

RESÍDUOS DE FILMES RADIOLÓGICOS: VAMOS PENSAR SOBRE ISSO?

Janaina Bampi¹

Makeli Sechi²

Cátia Viviane Gonçalves³

Resumo: O presente artigo tem por objetivo contar uma breve história do raios-x, incluindo, descoberta, usos e benefícios sociais da tecnologia. Levando em conta os resíduos gerados por essa tecnologia, citaremos a composição dos filmes com o intuito de mostrar que são altamente contaminantes e precisam ser descartados de forma correta, tudo isto porque eles são compostos por acetato e o metal prata, componentes estes altamente contaminantes para ao meio ambiente.

Palavras-chave: Raios- x. Filmes. Acetato. Prata.

1. INTRODUÇÃO

É difícil imaginar o conhecimento que temos hoje sobre o corpo humano, os tratamentos atuais e a própria medicina sem os Raios X. Ele é o artifício que nos possibilita observar de forma clara nossos ossos, sem a necessidade de cortes ou grandes dificuldades. Fraturas, luxações, ossos deslocados puderam ser diagnosticados de forma bem mais precisa e

¹ Acadêmica do Curso Técnico em Química do Centro Universitário UNIVATES. Jana_bampi@hotmail.com

² Tecnóloga em Radiologia do Hospital Beneficente Santa Teresinha. kelisechi@hotmail.com

³ Bióloga, Mestre em Ecologia, Professora do Centro Universitário UNIVATES. biologacatia@univates.com.br

rápida, graças a essa tecnologia. O início do que seria esse método aconteceu em 8 de novembro de 1895, na Alemanha, com o Físico Wilhelm Conrad Rontgen (1845-1923). Conrad Rontgen era um físico alemão que, em meio a estudos sobre raios catódicos, teve resultados que levariam à descoberta da técnica de Raios X. Raios catódicos são elétrons que passam por um tubo previamente construído para possibilitar esse efeito. Esse tubo, chamado de tubo de Crookes, deveria apresentar uma diferença de potencial entre dois polos (positivo e negativo) de forma que um feixe de elétrons passasse do polo negativo para polo positivo. Esse experimento que dava condições de estudar os raios catódicos foi descoberto por Willian Crookes, físico inglês⁴.

Conrad Rontgen estava fazendo experimentos com o tubo de Crookes, envolvido por uma caixa coberta com filme negro. Essa caixa foi colocada em uma câmara escura e próxima a ela um papel coberto de platinocianeto de bário. Esse papel começou a apresentar uma luminosidade que deixou Rontgen intrigado. Depois colocou numa caixa o tudo de raios catódicos, papel fotográfico e alguns objetos que não permitiam a passagem de luz por seu interior. Foi percebido que, apesar de fazer essa luminosidade chegar mais fraca ao papel fotográfico, esses raios podiam penetrar através de matérias opacas e chegar ao papel fotográfico. Foram ainda muitas experiências, mas a que foi a determinante para se chegar ao resultado que temos hoje foi a de pedir a sua esposa para colocar a mão entre um papel fotográfico e o dispositivo. O resultado foi a primeira radiografia: os ossos da mão, e sua aliança, tinham ficado marcados no papel⁵.

A radiografia é importante ferramenta utilizada em diagnósticos na área da saúde. Todavia, no processamento radiográfico são gerados efluentes (revelador, fixador e água de lavagem de filmes radiográficos) que representam problemas ambientais, pois contêm compostos orgânicos e inorgânicos, tóxicos ao ambiente, quando descartados inadequadamente.

De acordo com a Resolução nº 358/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os efluentes de processadores de imagem são considerados do grupo B, por apresentarem substâncias químicas que podem causar risco à saúde pública ou ao ambiente,

⁴ PEREIRA, Lorena R. dos S. CARVALHO, Guilherme M. **História do Raio X**. Disponível em: <http://raio-x.info/mos/view/Hist%C3%B3ria_do_Raio_X/>. Acesso em 18/08/2013 às 14h30min.

⁵ PEREIRA, Lorena R. dos S. CARVALHO, Guilherme M. **História do Raio X**. Disponível em: <http://raio-x.info/mos/view/Hist%C3%B3ria_do_Raio_X/>. Acesso em 19/09/2013 às 19h40min.

dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

O filme radiográfico é composto por plástico transparente, acetato de celulose que serve para dar suporte à emulsão. A parte principal do filme é a emulsão que consiste de uma mistura homogênea de gelatina e sais que são os grãos de prata⁶.

A prata é um elemento de ocorrência natural, que é muito empregado em indústrias de fotografia e imagem, bem como em eletroeletrônicos de um modo geral. Essa acentuada utilização implica na descarga desse metal para o ambiente, o que representa risco para organismos aquáticos e terrestres⁷. Essa preocupação se justifica pelo seu reconhecido potencial tóxico quando despejada sem critérios no ambiente⁸. Metais pesados, como é o caso da prata, possuem efeito acumulativo no organismo e causam problemas renais, motores e neurológicos.

Ao reciclar o filme radiográfico a prata é reaproveitada e os filmes plásticos também têm sua vez: são transformados em embalagens para presentes e caixas. As microempresas de embalagens são as mais beneficiadas nesse processo, que oferece o produto reciclado de qualidade a preços bastante acessíveis. Um simples exame que poderia ficar guardado por anos e ter um destino incorreto é um exemplo de material 100% reaproveitado.

Este trabalho foi elaborado com o intuito de conhecer a estrutura dos filmes radiológicos, verificando se seu destino era efetuado corretamente, e com o intuito de informar a população sobre os riscos que os filmes geram ao meio ambiente devido sua composição.

⁶ OLIVEIRA, Luciano S. R. **A Física dos Raio X**. Disponível em : <<http://www.lucianosantarita.pro.br/fisica.html>>. Acesso em 11/10/2013 às 22h00.

⁷ PURCELL, T. W.; Peters, J. J.. *Environ. Toxicol. Chem.* V. 17, p. 539, 1998.

⁸ GORSUCH, J. W.; Klaine, S. J.; *Environ. Toxicol. Chem.* 1998, 17, 537

2. A FÍSICA DOS RAIOS X

Os raios X são radiações da mesma natureza da radiação gama, apresentam características semelhantes. Só diferencia-se da radiação gama pela origem, isso quer dizer que os raios X não são emitidos do núcleo do átomo⁹.

Os raios X na faixa utilizados em radiodiagnóstico são produzidos quando elétrons acelerados a altíssimas velocidades atingem um alvo metálico a prata e têm sua energia cinética transformada em radiação eletromagnética ionizante. Essa radiação apresenta um componente de distribuição de energia contínua em função da desaceleração brusca das partículas carregadas, chamada de *bremstrahlung* e também um componente de energia discreta em função de uma reorganização das camadas eletrônicas dos átomos do material do alvo, chamada raios X característicos.

3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS FILMES RADIOGRÁFICOS

3.1 Estrutura Do Filme Radiográfico

O filme radiográfico é composto basicamente por quatro camadas:

1º Base plástica composta de acetato de celulose claro e transparente atuando como suporte para a emulsão;

2º Camada de adesivo fina responsável em fixar a emulsão na base;

3º Emulsão composta de cristas de halogenado de prata, que ficam em uma matriz de gelatina. Fica em ambos os lados, e depois de atingidos pelos raios ficam sensibilizados e são reduzidos à prata negra metálica, onde ocorre a formação da imagem;

4º Camada que protege a emulsão de acidentes mecânicos e é feito de gelatina transparente¹⁰.

⁹ OLIVEIRA, Luciano S. R. **A Física dos Raio X**. Disponível em : <<http://www.lucianosantarita.pro.br/fisica.html>>. Acesso em 11/10/2013 às 22h00.

¹⁰ ÁLVARES LC, Freitas; **As quantidades de brometo de potássio em alguns reveladores radiográficos e suas influencias no filme** – Universidade São Paulo, v.5 paginas 271-274.

3.2 Etapas Do Processo De Revelação

A revelação do raios x é uma reação química que reage por três características físicas: tempo, temperatura e concentração. As etapas básicas na obtenção da imagem são: Formação da imagem latente, revelação e fixação da imagem.

Revelação: é o começo da reação química aos haletos de prata da emulsão onde a imagem oculta é convertida em imagem visível pela ação química do revelador através de uma reação de oxirredução, leva cerca de 5 minutos.

Fixação: remove os haletos de prata da emulsão, esta etapa serve para neutralizar, clarear, preservar e endurecer, leva cerca de 15 minutos.

Lavagem: realiza-se a remoção do fixador da emulsão, ocorre no tempo de 20 minutos.
Secagem: Última etapa em que se remove a água e prepara o filme radiográfico para o uso¹¹.

3.3 Composição Da Solução Reveladora E Suas Funções

A finalidade do agente revelador é reduzir quimicamente os grãos de prata expostos a luz, com o objetivo de formar uma imagem de prata metálica. Os mais utilizados são: metol, fenidona e hidroquinona.

O agente acelerador tem como objetivo de reagir com a presença de um álcali ou base. São os aceleradores do processo de revelação, onde a função básica é expandir a emulsão para que o processo de oxido redução ocorra mais agilmente. Os álcalis normalmente utilizados são: tetraborato de sódio, metaborato de sódio, carbonato de sódio e hidróxido de sódio.

Quando o agente conservador e os agentes reveladores são dissolvidos em água e a solução é exposta ao ar, o oxigênio reage com eles, formando produtos de oxidação. Essa reação ocorre quando o revelador é colocado em banheiras. O preservador normalmente

¹¹ÁLVARES LC, Freitas; **As quantidades de brometo de potássio em alguns reveladores radiográficos e suas influencias no filme** – Universidade São Paulo, v.5 paginas 271-274.

utilizado para retardar essa decomposição é o Sulfito de Sódio. A presença de álcalis muito fortes também oxida os agentes reveladores.

A ação dos agentes reveladores sobre as áreas da emulsão não expostas a luz precisa ser controlada, afim de que não haja produção de véu além do normal e para que a transparência do negativo seja aceitável, neste caso utiliza-se o agente limitador. O Brometo de Potássio é normalmente utilizável para essa função.

3.4 Solução Fixadora E Suas Funções

A primeira função do fixador é remover a emulsão por dissolução os cristais não expostos e não revelados. Outra função é endurecer a gelatina da emulsão para deixar resistente a radiografia afim de que a mesma possa ser manipulada. Os componentes importantes e essenciais do fixador são os seguintes:

No agente clareador os solventes de prata mais utilizados são o hipossulfito, e ou tiosulfato de sódio. O agente clareador não tem efeito sobre os grãos de prata metálica que foram reduzidos em um curto prazo de tempo, mas com o excesso de tempo da radiografia no fixador, a imagem vai perdendo a densidade na medida em que os grãos de prata metálica vão sendo dissolvidos pelo acido acético do fixador.

A solução fixadora é composta por ácido acético, com função de neutralizar qualquer contaminação com remanescentes de revelador, e inibir definitivamente a ação dos agentes redutores.

O sulfito de sódio tem função antioxidante, ação preservativa do filme e sua ação é evitar a degradação do agente clareador que é instável e suscetível a oxidação. Formam complexos com resíduos oxidados de revelador que contaminam a solução, não permitindo que estes manchem a radiografia:

O agente endurecedor é incorporado ao fixador com objetivo de tornar a gelatina da emulsão mais resistente às ações mecânicas da manipulação do filme, e também favorece um tempo de secagem mais curto, o agente frequentemente empregado é o alúmen de potássio¹².

4. FORMA CORRETA DE RECICLAGEM DO FILME RADIOGRÁFICO

As radiografias são solicitadas diariamente pelos médicos. Ao levar os exames para casa, normalmente eles são guardados por muito tempo até chegar ao seu destino final: o lixo. O problema é que a “chapa de raios-x” não podem ser descartadas em qualquer ambiente, pois polui tanto o solo quanto a água. O filme radiográfico é formado de plástico acetato e metal pesado prata, que são extremamente prejudiciais ao meio ambiente. Enquanto o plástico leva cerca de 100 anos para se decompor, a prata permanece no meio ambiente por tempo indeterminado e pode poluir os lençóis freáticos.

No processo de reciclagem, as chapas são separadas por tipo, tamanho e qualidade. Depois, são encaminhadas para o tratamento que separa a prata do plástico. O filme é colocado numa solução à base de hipoclorito de sódio 2,0%, que separa os compostos químicos das películas radiográficas, (nesta etapa a película já esta limpa) esse resíduo sólido é tratado com hidróxido de sódio e, em seguida, o óxido de prata é aquecido com uma solução de sacarose por 60 minutos obtendo-se a prata impura sólida que ainda não apresenta brilho. Uma nova sessão de aquecimento a 1000°C por 60 minutos em uma mufla (um tipo de estufa) resulta na prata limpa e com brilho, conhecida como prata 1000, esta prata é usada na fabricação de joias, talheres, espelhos, objetos decorativos e etc¹³. Estima-se, em média, que a prata potencialmente recuperável de negativos de filmes preto e branco é de cerca 0,5g/m² ao passo que esse número pode aumentar 10 vezes para radiografias.

Não é só a prata que é aproveitada nesse processo. Os filmes plásticos também têm sua vez, apresentando normalmente cor azul transparente tem sua reutilização pós-reciclagem

¹² ÁLVARES LC, Freitas; **As quantidades de brometo de potássio em alguns reveladores radiográficos e suas influencias no filme** – Universidade São Paulo, v.5 paginas 271-274.

¹³ FRAGMAQ. **Como é feita a reciclagem de radiografias?** Disponível em: <<http://www.fragmaq.com.br/blog/reciclagem-residuos-solidos/reciclagem-de-radiografias/>>. Acesso em 18/08/2013 às 16h25min.

voltada a: pastas de arquivamento, embalagens de presentes, capas de fichários, estêncil de pintura, caixas de lembrancinhas, de enfeites, etc¹⁴.

5. ATIVIDADES INFORMATIVAS REALIZADAS

O Hospital Beneficente Santa Teresinha conta com um amplo centro de diagnóstico por imagem, onde diariamente são realizados inúmeros exames de imagem, os que mais se destacam são os raios x e as mamografias, exames estes que são solicitados pelos médicos para diagnósticos dos pacientes. Após a realização destes e o diagnóstico dos médicos os pacientes levam esses filmes radiográficos para casa, onde armazenam por muitos anos ou acabam dando o destino incorreto para os mesmos, como os depositando em lixo comum ou queimando. Atitudes essas muito prejudiciais ao meio ambiente, devido à grande contaminação proporcionada por estes filmes.

Durante o período de estágio realizado no hospital observou-se, que os pacientes levam seus exames porém nenhum voltava para descartá-los, então um ponto de coleta foi instalado juntamente com um cartaz explicativo dos danos causados pelo descarte incorreto dos filmes. Objetivou-se com esta iniciativa o descarte correto dos filmes e o cuidado com o meio ambiente. Outra atitude realizada foi à conversação da estagiaria com pacientes, familiares, colegas de curso e trabalho, explicando e passando a diante a informação da importância de não depositar em lixo comum ou queimar os filmes radiográficos comumente armazenados em suas casas.

Observou-se o interesse das pessoas pelo assunto. Considerando as pessoas orientadas encontrou-se uma média muito insignificante de quem não tinha pelo menos um exame antigo guardado em casa. O que mais as impressionava era de saber que a formação da imagem nos filmes é gerada pelo metal prata, e que muitas embalagens que elas já compraram eram feitas de filme radiográfico reciclado. Mas apesar do interesse não se observou um aumento considerável no ponto de recolhimento dos exames com o passar dos meses.

¹⁴ TAVARES, Iva O. **Recuperação de prata a partir de radiografias**. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/Default.asp?Editoria=3&SubEditoria=11>>. Acesso em 18/08/2013 às 16h25min.

A caixa de coleta está instalada na frente da recepção do Centro de Diagnóstico para a melhor visualização dos pacientes que passam pelo local. Conforme se faz necessário esta caixa é esvaziada por uma funcionária que separa os filmes dos envelopes (papel), e os armazena em local próprio situada nas instalações do hospital, onde permanecem até que são recolhidos pela empresa Revelafix Produtos Hospitalares Ltda. O papel dos envelopes e os laudos deixados pelos pacientes dentro da caixa de coleta também são destinados para reciclagem.

6. RESULTADOS

Os filmes coletados no Hospital Beneficente Santa Teresinha são vendidos para a empresa Revelafix Produtos Hospitalares Ltda. A Revelafix com sede em Porto Alegre recolhe os filmes radiográficos no hospital e os revende para a Empresa DPC Brasil Gerenciamento de Resíduos Fotoquímicos, com sede em Franco da Rocha São Paulo, a empresa DPC Brasil que realiza a etapa de reciclagem dos filmes onde a prata extraída é comercializada para empresas do ramo e o plástico acetato é processado pela própria empresa que fabrica pastas de arquivamento e embalagens de presente.

Tabela 01 - Quantidade De Filme Radiográfico Coletada No Ano 2013

Período	Quantidade Em Kg
07/12/2012 à 10/01/2013	77 kg
10/01/2013 à 20/02/2013	52 kg
20/02/2013 à 10/04/2013	60 kg
10/04/2013 à 21/05/2013	18 kg
21/05/2012 à 10/07/2013	10 kg
10/07/2013 à 10/10/2013	23 kg
10/10/2013 à	

Fonte – do Autor.

Com base na tabela acima se observa que a quantidade de filmes que retorna ao ponto de coleta do hospital é muito pequena perto da quantidade de raios x que são feitos diariamente no hospital. Considera-se que muitos destes filmes ainda estão sendo utilizados nos tratamentos dos pacientes, mas uma grande parte deles já tem seu diagnóstico final e são

guardados e até mesmo esquecidos pelas pessoas em suas casas, até o dia que elas resolvem de colocá-los no lixo ou queimá-los.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos tempos, a sociedade tem sido afetada por problemas resultantes da consequência da ação antrópica no meio ambiente. A enorme quantidade de lixo produzido pelos humanos, concomitante a sua deficiente gestão, resulta no lançamento destes dejetos em destinos inadequados, podendo causar contaminação do solo, rios e águas subterrâneas. O ato de reciclar um material que poderia ir para o lixo significa muito mais do que apenas gerar outro material, significa a colaboração para manter a perfeita sintonia entre o homem e o meio ambiente.

Deste modo mostrou-se que é de extrema necessidade a reavaliação da maneira que tem se administrado o tratamento e destino dos filmes radiográficos. O presente trabalho apresentou os grandes danos causados aos seres humanos e ao meio ambiente que o descarte incorreto dos filmes radiográficos apresenta. Mostrou-se a forma correta de descarte e reciclagem deste material, realizou-se um trabalho de conscientização das pessoas, trabalho este que infelizmente apresentou pouco retorno, avaliação da tabela citada, que mostra que ao longo dos meses de coleta a quantidade de filmes descartados no ponto de coleta diminuía, entende-se que a população ainda não tem consciência sobre a quantidade de lixo que geramos e pior que isso o grande dano que os mesmos apresentam para o meio ambiente e a si próprias.

Leva-se em conta que radiologia diagnóstica vem evoluindo rapidamente, incorporando a todo instante tecnologias revolucionárias. Consequência disso será que a tendência de reciclagem dos filmes radiográficos diminua ao longo do tempo. Isso porque já existem aparelhos de raio-x que substituem a tecnologia analógica. Atualmente, já existem equipamentos digitais, que não utilizam fixador e revelador e filmes radiográficos, que já estão substituindo os modelos analógicos tradicionais, hospitais da região já contam com exames de diagnóstico digitais, programa este que futuramente será implantado na instituição

citada no trabalho. Desta maneira, a utilização destes produtos e a revelação das imagens por meio da prata tende a diminuir ao longo dos anos.

Mas como ainda muitos centros de diagnósticos, há exemplo do Hospital Beneficente Santa Teresinha, não contam com a tecnologia digital mostrou-se que os filmes radiográficos são materiais 100% recicláveis. Citando que ao final do tratamento dos filmes radiográficos, a prata metálica pode ser destinada na confecção de joias, semi-joias, talheres, bijuterias, etc. E o filme plástico limpo pode ser destinado à reciclagem comum ou na confecção de embalagens, pastas, caixas de presente, etc.

8. REFERÊNCIAS

PEREIRA, Lorena R. dos S. CARVALHO, Guilherme M. **História do Raio X**. Disponível em: <http://raio-x.info/mos/view/Hist%C3%B3ria_do_Raio_X/>. Acesso em 18/08/2013 às 14h30min.

PEREIRA, Lorena R. dos S. CARVALHO, Guilherme M. **História do Raio X**. Disponível em: <http://raiox.info/mos/view/Hist%C3%B3ria_do_Raio_X/>. Acesso em 19/09/2013 às 19h40min.

OLIVEIRA, Luciano S. R. **A Física dos Raio X**. Disponível em :

<<http://www.lucianosantarita.pro.br/fisica.html>>. Acesso em 11/10/2013 às 22h00.

ÁLVARES LC, Freitas; **As quantidades de brometo de potássio em alguns reveladores radiográficos e suas influencias no filme** – Universidade São Paulo, v.5 paginas 271-274.

FRAGMAQ. **Como é feita a reciclagem de radiografias?** Disponível em:

<<http://www.agmaq.com.br/blog/reciclagem-residuos-solidos/reciclagem-de-radiografias/>>.

Acesso em 18/08/2013 às 16h25min.

TAVARES, Iva O. **Recuperação de prata a partir de radiografias**. Disponível em:

<<http://www.recicloteca.org.br/Default.asp?Editoria=3&SubEditoria=11>>. Acesso em

18/08/2013 às 16h25min.

PURCELL, T. W.; Peters, J. J.. Environ. Toxicol. Chem. V. 17, p. 539, 1998.

GORSUCH, J. W.; Klaine, S. J.; Environ. Toxicol. Chem. 1998, 17, 537.

