

Descarte de efluentes radiográficos em instalações de saúde: uma revisão da literatura

Disposal of radiographic effluents in health care facilities: a review of the literature

Keylla Lopes Figueira^I 

Vanessa Wayne Palhares da Silva^I 

Kelly Lopes Figueira^{II} 

Elaine Cristiny Evangelista dos Reis^I 

Veridiana Barreto do Nascimento^{III} 

Marina Smidt Celere Meschede^{I,*} 

RESUMO

Introdução: Os efluentes radiográficos no campo da saúde são originados do processamento das radiografias, que utilizam soluções reveladoras e fixadoras contendo substâncias danosas ao meio ambiente e à saúde humana. **Objetivo:** Identificar na literatura as evidências nacionais e internacionais sobre as formas de descarte de efluentes radiográficos provenientes de serviços de saúde. **Método:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura realizada nas bases de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *U.S. National Library of Medicine* (PubMed) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Selecionou-se 14 evidências científicas publicadas entre 1995 e 2020. **Resultados:** A maioria dos estudos mostrou que o descarte dos efluentes radiográficos foi realizado de forma inadequada, preferencialmente em esgotos sanitários sem nenhum tratamento. Poucas evidências apontaram para a recuperação da prata presente nos efluentes e o seu envio para o tratamento e a disposição final por empresas especializadas. Apenas uma pesquisa brasileira mostrou que o descarte desses efluentes foi realizado seguindo os padrões estabelecidos pelos órgãos regulamentadores. **Conclusões:** A partir das evidências encontradas, verificou-se que o descarte dos efluentes radiográficos ainda se configura como um problema mundial ambiental, uma vez que estabelecimentos produtores desses resíduos não seguem as legislações para o descarte correto e tratamento, sendo recomendada a substituição pela tecnologia digital.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Químicos; Radiografia; Meio Ambiente

ABSTRACT

Introduction: Radiographic effluents in the health field originate from the processing of radiographs that use developing and fixing solutions containing substances harmful to the environment and human health. **Objective:** To identify in the literature national and international evidence on the forms of disposal of radiographic effluents from health services. **Methods:** This is an integrative literature review carried out in the Virtual Health Library (VHL), U.S. National Library of Medicine (PubMed) and Scientific Electronic Library Online (SciELO). 14 scientific pieces of evidence published between 1995 and 2020 were selected. **Results:** Most studies showed that the disposal of radiographic effluents was carried out inappropriately, preferably in sanitary sewers without any treatment. Little evidence pointed to recovering silver present in the effluents and sending it for treatment and final disposal by specialized companies. Only one Brazilian survey showed that the disposal of these effluents was carried out following the standards established by regulatory bodies. **Conclusions:** From the evidence found, it was concluded that the disposal of radiographic effluents is still a global environmental problem, since establishments producing these wastes do not follow the legislation for the correct disposal and treatment. That is why the replacement by digital technology is recommended.

KEYWORDS: Chemical Waste; Radiography; Environment

^I Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém, PA, Brasil

^{II} Pontifícia Universidade Católica (PUC), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^{III} Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Macapá, AP, Brasil

* E-mail: marcelere@yahoo.com.br

Recebido: 23 jun 2022

Aprovado: 13 fev 2023

Como citar: Figueira Keylla L, Silva VWP, Figueira Kelly L, Reis ECE, Nascimento VB, Meschede MSC. Descarte de efluentes radiográficos em instalações de saúde: uma revisão da literatura. *Vigil Sanit Debate*, Rio de Janeiro, 2023, v.11: e02084. <https://doi.org/10.22239/2317-269X.02084>



INTRODUÇÃO

As radiografias são meios importantes para obtenção de imagens das estruturas internas do corpo que auxiliam em diagnósticos na área da saúde. Entretanto, no processamento das imagens radiográficas são empregados reveladores, fixadores e água para lavagem, que podem conter substâncias químicas com propriedades tóxicas, e que podem conferir certo grau de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e/ou mutagenicidade^{1,2,3}.

O processo tradicional de obtenção de imagens radiográficas necessita de um filme radiográfico, no qual a imagem final será observada. O filme radiográfico é formado por uma folha de acetato de celulose revestida por uma emulsão de gelatina que contém cloretos e brometos de prata⁴.

O filme radiográfico, uma vez exposto aos fótons de raios-X, forma a imagem invisível (latente) e, quando exposto à radiação ionizante, inicia reações químicas em que o cloreto de prata sofre oxirredução, convertendo íons de prata (Ag^+) em prata metálica (Ag^0) e formação de cloro a partir do cloreto (Cl^-) e outras substâncias⁴. Posteriormente, ocorre a etapa de revelação da imagem latente, na qual a prata é convertida na sua forma visível (a prata metálica negra). Após esse processo, se dá a fixação, na qual o cloreto de prata não afetado pela exposição é removido, seguido da fase de lavagem dos filmes radiográficos, que permite a remoção dos resíduos deixados pelas soluções de revelador e fixador. Por último, realiza-se a secagem do filme⁴.

As soluções resultantes do processamento radiográfico, revelador e fixador são denominadas efluentes radiográficos. De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 222, de 28 de março de 2018, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)¹, esses efluentes são enquadrados como resíduos de serviços de saúde químicos e perigosos, pertencentes ao Grupo B, pois podem acarretar periculosidade à saúde pública e se tornar um problema ambiental se forem descartados de forma inadequada.

Os efluentes radiográficos contêm compostos de origem orgânica e inorgânica com potencial toxicidade para meio ambiente e saúde humana como: metais pesados, hidroquinona, tiosulfato de amônio, glutaraldeído⁵.

Devido às características de periculosidade, antes de serem descartados, os efluentes radiográficos devem ser submetidos a um tratamento correto obedecendo aos parâmetros estabelecidos pela Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)⁶, que incluem: a estabilização de pH entre 5 e 9, a manutenção da temperatura abaixo de 40 °C, a remoção mínima de 60% da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a limitação de prata total de 0,1 mg/L, dentre outros^{1,6}.

No entanto, algumas pesquisas apontam que o tratamento dos efluentes radiográficos é realizado muitas vezes de forma inadequada e a sua destinação final acaba em cursos d'água^{7,8,9}.

No estudo de Kaster et al.¹⁰ verificou-se que 35% dos entrevistados descartavam os efluentes radiográficos no esgoto comum

sem passar por qualquer processo de neutralização. Fato corroborado pela pesquisa desenvolvida por Oliveira et al.⁹, na qual 84,8% dos participantes relataram dispensar os resíduos de revelador e fixador diretamente na pia de seus consultórios após o processamento de imagens.

No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a proporção de municípios brasileiros com cobertura sanitária cresceu de 47,3%, em 1989, para 60,3%, em 2017. Esses dados mostram que muitas cidades brasileiras ainda são desprovidas de sistema de saneamento ambiental e de tratamento satisfatórios¹¹.

A Região Norte destaca-se como a de maior carência sanitária, uma vez que somente 21,4% da população tem acesso aos sistemas de tratamento de esgotos¹². Diante disso, torna-se importante que os efluentes resultantes do processamento radiográfico sejam submetidos ao tratamento e à disposição final determinados pelos órgãos reguladores^{1,2}.

O interesse por pesquisar essa temática foi despertado nos autores a partir da observação e das vivências quanto ao descarte inadequado dos efluentes radiográficos em pias de consultórios odontológicos durante os anos de 2020 e 2021 em cidades que não dispõem de estações de tratamento de esgotos (ETE), como em Santarém (Pará). Esta prática evidencia a falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes e o descumprimento das legislações vigentes, o que pode ser oriundo das poucas reflexões dos administradores dos estabelecimentos quanto às consequências geradas ao meio ambiente.

A partir do contexto apresentado, esse estudo teve como objetivo identificar e reunir as evidências disponíveis na literatura nacional e internacional sobre as formas de descarte de efluentes radiográficos provenientes de serviços de saúde.

MÉTODO

A revisão integrativa da literatura, segundo Souza et al.¹³, apresenta-se como um instrumento que permite a síntese e a análise crítica de pesquisas sobre uma temática. Este método proporciona uma prática assistencial baseada em evidências científicas. Para o desenvolvimento da revisão são seguidas as seguintes fases: elaboração da pergunta norteadora, busca ou amostragem na literatura, coleta de dados, análise crítica dos estudos incluídos, discussão dos resultados e apresentação da revisão integrativa. A análise dos artigos incluídos foi feita pelas dimensões referencial e contextual de acordo com Ferreira e Bonan¹⁴.

O presente estudo iniciou com a elaboração da pergunta norteadora que foi embasada no acrônimo PICO: P - população ou problema; I - intervenção; C - comparação ou controle; O - desfecho ou resultado¹³. Desta forma, delimitou-se a pergunta norteadora: "Como é realizado o descarte de efluentes radiográficos em serviços de saúde?"



A seleção dos artigos nas bases de dados, a leitura do título e resumo na fase de triagem, a leitura na íntegra dos artigos, a extração de dados, bem como a análise crítica dos artigos incluídos foram realizadas entre setembro e novembro de 2021, utilizando as seguintes bases de dados: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *U.S. National Library of Medicine* (PubMed) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO).

Primeiramente foram selecionados descritores controlados na plataforma dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): gerenciamento de resíduos; resíduos de serviços de saúde; resíduos químicos; resíduos tóxicos; radiografia; *waste management*; *medical waste*; *chemical waste*; *toxic wastes*; *radiography*. Todavia, ao realizar a busca nas bases de dados, poucos artigos estavam de acordo com a pergunta norteadora. Por isso, os descritores controlados foram substituídos por descritores não controlados.

Esses descritores de busca foram em português: resíduos; resíduos de saúde; materiais radiográficos; revelador e fixador. E seus correspondentes na língua inglesa: *waste*; *health waste*; *radiographic materials*; *developer* e *fixer*. Estes foram combinados em pares a partir da lógica booleana AND da seguinte forma: (resíduos) AND (materiais radiográficos); (*waste*) AND (*radiographic materials*); (resíduos de saúde) AND (revelador e fixador) e (*health waste*) AND (*developer and fixer*).

A busca nas bases de dados respeitou os seguintes critérios de inclusão: artigos versando sobre o descarte de efluentes radiográficos em saúde; artigos na íntegra publicados no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2020 e artigos nos idiomas inglês, português ou espanhol. Enquanto foram excluídos: artigos que não abordavam o descarte de efluentes radiográficos em saúde; textos duplicados nas bases de dados; trabalhos de conclusão de curso (monografia, dissertação e tese); revisões de literatura; opiniões públicas e/ou relato de casos.

A seleção dos artigos nas bases de dados foi realizada por dois pesquisadores independentes que encontraram a mesma quantidade de artigos. No entanto, ocorreu divergência na quantidade de artigos incluídos, por isso um terceiro pesquisador, após a análise, decidiu pela inclusão dos dois artigos divergentes. Todos os pesquisadores eram da área de saúde e estavam realizando pesquisas na área de resíduos de serviços de saúde.

A fim de realizar a extração e análise dos dados dos artigos incluídos foi confeccionada uma planilha no programa Microsoft Excel® que detalhava: autores, ano de publicação, periódico, a profissão do primeiro autor, local de realização da pesquisa, objetivos e desfecho.

RESULTADOS

Para esse trabalho, a partir da combinação dos descritores de busca, inseridos nas bases de dados selecionadas, foram obtidas 54 publicações, sendo 38 na BVS (70,4%), 16 no PubMed (29,6%) e não houve registros na base de dados SciELO. Na fase de identificação foram excluídos 13 textos por duplicidade, um artigo no idioma japonês, uma tese e um artigo do tipo revisão.

Na fase de triagem foram avaliados 38 artigos, destes, após leitura do título e do resumo, 24 foram excluídos por não apresentarem relação com a temática ou por não responderem à pergunta de pesquisa. Dessa forma, a revisão iniciou-se a partir de uma amostragem maior e, ao final, 14 artigos foram considerados elegíveis. Após a leitura do texto na sua integralidade, nenhum artigo foi excluído por não responder à questão norteadora (Figura). Dessa forma, o número referente à amostra final desta revisão foi de 14 artigos, que se referiram ao descarte de efluentes radiográficos em diferentes instalações de saúde, bem como contemplaram diversas categorias profissionais, o que permitiu uma boa representatividade da amostra.

A partir da análise das evidências científicas foi observado que, dos 14 artigos incluídos, 71,5% (n = 10) deles foram desenvolvidos no Brasil, 14,3% (n = 2) na Índia, 7,1% (n = 1) na Austrália e 7,1% (n = 1) no Irã. Quanto ao idioma, 50,0% (n = 7) dos artigos foram publicados em português, 42,9% (n = 6) em inglês e apenas 7,1% (n = 1) em espanhol. Verificou-se que 92,9% (n = 13) dos primeiros autores são cirurgiões-dentistas e 7,1% (n = 1), engenheiros mecânicos.

Os resultados mostraram que o maior quantitativo de publicações ocorreu no ano de 2011 (28,6%; n = 4) e 2012 (28,6%; n = 4), seguido dos anos de 2005 (14,4%; n = 2), 1997 (7,1%; n = 1), 2014 (7,1%; n = 1), 2015 (7,1%; n = 1) e 2019 (7,1%; n = 1).

No Quadro são apresentadas as informações sintetizadas das evidências selecionadas para a presente revisão.

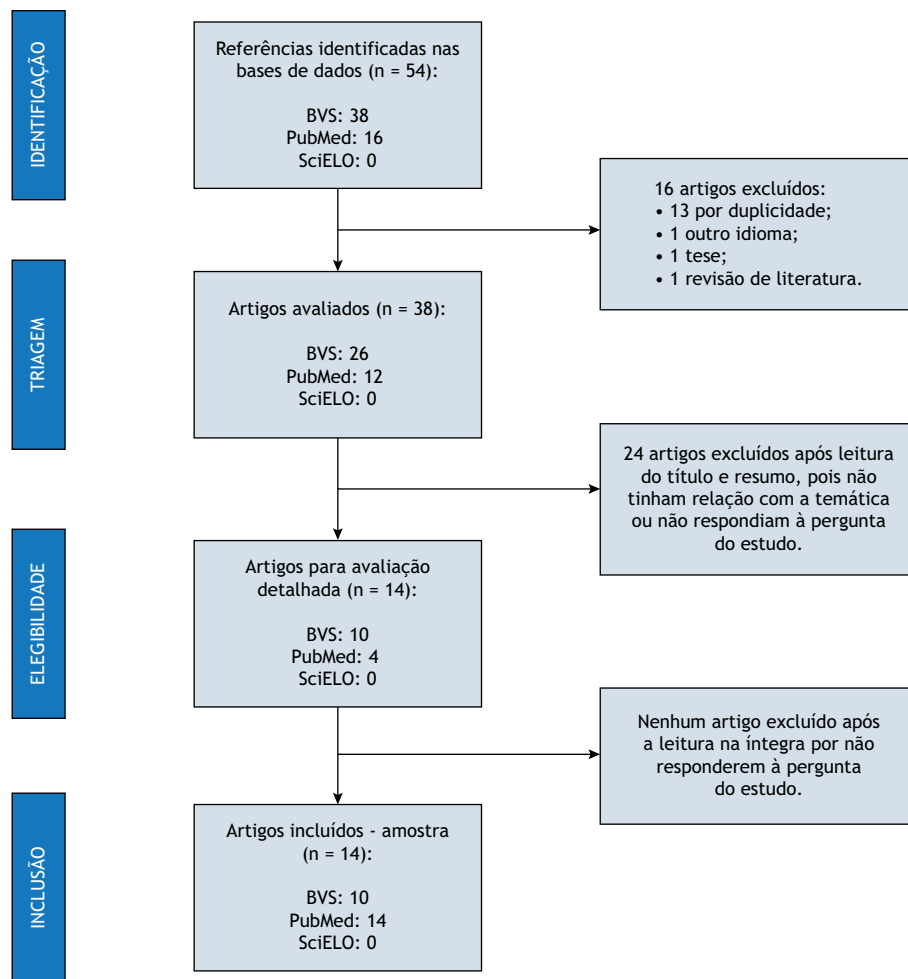
DISCUSSÃO

Dimensão contextual

Quanto às características gerais dos estudos, percebeu-se que a maioria dos artigos incluídos na presente revisão tem como autores e componentes amostrais profissionais de odontologia. Tal fato pode estar relacionado à falta de compromisso de muitos cirurgiões-dentistas quanto ao cumprimento das legislações sobre o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde e legislações ambientais^{7,16,20,21}.

Por isso, o gerenciamento dos resíduos radiográficos deveria constar nas grades curriculares dos profissionais de saúde e os odontólogos deveriam compreender de maneira detalhada esse processo de gerenciamento, uma vez que serão os profissionais mais próximos a essas atividades nos serviços de saúde. Além disso, a educação continuada, após a formação em nível de graduação, poderia ser uma estratégia importante na atualização e capacitação sobre o descarte correto dos efluentes radiográficos^{2,9,17,18,19,20,21}.

As legislações sobre o descarte de efluentes radiográficos são diferentes em cada país e no mesmo país podem existir regulamentações federais, estaduais, municipais e distritais. Acrescenta-se que essas regulamentações passam por atualizações periódicas que modificam os parâmetros do descarte.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2022.

Figura. Fluxo do processo de seleção dos artigos para revisão integrativa.

Dimensão referencial

Os estudos incluídos mostraram que a principal forma de descarte de efluentes radiográficos em serviços de saúde foi em esgoto e sem tratamento prévio^{7,8,9,10,16,17,19,20}. Tal fato contrapõe as recomendações internacionais, como o *Healthcare Environmental Resource Center*²³ que recomenda o descarte responsável dos resíduos gerados e as orientações vigentes brasileiras.

No Brasil, o lançamento de efluentes radiográficos deverá respeitar as diretrizes da Resolução nº 222/2018¹ da Anvisa e nº 430/2011⁶ do CONAMA. Ambas recomendam o tratamento de todos os efluentes antes de serem despejados diretamente em corpos receptores. As legislações brasileiras não indicam as formas de tratamento, mas sinalizam apenas que testes de ecotoxicidade poderão ser realizados. A Resolução nº 430/2011⁶ estabelece o limite máximo permitido para alguns parâmetros inorgânicos e orgânicos em efluentes antes do seu descarte como de até 0,2 mg/L de cádmio; 1,2 mg/L de tolueno; 1,2 mg/L de benzeno, entre outros.

Estudos apontam que os efluentes radiográficos descartados em esgotos sem tratamento prévio poderão acarretar consequências

ambientais e à saúde humana, embora sejam escassos^{2,5}. Segundo dados da Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), regulamentada pela ABNT 14725-4 de 2009²⁴ e que fornece informações acerca de vários aspectos dos produtos químicos quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente, o tratamento dos efluentes radiográficos pode ser realizado no próprio serviço ou de forma externa, por empresa especializada. Vale destacar que, segundo as recomendações nacionais, cada serviço gerador do efluente radiográfico tem a sua autonomia para utilizar processos de tratamento que atendam ao preconizado pelas normas vigentes.

Segundo Lunar et al.²⁵, diferentes formas de tratamento têm sido propostas, como: precipitação química e sedimentação, oxidação química, adsorção de carbono, oxidação biológica e osmose reversa. Métodos combinados como processos químico-biológicos, oxidação químico-eletroquímica e oxidação-separação também estão sendo propostos. A reciclagem dos efluentes radiográficos por meio do tratamento biológico-Cl₂, filtração-quelação, adsorção-osmose reversa poderá ser outra opção^{2,25}. Segundo Igarashi-Mafra et al.²⁶, a técnica oxidação foto-Fenton é



Quadro. Características dos estudos incluídos sobre o descarte de efluentes radiográficos em saúde.

N	Periódico/ Autor/Ano	Local do estudo	Objetivo principal	Desfecho
1	Aust. Dent. J. Farmer et al. 1997 ¹⁵	Melbourne, Austrália	Identificar os problemas que ocorreram devido à falta de diretrizes odontológicas para o descarte de resíduos.	Amostra composta por dez clínicas odontológicas. Dessas, apenas três não reciclavam o fixador e o revelador, mas usavam a pia como método de descarte dos efluentes radiográficos.
2	Radiol. Bras. Fernandes et al. 2005 ⁵	Rio de Janeiro (RJ), Brasil	Avaliar as condições de descarte dos efluentes radiográficos, propondo soluções que reduzam o impacto ambiental gerado por eles.	Amostra composta por dois hospitais. Um descartava as soluções de revelador e água de lavagem sem tratamento no esgoto e a solução fixadora era armazenada e vendida para outra empresa. O outro separava a prata da solução de fixador gerado e, após esta etapa, a solução era despejada no esgoto, sem tratamento.
3	Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent. Manzi et al. 2005 ⁷	Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, Brasil	Avaliar o destino dado aos resíduos radiográficos pelo cirurgião-dentista nas clínicas e nos consultórios odontológicos.	Amostra composta por 800 dentistas, 94% descartaram o revelador e o fixador em esgoto, 5% enviaram o revelador para empresas especializadas, 1% diluiu o revelador em água antes de descartá-lo em esgoto e 6% enviaram o fixador para tratamento por empresas especializadas.
4	Radiol. Bras Grigoletto et al. 2011 ²	Ribeirão Preto (SP), Brasil	Identificar a situação do gerenciamento de efluentes radiográficos em serviços de diagnóstico por imagem.	Amostra composta por 12 serviços de radiodiagnóstico, sendo que três possuíam equipamento radiográfico digital, dois descartavam o revelador diretamente na rede de esgoto sem tratamento, um descartava o fixador sem tratamento no esgoto e nove serviços descartavam a água de lavagem de filmes na rede de esgoto sem tratamento. Apenas seis (50%) tinham seus efluentes radiográficos coletados e tratados por empresas privadas.
5	Acta Odontol. Venez. Dias et al. 2011 ¹⁶	Juiz de Fora (MG), Brasil	Verificar a destinação que os profissionais dão aos resíduos radiográficos.	Amostra de 74 dentistas. Apenas quatro (5,40%) relataram não possuir aparelho de raios-X em consultório. Verificou-se que 42,80% dos resíduos da solução reveladora foram descartados em esgoto, 37,14% descartaram os resíduos no esgoto após diluição com água. Cerca de 42,85% descartaram a solução fixadora em esgoto sem diluição e 34,28% descartaram em esgoto após diluição com água.
6	Rev. ABRO Sá et al. 2011 ⁸	Aracaju (SE), Brasil	Averiguar a atual situação dos consultórios odontológicos quanto ao destino dado aos resíduos radiográficos.	Amostra de 84 cirurgiões-dentistas. Apenas 58% dos profissionais separavam os resíduos radiológicos, 88% descartaram o revelador e o fixador de forma inadequada, 50% descartavam o fixador diretamente na rede de esgoto, 38% diluíam em água e apenas 12% encaminhavam os resíduos radiológicos para empresas especializadas em seu tratamento.
7	Indian J. Dent. Res. Sood e Sood 2011 ¹⁷	Nas proximidades e em Delhi, Índia	Obter informações sobre o conhecimento, a atitude e as práticas de instituições e dentistas quanto ao descarte de resíduos.	Amostra de 100 estudantes de odontologia, docentes do instituto odontológico e dentistas particulares. Trinta por cento dos dentistas usavam radiografia convencional e 47% usavam tanto convencional quanto digital, 34% descartavam o fixador na pia, 60% descartaram o revelador residual pelo ralo e 25% acreditavam que as soluções usadas de revelador e de fixador podiam ser misturadas e lavadas para o ralo.
8	RSBO Silva et al. 2012 ¹⁸	São Luís (MA), Brasil	Avaliar o gerenciamento de resíduos de consultórios odontológicos e clínicas de radiologia em São Luís, Maranhão, Brasil.	Amostra de 100 dentistas, sendo que 43% descartavam o fixador na pia; 36% diluíam o fixador em água e jogavam na pia; 14% enviavam para o descarte por empresa especializada e 7% utilizavam outra forma de descarte. Quarenta e dois por cento descartaram o revelador na pia, 36% diluíam em água e, a seguir, descartavam na pia, 13% enviaram para empresa especializada e 9% usaram outra forma de descarte. Em relação à água utilizada na lavagem dos filmes, 71% jogavam na pia; 16% diluíam em água e jogavam na pia; 6% enviavam para descarte por empresa especializada e 7% descartavam por outro método.
9	Dentomaxillofac. Radiol. Shahab et al. 2012 ¹⁹	Irã	Investigar o conhecimento e o comportamento de dentistas em relação às normas de segurança da radiologia oral.	Amostra de 700 dentistas, apenas 2% usavam radiografia digital. As soluções de processamento utilizadas foram descartadas de forma adequada apenas por 1% dos entrevistados.

Continua



Continuação

10	Arq. Bras. Odontol. Kaster Lund e Baldissera 2012 ¹⁰	Pelotas (RS), Brasil	Avaliar o destino dos efluentes radiográficos dados pelos dentistas e analisar o conhecimento dos dentistas acerca da sustentabilidade.	Amostra de 40 cirurgiões-dentistas, sendo que 90,0% afirmaram não realizar tratamento para o revelador e fixador e 97,5% não realizavam tratamento da água de lavagem. Dos profissionais que realizavam algum tipo de tratamento do revelador e fixador antes do descarte, 35,0% lançavam as soluções diretamente em esgoto comum, 22,5% os diluíam em água antes de descartá-los em esgoto comum, 35,0% os enviavam para empresa especializada e 7,5% adicionavam grande quantidade de água antes de descartá-los no esgoto. Em relação à água de lavagem, 65,0% descartaram a água de lavagem diretamente em esgoto comum, 30,0% diluíram a água de lavagem em água antes de descartá-la em esgoto, 2,5% enviaram para empresa especializada e 2,5% a neutralizaram antes do descarte em esgoto.
11	Arq. Bras. Odontol. Oliveira et al. 2012 ⁹	Montes Claros (MG), Brasil	Avaliar o conhecimento dos cirurgiões-dentistas sobre medidas de radioproteção e de biossegurança.	Amostra de 112 dentistas, sendo que 84,8%, descartavam o revelador e fixador no esgoto sem tratamento; 15,2% enviaram para empresa especializada e nenhum dos entrevistados realizou tratamento prévio antes do descarte em esgoto.
12	BioMed Res.lint. Singh et al. 2014 ²⁰	Duas cidades do norte da Índia	Avaliar o desempenho em relação aos resíduos dentais, incluindo a política e as práticas de gestão de mercúrio entre os dentistas.	Amostra de 160 dentistas, dos quais 45% dispensaram as soluções de revelador e fixador diretamente no esgoto, 49,4% diluíram e descartaram no esgoto e apenas 5,6% as devolveram ao fornecedor.
13	Arq. Bras. Odontol. Pereira et al. 2015 ²¹	Santa Catarina, Brasil	Verificar o conhecimento dos formandos de odontologia do estado de Santa Catarina sobre os resíduos de serviço de saúde gerados em consultórios odontológicos.	Amostra de 138 formandos do curso de Odontologia, sendo que 82,6% sabiam como descartar líquidos utilizados no processamento de radiografias; 16,7% descartavam de forma incorreta, 95,7% tinham conhecimento sobre o armazenamento de líquidos residuais de revelador e fixador, 97,92% acreditavam que o tratamento e a disposição final correta dos resíduos dos serviços de saúde preservam a saúde pública e a qualidade do meio ambiente e 96% acreditavam ter um serviço de coleta especial para o resíduo gerado em consultórios.
14	J. Health Sci. Oliveira et al. 2019 ²²	Lagoa Seca, Juazeiro do Norte (CE), Brasil	Avaliar o descarte de resíduos produzidos no ambulatório de uma faculdade de odontologia, estimando se o descarte está sendo feito de maneira adequada.	Amostra composta por alunos de um centro universitário. O descarte dos efluentes do processamento radiográfico foi feito seguindo diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais brasileiros.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

empregada para a destruição de compostos orgânicos tóxicos presente nos efluentes radiográficos e não exige equipamentos caros podendo ser usada *in loco* nos pequenos serviços, cujas instalações e volume reduzido de resíduos não justificariam a adoção de outros tipos de processo, como a incineração^{2,26}.

O revelador e o fixador podem ocasionar lesões oculares graves, sensibilização cutânea, corrosão cutânea, mutagenicidade em células germinativas, carcinogenicidade, toxicidade aguda oral, perigo agudo e crônico para o ambiente aquático^{27,28}. Além disso, após o processo de revelação dos filmes radiográficos a solução de fixador contém alta quantidade de prata e, por isso, pode ser considerada um resíduo perigoso ao ambiente e à saúde humana⁸.

Vale ressaltar que as substâncias químicas constituintes dos efluentes radiográficos nem sempre são removidas na sua totalidade pelas ETE, uma vez que muitas delas não possuem estruturas suficientes para remoção de componentes inorgânicos, incluindo a prata, principal contaminante químico dessas soluções^{2,8}.

No Brasil, o tratamento de esgotos é realizado em apenas 21,4% das cidades localizadas na Região Norte, 34,1% da Região

Nordeste, 58,5% da Região Centro-Oeste, 58,6% da Região Sudeste e 46,7% da Região Sul¹², fato que evidencia a necessidade de tratamento e destinação final adequados dos efluentes antes do descarte nas redes de esgotos, a fim de evitar danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Estudos incluídos na presente revisão^{7,10,16,18,20} mostraram que, para minimizar os impactos ambientais do descarte dos efluentes radiográficos, alguns serviços realizavam a diluição em água da solução reveladora, entretanto, não foi apresentado o detalhamento desse processo, incluindo qual o tipo de água empregada, bem como a sua quantidade.

Como os efluentes radiográficos, revelador e fixador, apresentam diferentes compostos químicos, o *Healthcare Environmental Resource Center*²³ e a Resolução nº 222/2018¹ recomendam que não sejam misturados antes do descarte, a fim de evitar a formação de outros compostos químicos danosos ao meio ambiente e a saúde humana e, também, apontam formas de descarte distintas.

O *Healthcare Environmental Resource Center*²³ estabelece uma quantidade de prata no revelador abaixo de 5 mg/L. Acrescenta que a solução de revelador pode ser descartada no esgoto desde



que passe por estações de tratamento de águas residuais e recomenda aos geradores desses resíduos que verifiquem junto a essas estações restrições e recomendações sobre os componentes desses efluentes.

No Brasil, a Resolução nº 222/2018¹ sugere que as soluções de reveladores passem por processo de neutralização para alcançar um pH entre 7 e 9 e que, posteriormente, sejam descartadas em rede de esgoto com tratamento. No mesmo sentido, o *Health-care Environmental Resource Center*²³ aponta três condutas para o efluente de fixador: descartar como resíduo perigoso, pagar uma empresa para coletar e recuperar a prata do efluente ou ter uma unidade local de recuperação de prata. Enquanto a Resolução nº 222/2018¹ recomenda que as soluções de fixadores, quando não submetidas ao processo de recuperação da prata, devam ser encaminhadas para tratamento antes da disposição final ambientalmente adequada e que resíduos contendo metais pesados, como a prata, quando não submetidos a tratamento, devem ser descartados em aterro de resíduos perigosos - Classe I.

A prática da recuperação de prata dos efluentes radiográficos, principalmente na solução fixadora, foi observada por Fernandes et al.⁵, num hospital em que duas empresas terceirizadas atuavam. Uma delas utilizava o método de conduzir a solução de fixador da processadora de filmes até a separadora de prata por tubos, e a recuperação da prata era realizada por meio de um processo eletrolítico contínuo e, posteriormente, a solução resultante era descartada por meio de tubos diretamente conectados à rede de esgotos, sem nenhum outro tratamento. A prata recuperada era dividida entre o hospital e a empresa. Já a outra empresa realizava a separação de prata do fixador por meio de um sistema constituído de um filtro para metais pesados e a solução de fixador resultante, o revelador e a água passavam por um descontaminador que deveria lançar a solução restante com os parâmetros dentro dos limites recomendados pelas legislações ambientais brasileiras. No entanto, foi observado que no descontaminador as soluções apenas sofriam diluição contínua com água corrente⁵.

Outras opções apontadas nos artigos foram: devolução dos efluentes de revelador e fixador diretamente ao fornecedor²⁰, acondicionamento do efluente fixador em tambores para posterior venda⁵ e recolhimento das soluções por empresas terceirizadas especializadas no tratamento e disposição final ambientalmente adequada desses efluentes^{2,7,8,9,10,18}.

Acerca do recolhimento das soluções por empresas terceirizadas especializadas no tratamento e da disposição final ambientalmente adequada, nenhum estudo citou o nome de empresas responsáveis por esse tratamento, nem descreveu como foi feito o destino dado aos efluentes^{2,7,8,9,10,18}.

É importante que os responsáveis pela contratação de empresas que tratam os resíduos de serviços de saúde verifiquem se elas possuem licença de órgãos ambientais, capacidade técnica, qualificação e idoneidade moral².

No que diz respeito às empresas que tratam esses efluentes, Grigoletto et al.² observaram que em Ribeirão Preto esses eram coletados e tratados por cinco empresas terceirizadas, destas

três possuíam licença da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), uma possuía apenas telefone para contato e um participante não soube informar o nome da empresa que contratou. Essas empresas estavam localizadas nos municípios de Barretos, Diadema, Campinas, Franco da Rocha e São Paulo.

Kaster et al.¹⁰ averiguaram que na cidade de Pelotas (RS) não havia empresa local especializada no recolhimento de resíduos de serviços de saúde e de resíduos radiográficos, entretanto, três empresas de outras cidades próximas faziam essa coleta. Pontuaram que a necessidade de deslocamento para coleta entre cidades poderia resultar em altas taxas de coleta desses resíduos e, conseqüentemente, justificaria a ocorrência de infrações pelos geradores desses resíduos. Tal fato evidencia que o alto custo pode levar os profissionais a descumprirem as legislações regulamentadoras.

De maneira positiva, Oliveira et al.²² relataram que o descarte dos efluentes de revelador e fixador foi feito de acordo com os padrões estabelecidos pelos órgãos regulamentadores, mas não detalharam o método de descarte empregado.

A respeito da água de lavagem dos filmes, Grigoletto et al.² destacaram que as resoluções nacionais deveriam incluí-la como resíduo químico, visto que ela contém todos os componentes do revelador e do fixador, além dos produtos de suas reações químicas, por isso também necessitaria passar por tratamento antes de ser descartada na pia⁵. Apesar disso, Grigoletto et al.², Kaster et al.¹⁰ e Silva et al.¹⁸ observaram o envio da água de lavagem para tratamento por empresas especializadas.

Uma solução para a problemática dos efluentes radiográficos é a radiografia digital. De acordo com Köner et al.²⁹, o futuro da radiologia seria digital por essa apresentar inúmeras vantagens quando comparadas às outras formas de obtenção de imagens. O processo tradicional de obtenção de imagens tem perdido espaço para os equipamentos digitais, que dispensam o emprego de soluções para processamento radiográfico (revelador e fixador)²⁸.

Por outro lado, os desafios para o uso da radiografia digital são apontados, entre eles: o alto custo do equipamento digital, os custos de conversão de registros anteriores para digital, necessidade de treinamento de profissionais e técnicos, o incômodo ocasionado ao paciente pela espessura e a rigidez do sensor, o alto custo de manutenção dos sensores e a radiografia digital não ser de uso universal^{2,30}.

Apesar de não ser o objetivo desta pesquisa, alguns artigos mostraram a adesão à radiografia digital. Grigoletto et al.² verificaram a utilização de equipamentos radiográficos digitais por três serviços de saúde. Sood e Sood¹⁷ mencionaram que 47% dos dentistas entrevistados usavam tanto radiografia convencional quanto digital e Shahab et al.¹⁹ constataram que 2% dos dentistas de sua amostra já utilizavam a radiologia digital.

CONCLUSÕES

As evidências sintetizadas por esse estudo apontam fragilidades importantes no descarte dos efluentes radiográficos, o que poderá colocar em risco o meio ambiente e a saúde humana. A falta de compromisso em cumprir as legislações específicas e diretrizes pelos



profissionais e a falta de fiscalizações pelos órgãos competentes são fatores atrelados ao descarte incorreto. Apesar da importância das imagens radiográficas no contexto da área da saúde, durante a realização do presente trabalho, verificou-se que são escassos os estudos divulgados na América Latina sobre a temática e em outras partes do mundo como: Europa, Estados Unidos, Canadá e Ásia.

Infelizmente o esgoto torna-se uma opção que deve ser ponderada e observada com mais atenção, uma vez que muitas cidades brasileiras não dispõem de ETE e, mesmo quando dispõem, faltam evidências que avaliem o seu impacto na remoção desses poluentes químicos como a prata.

A negligência no cumprimento das diretrizes pelos geradores de efluentes radiográficos deve ser punida de maneira mais rígida e as fiscalizações devem ser frequentes a fim de comprovar a destinação adequada dos resíduos químicos radiográficos.

Também deve ser implementada a venda controlada das soluções de revelador e de fixador, de modo que os compradores comprovem o meio pelo qual ocorrerá o descarte como: pela celebração de contratos com empresas privadas especializadas no tratamento e na destinação ambiental, pelo envio ao aterro sanitário classe I ou por equipamentos específicos no tratamento deste que periodicamente coletam amostras que passem por análise de especialista para verificar os parâmetros estabelecidos pelas legislações.

Sugere-se que novos estudos com maior nível de evidências possam ser realizados a fim de investigar a relação direta dos efluentes radiográficos com a saúde e o meio ambiente. Assim como estudos transversais para verificar a adesão à radiografia digital pelos serviços de saúde nacional e internacional. Além disso, é importante verificar como as empresas terceirizadas tratam e descartam os rejeitos dos efluentes radiográficos.

REFERÊNCIAS

1. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa. Resolução RDC N° 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde e dá outras providências. Diário Oficial União. 29 mar 2018.
2. Grigoletto JC, Santos CB, Albertini LB, Takayanagui AMM. Situação do gerenciamento de efluentes de processamento radiográfico em serviços de saúde. Radiol Bras. 2011;44(5):301-7. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842011000500008>
3. Ues K, Piaia L, Schweickardt M, Wastowski AD, Santos EP. Uso de processos avançados de oxidação na degradação dos resíduos de revelador e fixador de raio-x. In: Anais do 16° Encontro de Química da Região Sul; Blumenau, Brasil. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau; 2008.
4. Haus AG, Jaskulski SM. The basics of film processing in medical imaging. Madison: Medical Physics; 1997.
5. Fernandes GS, Azevedo ACP, Carvalho ACP, Pinto MLC. Análise e gerenciamento de efluentes de serviços de radiologia. Radiol Bras. 2005;38(5):355-8. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842005000500009>
6. Ministério do Meio Ambiente (BR). Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial União. 16 maio 2011.
7. Manzi FR, Guedes FR, Ambrosano GMB, Almeida SM. Estudo do destino dado aos resíduos dos materiais radiográficos pelo cirurgião-dentista. Rev Assoc Paul Cir Dent. 2005;50(3):213-6.
8. Sá SC, Melo SLS, Melo MFB. Destino dado aos resíduos de materiais radiográficos pelos cirurgiões-dentistas no município de Aracaju/SE. Rev Abro. 2011;12(1):49-53.
9. Oliveira MV, Bortolotto M, Silva F, Junqueira JLC, Oliveira LB. Avaliação sobre o conhecimento dos cirurgiões-dentistas de Montes Claros MG sobre técnicas radiográficas, medidas de radioproteção e de biossegurança. Arq Odontol. 2012;48(2):82-8
10. Kaster FPB, Lund RG, Baldissera EFZ. Gerenciamento dos resíduos radiológicos em consultórios odontológicos da cidade de Pelotas (RS, Brasil). Arq Odontol. 2012;48(4): 242-50.
11. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Pesquisa nacional de saneamento básico 2017: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2020[acesso 22 jan 2022]. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101734>
12. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. Diagnóstico temático: serviços de água e esgoto: visão geral, ano de referência 2020. Brasília: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento; 2021[acesso 5 jan 2022]. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf
13. Souza MT, Silva MD, Carvalho R. Integrative review: what is it? How to do it? Einstein. 2010;8(1):102-6. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>
14. Ferreira BO, Bonan C. Abrindo os armários do acesso e da qualidade: uma revisão integrativa sobre assistência à saúde das populações LGBTQTT. Cienc Saúde Coletiva. 2020;25(5):1765-77. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020255.34492019>
15. Farmer GM, Stankiewicz N, Michael B, Wojcik A, Lim Y, Ivkovic D et al. Audit of waste collected over one week from ten dental practices: a pilot study. Aust Dent J. 1997;42(2):114-7. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1997.tb00106.x>



16. Dias IM, Santos EE, Corrêa RO, Leite FPP, Leite APP, Devito KL. Evaluación del destino dado a los residuos de materiales radiográficos por parte de los dentistas de la ciudad Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *Acta Odontol Venez.* 2011;49(3):1-11.
17. Sood AG, Sood A. Dental perspective on biomedical waste and mercury management: a knowledge, attitude, and practice survey. *Indian J Dent Res.* 2011;22(3):371-5. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.87055>
18. Silva MAS, Santos Neto OS, Amorim JM, Bauer J. Evaluation of radiographic waste management in dental offices and radiology clinics of São Luís (MA). *RSBO.* 2012;9(3):260-5.
19. Shahab S, Kavosi A, Nazarinia H, Mehralizadeh S, Mohammadpour M, Emami M. Compliance of Iranian dentists with safety standards of oral radiology. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41:159-64. <https://doi.org/10.1259/dmfr/29207955>
20. Singh RD, Jurek SK, Tripathi S, Agrawal KK, Kumari R. Mercury and other biomedical waste management practices among dental practitioners in India. *BioMed Res Int.* 2014;2014:1-6. <https://doi.org/10.1155/2014/272750>
21. Pereira KCR, Locks KW, Squizzato LM, Silva Junior MF, Miclos PV. Resíduos dos serviços de saúde: conhecimento sobre a geração e responsabilidade dos formandos em odontologia das faculdades de Santa Catarina. *Arq Odontol.* 2015;51(2):88-95.
22. Oliveira AHA, Silva AS, Sousa CA. Disposal of waste in dentistry and its environmental and financial impact. *J Health Sci.* 2019;21(2):103-7. <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2019v21n2p103-107>
23. Healthcare Environmental Resource Center - HERC. Pollution prevention and compliance assistance information for the healthcare industry. Cary: Healthcare Environmental Resource Center; 2015[acesso 20 mar 2022]. Disponível em: <https://www.hercenter.org/wastereduction/dentalwastes.php#five>.
24. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 14725-4: produtos químicos: informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas; 2009.
25. Lunar L, Sicilia D, Rubio S, Pérez-Bendito D, Nickel U. Degradation of photographic developers by Fenton's reagent: condition optimization and kinetics for metal oxidation. *Water Res.* 2000;34(6):1791-802. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00339-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00339-5)
26. Igarashi-Mafra L, Bortoletto EC, Barros MASD, Sorbo ACAC, Galliani N, Tavares C. Degradation of odontologic x-ray film developing wastewaters by photo-Fenton process. *Int J Chem Reactor Eng.* 2007;5(1). <https://doi.org/10.2202/1542-6580.1442>
27. Indústria Brasileira de Filmes - IBF. Ficha de informações de segurança de produtos químicos: revelador automático RX. São Paulo: Indústria Brasileira de Filmes; 2016.
28. Kulzer South America. Ficha de informações de segurança de produtos químicos: fixador de raios-x. São Paulo: Kulzer South America; 2019.
29. Köner M, Weber CH, Wirth S, Pfeifer KJ, Reiser MF, Treitl M. Advances in digital radiography: physical principles and system overview. *Radiographics.* 2007;27(4):675-86. <https://doi.org/10.1148/rg.273065075>
30. Christensen GJ. Why switch to digital radiography? *J Am Dent Assoc.* 2004;135(10):1437-9. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2004.0054>

Contribuição dos Autores

Figueira Keylla L, Silva VWP, Meschede MSC - Concepção, planejamento (desenho do estudo), aquisição, análise, interpretação dos dados e redação do trabalho. Figueira Kelly L, Reis ECE, Nascimento VB - Análise, interpretação dos dados e redação do trabalho. Todas as autoras aprovaram a versão final do trabalho.

Conflito de Interesse

Os autores informam não haver qualquer potencial conflito de interesse com pares e instituições, políticos ou financeiros deste estudo.



Licença CC BY. Com essa licença os artigos são de acesso aberto que permite o uso irrestrito, a distribuição e reprodução em qualquer meio desde que o artigo original seja devidamente citado.