

## RECUPERAÇÃO DE CLORETO DE PRATA A PARTIR DE FILMES RADIOGRÁFICOS

Samira Diniz Veloso ([samira.sale@hotmail.com](mailto:samira.sale@hotmail.com)), Mariane Silva de Miranda ([quimari\\_umc@yahoo.com.br](mailto:quimari_umc@yahoo.com.br)), Alexandre Correa de Lima ([alexandrel@umc.br](mailto:alexandrel@umc.br)), Flávio Aparecido Rodrigues ([flavioar@umc.br](mailto:flavioar@umc.br))  
Laboratório de Materiais e Superfícies (Labmar) - Universidade de Mogi das Cruzes

### RESUMO

Neste trabalho é apresentada a recuperação de cloreto de prata a partir de filmes radiográficos comerciais, comumente designados como "dry films". Usualmente esses filmes apresentam baixa taxa de reciclagem, devido à dificuldade de recuperação dos sólidos. O método utilizado neste trabalho foi a de precipitação química. Obteve-se 1,62g de prata por metro quadrado do filme.

**Palavras-chave:** Cloreto de Prata, Filme Radiográfico, Resíduo Sólido.

## RECOVERY OF SILVER CHLORIDE FROM RADIOGRAPHIC FILMS

### ABSTRACT

This work describes the recovery of silver chloride from commercial radiographic films (dry films). Usually these films present low recycling rates, due to the low solid amount of silver. Here the chemical precipitation method was applied. It was found that each square meter of film render 1,62g of silver.

**Keywords:** Silver Chloride, Radiographic Film, Solid Waste.

### 1. INTRODUÇÃO

A prata é um dos constituintes minoritários da crosta terrestre ( $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Entre as fontes antrópicas desse elemento, destacam-se os materiais fotográficos e o processamento de fotografias (SARAN et al., 2015).

Filmes radiográficos são destinados para diagnósticos médicos, utilizados em processos em que as imagens visíveis são formadas direta ou indiretamente, e o processo de revelação da imagem é realizado em impressoras a seco (*dry*s). O filme virgem, para imagem indireta, é composto por emulsão de espessura de 5 a 20  $\mu\text{m}$ , um veículo gelatinoso para manter o composto de prata na forma de micro cristais distribuídos uniformemente e verniz, em um suporte de PET (politereftalato de etileno) conforme descrito no Quadro 1 (AGFA, 2015).

Quadro 1: Representação do filme de raios-x fotossensíveis; camadas dos componentes químicos cuja função principal é a fixação da imagem e/ou registro do diagnóstico médico.

Camada protetora (5 $\mu\text{m}$ ): à base de gelatina orgânica ou látex
Camada fotossensível (25 $\mu\text{m}$ ): gelatina orgânica aglutinante + sais de prata
Base clara/base azulada/base opaca transparente (175/180 $\mu\text{m}$ ): Poli (tereftalato de etileno) - PET
Camada antiestética inferior (10 $\mu\text{m}$ )

Infelizmente, ainda se presencia grande parcela da população e alguns centros de diagnóstico descartando filmes radiográficos no lixo comum por não saberem como descartá-los ou por negligência, prejudicando o meio ambiente (CARVALHO; PICKA, 2013).

## 2. OBJETIVO

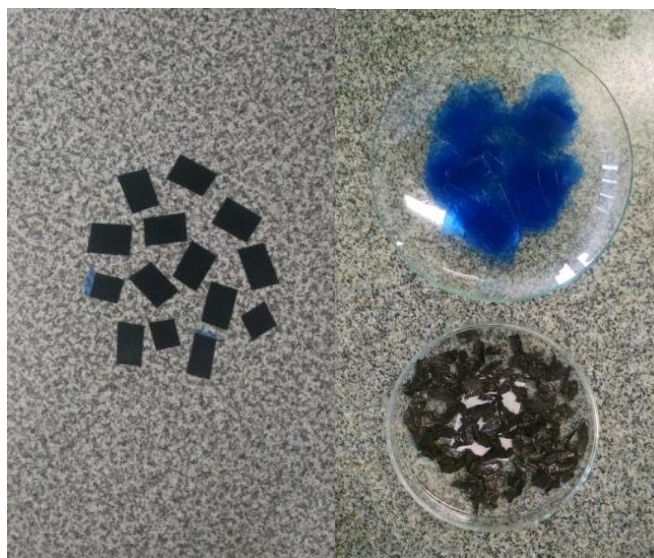
Recuperar cloreto de prata por precipitação química a partir de filmes radiográficos (*dry films*) provenientes de centros de diagnóstico por imagem.

## 3. METODOLOGIA

Os filmes radiográficos utilizados nos experimentos eram decorrentes de descarte e foram cedidos por uma clínica de diagnóstico por imagem.

Inicialmente, realizou-se a liberação da emulsão da base de PET do filme radiográfico a partir de uma solução de hidróxido de potássio  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  em ebulição e sob agitação. O desprendimento da emulsão do PET foi confirmado visualmente e ocorreu durante o aquecimento, podendo ser comprovado pela Figura 1.

Figura 1: Filme radiográfico cortado em pedaços pequenos; PET e emulsão separados.



A emulsão foi separada e lavada, sendo em seguida aquecida a  $600^\circ\text{C}$  até a massa constante, por cerca de 180 minutos.

Adicionou-se o material a uma solução de ácido nítrico  $8 \text{ mol.L}^{-1}$  a  $90^\circ\text{C}$  seguida da adição de peróxido de hidrogênio (30%), sob agitação para degradação e dissolução da prata. Posteriormente, foi adicionada solução de ácido clorídrico  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  em temperatura ambiente e deixou-se a solução repousar protegida da luz para precipitação de cloreto de prata. O método está representado na Figura 2.

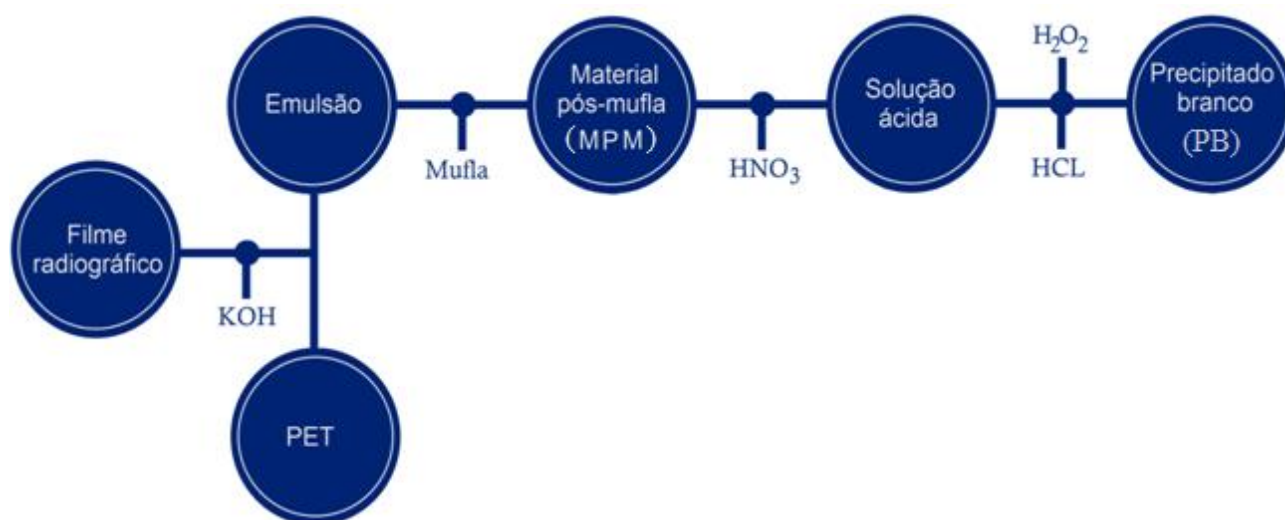
O precipitado branco foi filtrado a vácuo e reservado para análise. As análises foram realizadas por difração de raios-X (SHIMADZU–XRD 6000) para identificação das fases mineralógicas presentes.

Realizou-se uma análise gravimétrica em sextuplicata, a fim de se obter parâmetros para avaliação do rendimento. Foram pesadas aproximadamente 1,4 gramas de filme radiográfico que foi aquecido a  $1000^\circ\text{C}$  por 120 minutos.

Para estudo quantitativo de íons prata ( $\text{Ag}^+$ ), amostras foram analisadas por absorção atômica (Varian AA240FS). Os reagentes usados em todos os experimentos foram de grau analítico e água tipo 1 ( $18,2 \text{ M}\Omega\text{cm}$ ) de um sistema Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, USA). As soluções de trabalho foram preparadas no dia da análise a partir de diluições da solução estoque de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) em meio  $\text{HNO}_3$ . A faixa de concentrações preparadas foi de: 2, 5, 10, 15 e  $20 \text{ mg.L}^{-1}$ .

<sup>1</sup> cada. Realizaram-se medidas de duas amostras: do precipitado branco e do material inorgânico (análise gravimétrica). Os principais parâmetros operacionais do equipamento foram otimizados pela leitura das soluções de nitrato de prata. Para a leitura dos íons de prata ( $Ag^+$ ) nas amostras, as condições foram: comprimento de onda 328,1 nm, largura da fenda (slit) de 0,5 nm, corrente da lâmpada 4 mA, correção de fundo off, tempo de medida de 10 segundos, desvio padrão de 1%, vazão do gás oxidante de 3,5 L.min<sup>-1</sup> e do combustível de 2 L.min<sup>-1</sup> (ar-acetileno).

Figura 2: Representação do método.



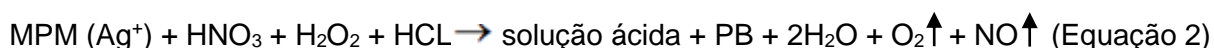
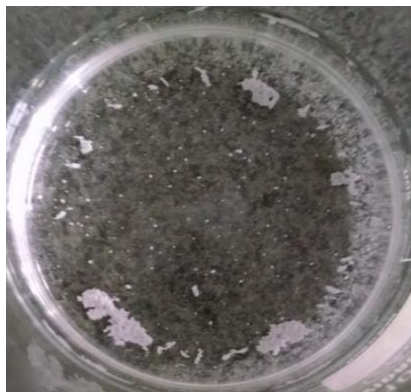
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição dos filmes radiográficos utilizados neste trabalho é desconhecida e protegida pelo fabricante. Dessa forma, há dificuldades de expressar quimicamente as reações ocorridas. A utilização da mufla visou à eliminação de matéria orgânica e outros materiais indesejáveis no produto (Equação 1).



Somente colocando a emulsão na mufla antes da sua degradação, adicionando o peróxido de hidrogênio e as soluções de ácido nítrico e clorídrico (Equação 2), resultou-se em um precipitado branco (Figura 3).

Figura 3: Precipitado branco.

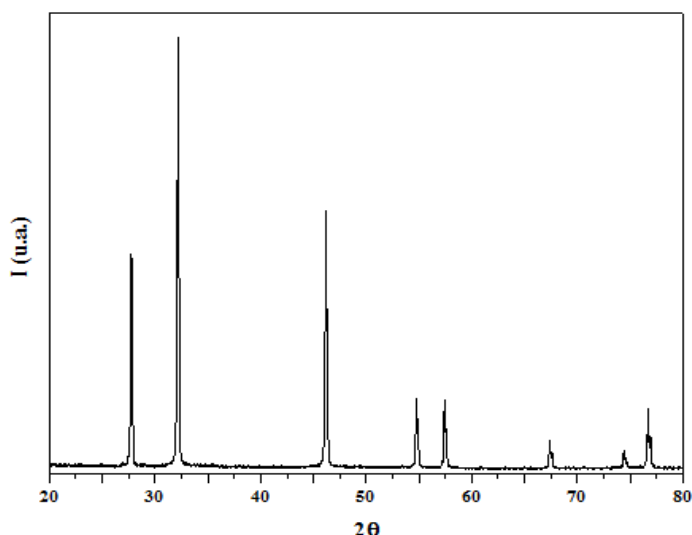


O precipitado branco filtrado a vácuo foi analisado por difração de raios-X (SHIMADZU–XRD 6000). A Figura 4 apresenta o precipitado branco e o padrão de difração, sendo possível perceber a presença de cloreto de prata (AgCl) conforme o PDF 31-1238 (PDF- Powder Diffraction File), sem fases minoritárias. A análise de difração de raios-X baseia-se no arranjo cristalino da amostra, sendo que sólidos cristalinos possuem arranjos predispostos (picos do padrão de difração) que permitem diferenciá-los. O resultado da análise é comparado com um banco de dados (Powder Diffraction File), que indica a substância presente na amostra. Quando não possui fases minoritárias na amostra (picos excedentes), há a garantia de uma amostra pura.

O cloreto de prata reage com a luz para formar metal de prata e uma molécula de cloro (Equação 3). Diante disso, a precipitação ocorreu protegida da luz. O cloreto de prata é um sal branco, pouco solúvel em meio aquoso ( $K_{ps} = 1,82 \times 10^{-10}$ , a 25°C) (SKOOG et al., 2006).



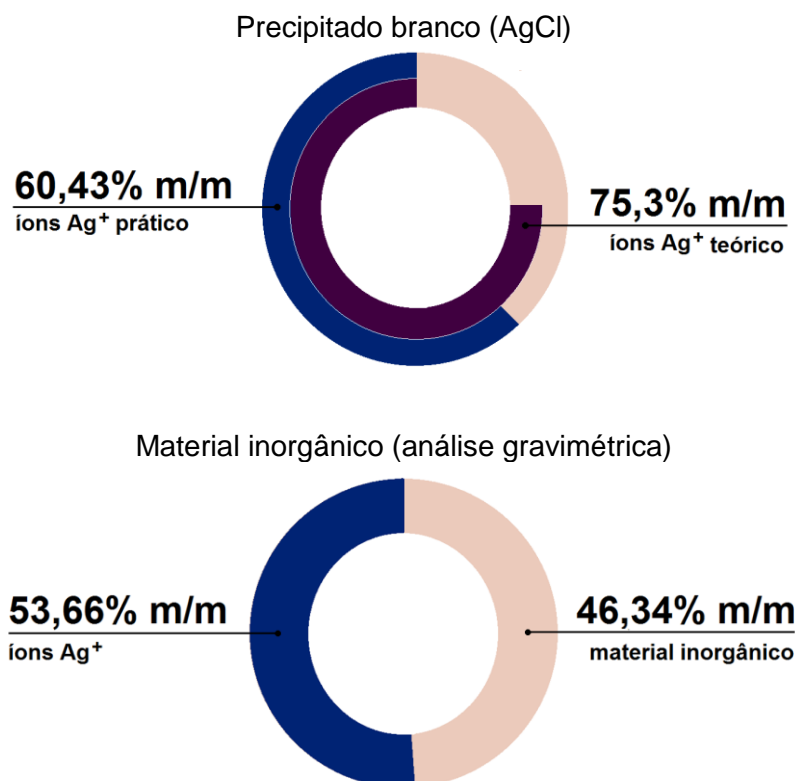
Figura 4: Precipitado branco e padrão de difração (AgCl).



A análise gravimétrica pode dar parâmetros de rendimento e apontou uma média de  $0,0335 \pm 0,0023$  gramas de sólidos inorgânicos. Sendo assim, pode-se dizer que 2,45% dos filmes radiográficos é material inorgânico e que o aumento de rendimento é possível, uma vez que nas análises anteriores obteve-se quantidades inferiores de sólidos.

As medidas de absorção atômica para estudo de íons prata, puderam verificar na amostra do precipitado branco (AgCl) 60,43% m/m, e no material inorgânico (análise gravimétrica) 53,66% m/m de íons (Figura 5).

Figura 5: Medidas de absorção atômica do precipitado branco e material inorgânico.



Diante dos resultados, pode-se dizer que a amostra de precipitado branco (AgCl) apresentou uma quantidade de íons prata abaixo do esperado e a análise do material inorgânico apontou a presença de 1,62 gramas de íons prata por  $\text{m}^2$  de filme radiográfico.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu a recuperação de cloreto de prata a partir de filmes radiográficos comumente designados como *dry films*.

A retirada da emulsão da base de PET, a sua degradação e o procedimento de precipitação química demonstraram-se adequados ao método proposto. A utilização da mufla e a adição do peróxido de hidrogênio foram primordiais para se obter cloreto de prata mais puro e com aparência semelhante ao comercializado.

O PET proveniente pode ser reciclado e servir de insumo para diversos processos.

Em escala laboratorial, o método não é rentável. O teor de cloreto de prata, baseando-se no precipitado branco, foi de 0,0035% m/m por filme radiográfico. Os cálculos demonstram uma possibilidade de aumento desse teor. Porém, este trabalho pode servir como base para outros

estudos futuros, no qual pode ser aprimorado. Diante dos resultados, existe a possibilidade de melhoria da qualidade de precipitado de cloreto de prata.

A reciclagem de filmes radiográficos (*dry films*) minimiza resíduos e impactos ambientais, contribuindo significativamente na diminuição do descarte inadequado.

## REFERÊNCIAS

AGFA HEALTHCARE. Departamento de Diagnóstico por Imagem. Estudo fornecido. UNIFESP. São Paulo, 2015. 10-13 p.

CARVALHO, B. D.; PICKA, M. C. M. Coleta de filme radiográfico em Itatinga e Botucatu – SP. *Tekhn e Logos*. V. 4, n. 2, 2013.

KIM, S. W.; CHUNG, H. E.; KWON, J. H.; YOON, H. G.; KIM, W. Facile synthesis of silverchloride nanocubes and their derivatives. *Bulletin of the Korean Chemical Society*. V. 31, n. 10, p. 2918-2922, 2010.

LI, C.; ZHANG, X.; WHITBOURNE, R. In vitro antimicrobial activity of a new antiseptic central venous catheter. *Journal of Biomaterials Applications*. V. 13, n. 3, p. 206-223, 1999.

LI, X.; ZUO, W.; LUO, M.; SHI, Z.; CUI, Z.; ZHU, S.. Silver chloride loaded hollow mesoporous aluminosilica spheres and their application in antibacterial coatings. *Materials Letters*. V. 105, p. 159-161, 2013.

REDDY, V. R.; CURRAO, A.; CALZAFERRI, G. Zeolite A and zeolite L monolayers modified with AgCl as photocatalyst for water oxidation to O<sub>2</sub>. *Journal of Materials Chemistry*. V. 17, p. 34, 3603-3609, 2007.

ROSENBROCK, L. C. C. Recuperação de prata e cromo dos resíduos gerados nos experimentos de titulações argentimétricas. Florianópolis, 10 p., 2009. TCC (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SARAN, L. M.; GIANANTE, R. H.; Silveira, G. A.; MATINATO, M. G.; DUDA, R. Recuperação e reciclagem da prata de solução residual proveniente da determinação da demanda química de oxigênio. V. 7, n. 4, p. 1057-1071, 2015.

SKOOG; WEST; HOLLER; CROUCH. Fundamentos de química analítica. Tradução da 8ª edição norte-americana. Editora Thomson, 2006. 279 p.