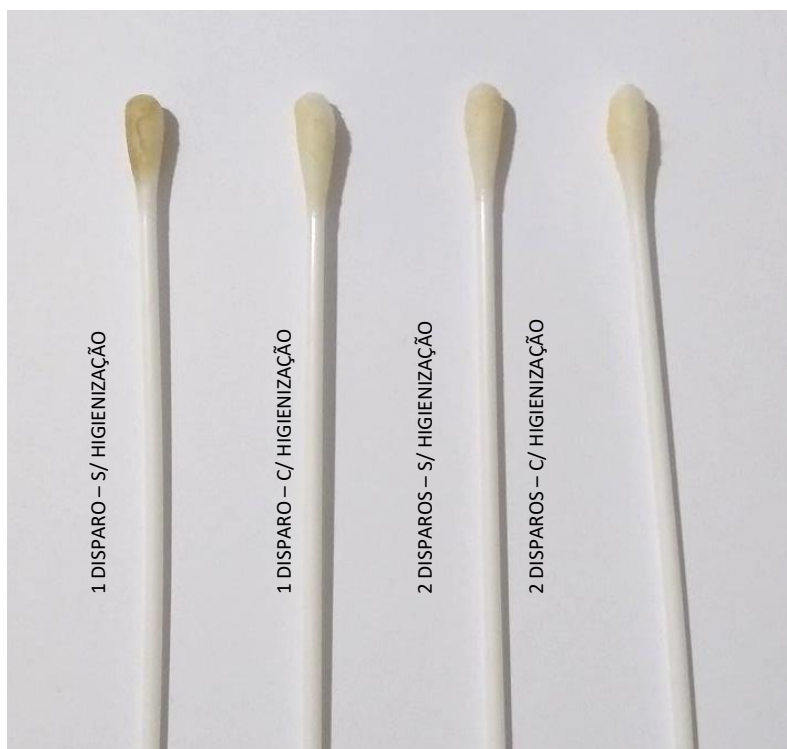


Figura 8. Material coletado de resíduos de tiro de revólver, pós análise colorimétrica com ausência de coloração reagente.

4. Conclusões

A técnica analítica utilizada com ICP-OES apresentou boa sensibilidade e capacidade de identificar os GSR tanto de pistola semiautomática quanto de revólver. Além do ICP-OES, os meios coletores estudados também foram relevantes para avaliar qual o melhor, mais viável e o que pode ser melhorado. Em contrapartida, o método tradicional do rodizonato de sódio não trouxe nenhum resultado positivo para o teste.

Os resultados obtidos via ICP-OES confirmam o fato de que o revólver tende a liberar concentrações superiores dos metais característicos do que a pistola, devido a estrutura física da arma de fogo apresentar o tambor de carregamento externo, enquanto a pistola precisa ser de um pente inserido no seu cabo. Além disso, o método no espectrofotômetro permite quantificar os metais independente das sujidades presentes na mão do suspeito, fato esse que dificulta significativamente a visualização por meio colorimétrico. Ressalta-se que um equipamento previamente calibrado e otimizado possui maior garantia de confiabilidade dos testes.

Evidentemente, em um caso real, o caso não será elucidado com apenas uma análise e sim uma série de investigações em corpos de delitos, na cena do crime como um todo, bem como depoimentos. De fato, o principal objetivo do trabalho foi alcançado, representando ainda um progresso considerável para uso futuro nos institutos de criminalísticas.

A técnica escolhida permite a realização de centenas de amostras ao dia, em um curto período de tempo, o que demonstra que os resultados seriam emitidos rapidamente, auxiliando o perito na confecção do laudo pericial do ato delituoso.

Referências

1. CHEMELLO, Emiliano. Ciência forense: Balística. **Química Virtual**. Caxias do Sul, 10 f., fev. 2007. Disponível em: <http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007fev_forense3.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2019
2. FREITAS, João Carlos Dias de. **Identificação de assinaturas químicas em resíduos de disparo de arma de fogo em diferentes alvos**. 2010. 74 f., Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Nuclear - Materiais) – São Paulo, Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-15092011-151017/>>Acesso em 17 mar. 2019.

3. GARRIDO, Rodrigo Grazinoli; GIOVANELLI, Alexandre. Criminalística: origem, desenvolvimento e decadência. In: CONGRESSO DE HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA. 1, 2008, Vitória da Conquista. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, UFRJ/HCTE, 2008, p. 43-60. Disponível em: <<http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh1/Artigos/56.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2019.
4. IGP (Instituto Geral de Perícias – SC). Disponível em: <http://www.igp.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=109> Acesso em: 18 mar. 2019.
5. LUTEN, Rebecca; NEIMKE, Dieter; BARTH, Martin; NIEWOEHNER, Ludwig. Investigating airborne GSR particles by the application of impactor technology. **Elsevier**. Wiesbaden, v.8, p. 72-81, maio 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246817091730139X>> Acesso em: 19 mar. 2019.
6. MELO, Leônidas Carrijo Azevedo; SILVA, Carlos Alberto. Influência de métodos de digestão e massa de amostras na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n.3, p. 556-564, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n3/a18v31n3.pdf>> Acesso em: 03 de out. 2019.
7. REIS, Edson Luis Tocaia dos; SARKIS, Jorge Eduardo de Souza; RODRIGUES Cláudio; NETO, Oswaldo Negrini; VIEBIG, Sônia. 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. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n.3, p. 410-413, 2004. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422004000300009&script=sci_abstract > Acesso em: 23 de mar. de 2019.
8. SILVA, Maria José; CORTEZ, Juliana; PASQUINI, Celio; HONORATO, Ricardo S.; PAIM, Ana Paula S.; PIMENTEL, Maria Fernanda; Gunshot Residue: Screening Analysis by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. **SCIELO**. Recife, p. 1887-1894, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-50532009001000017> > Acesso em: 19 fev. 2019.
9. TARIFA, Anamary. **Fast detection and chemical characterization of gunshot residues by CMV-GC-MS and LIBS**. 2015. 170 f. Tese (Doutorado de Filosofia em Química) Florida International University. Miami, 2015. Disponível em: <<http://digitalcommons.fiu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3446&context=etd>> Acesso em: 15 mar. 2019.
10. VANINI, Gabriela. **Análise de Resíduos de Disparo de Armas de Fogo (GSR) usando ICP-OES: desenvolvimento de uma nova metodologia analítica**. 2014. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014. Disponível em: < <http://repositorio.ufes.br/handle/10/1611>>. Acesso em: 18 fev. 2019.