

INERTIZAÇÃO DE MEDICAMENTOS SÓLIDOS VENCIDOS: ALTERNATIVAS DE REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL

César Augusto Munhóz Angioluci (Centro Universitário Padre Anchieta)
Maria Eduarda Caum Meneguello (Centro Universitário Padre Anchieta)
Raquel Carnivalle Silva Melillo (Centro Universitário Padre Anchieta)
Vanderlei Inácio de Paula (Centro Universitário Padre Anchieta)

RESUMO

Com o crescimento acelerado da população mundial, crescem as demandas e a produção de medicamentos pela indústria farmacêutica. O aumento do consumo de fármacos associado a uma fiscalização precária e até mesmo por negligência gerou grande problemática quanto à sua disposição final. Este estudo se propôs a discutir metodologias que podem ser empregadas em relação ao descarte de medicamentos vencidos e inutilizados, visando à redução do impacto ambiental. Foram levantados e comparados métodos de inertização por incorporação em cimento da construção civil e em gesso acartonado. O gesso se apresentou mais viável financeiramente, quase nenhuma geração de resíduos, e por incorporar em aplicações que não necessitem de tanta resistência física, como o cimento.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos; Resíduos farmacêuticos; Sustentabilidade; Inertização, Preservação do meio ambiente.

ABSTRACT

With the accelerated growth of the world's population, the demands and production of drugs are growing by the pharmaceutical industry. The increase in the consumption of drugs associated with a precarious supervision and even by negligence generated a great problem regarding its final disposition. This study proposes to discuss methodologies that can be used in relation to the disposal of expired and unused medications, aiming at reducing the environmental impact. Methods of inertization were raised and compared by incorporation into cement of civil construction and gypsum plasterboard. The plaster presented more viable financially, almost no generation of residues, and by incorporating in applications that do not require so much physical resistance, such as cement.

Keywords: Solid waste management; Pharmaceutical waste; Sustainability inertization, Preservation of the environment.

1 INTRODUÇÃO

Conforme a população cresceu e se desenvolveu muitas doenças surgiram, por este motivo, uma das áreas mais importantes da ciência contempla hoje a indústria farmacêutica. Porém, nunca antes houve um gerenciamento de resíduo adequadamente sustentável devido aos recursos naturais ter sido considerado ilimitado. Contribuindo para o aumento da problemática, o consumo de fármacos aumentou globalmente sem o devido tratamento ou disposição final, seja por desinteresse sobre o assunto associado a uma fiscalização precária ou até mesmo negligência, a logística reversa tem sido pouco eficiente. Recentemente apenas, com o assunto sobre a sustentabilidade ganhando notoriedade, é que se tem dada a devida atenção sobre a gestão de resíduos em geral e a necessidade de sistematizar um gerenciamento eficiente de medicamentos inutilizados considerados contaminantes emergentes (GERALDO, 2012).

A fim de minimizar danos à saúde e ao meio ambiente, a Suécia criou uma base de dados online, que teve início em Estocolmo, e depois se estendeu ao restante do país, cuja ferramenta permite aos médicos consultar a classificação ambiental dos fármacos com o objetivo de possibilitar o uso de opções de tratamento que, eventualmente, ofereçam menos danos ambientais (ONU, 2019).

É interessante mencionar que enquanto este trabalho tem como finalidade abordar a problemática sobre a gestão dos resíduos sólidos farmacêuticos, há países que já investem na gestão de resíduos de todos os tipos. Os resultados dessa gestão são inspiradores para outros países, conforme um levantamento de dados da Suécia, apresentado na Figura 1 abaixo.

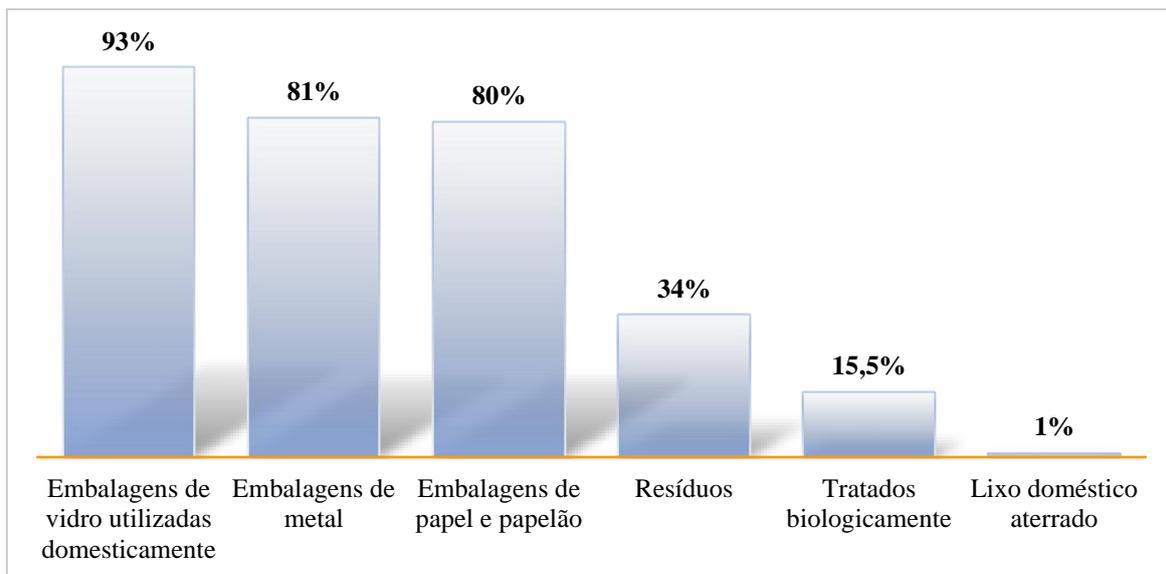


Figura 1 – Gestão de Resíduos na Suécia em 2017.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em ONU (2019).

Como pôde ser observado, apenas um por cento do lixo doméstico foi para aterro sanitário em 2017, o restante foi reciclado ou recuperado para a geração de energia, e esse processo tem sido cada vez mais aprimorado servindo de incentivo para os outros países, visto que contribui não apenas para o meio ambiente como para a qualidade de vida da população e para a economia, com novas frentes de atuação e nichos de mercado.

Neste cenário, o objetivo deste trabalho foi, justamente, discorrer sobre a destinação mais sustentável dos resíduos provenientes do uso de medicamentos, enfocando os processos e metodologias que se tornam primordiais para este tipo de resíduo. Dessa forma, o enfoque foi apresentar meios de inertização dos princípios ativos dos fármacos sólidos descartados, sem necessariamente recorrer diretamente à incineração ou à disposição em aterros. Para tanto, foi realizada uma análise de referências que tratem sobre a possibilidade de incorporar uma parte dos resíduos sólidos de medicamentos vencidos a cimentos da construção civil, mediante análises e testes de lixiviação em laboratório, no intuito de compreender quais substâncias químicas podem ser integradas nesse processo e a quantidade, visto que misturar vários tipos de medicamentos desconhecidos com outras substâncias químicas pode gerar resultados inesperados.

Espera-se que os resultados obtidos neste estudo sirvam como base para futuras investigações mais detalhadas, que permitam delinear estratégias para a gestão de resíduos farmacêuticos, em procedimentos mais assertivos e sustentáveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para elaborar um programa de gerenciamento de resíduos, uma estratégia de amparo que pode ser tornar um diferencial para o sucesso é estar em conformidade com um Sistema de Gestão Ambiental – SGA. Neste sentido, o modelo de SGA mais mundialmente difundido e que passa por constantes atualizações com vistas a facilitar seu emprego nos mais diversos ambientes, é proposto pela *International Organization for Standardization – ISO*, no formato da ISO 14001 (ISO, 2015).

Muitos setores, dessa forma, acabam implementando o sistema supracitado e a gestão de resíduos é iniciada. Independentemente do modelo de gestão, há necessidade de adequação a normas obrigatórias ou compulsórias, que logo são levantadas para adequação. No Brasil existem algumas diretrizes legais que visam a padronização, manutenção e fiscalização das atividades corporativas em relação à saúde pública e ao meio ambiente, como:

- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA: órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, instituído pela Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90 (MMA, 1981).
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA: promove a proteção da saúde da população por meio do controle sanitário da produção e consumo de produtos e serviços, bem como o controle de portos, aeroportos, fronteiras e recintos alfandegados (ANVISA, 1999).

Existem, ainda, algumas Normas Técnicas, denominadas NBRs aprovadas pela ABNT, específicas para o gerenciamento de resíduos farmacêuticos e relacionados, tais como:

- NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação;
- NBR 7500 – Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de material – Simbologia;
- NBR 12235 – Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos – Procedimento;
- NBR 13221 – Transporte de Resíduos – Procedimento;
- NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.

De acordo com a Resolução ANVISA/RDC 306/04, que até o ano de 2018 estabelecia diretrizes referentes à gestão de resíduos de saúde, tais como: segregação, acondicionamento, identificação, transporte, armazenamento, tratamento, coleta e disposição final, foi revogada.

A nova Resolução ANVISA/RDC 222, de 28 de março de 2018, torna a gestão mais didática e objetiva que a anterior, com menor citação de outros normativos e alterações textuais para facilitar a compreensão e a inclusão de obrigações administrativas referentes ao gerenciamento, classificação de Resíduos de Serviços de Saúde – RSS e a capacitação de pessoal (ANVISA, 2018).

Contudo, não há uma legislação que trate do assunto em relação ao consumidor doméstico. Nem mesmo há informações nas bulas dos medicamentos que identifiquem o manejo e a disposição final a serem realizados em relação à geração de resíduos, pois as normas somente se aplicam aos grandes geradores de resíduos, como a indústria, os hospitais, as farmácias e drogarias e afins. O que tem sido feito para reduzir a quantidade de resíduos farmacêuticos, isto quando não são descartados como lixo comum, é a incineração. Mas apesar do volume desses resíduos ser reduzido consideravelmente, muitos gases tóxicos são lançados na atmosfera, bem como aqueles provenientes da incineração das embalagens de blisters¹ que armazenam e transportam os comprimidos, o que a longo prazo inviabiliza o processo pela poluição ambiental (FALQUETO et al., 2010).

O conceito da inertização, portanto, é reduzir a incineração de resíduos e evitar a contaminação do meio ambiente, como idealizado no fluxograma da Figura 2.

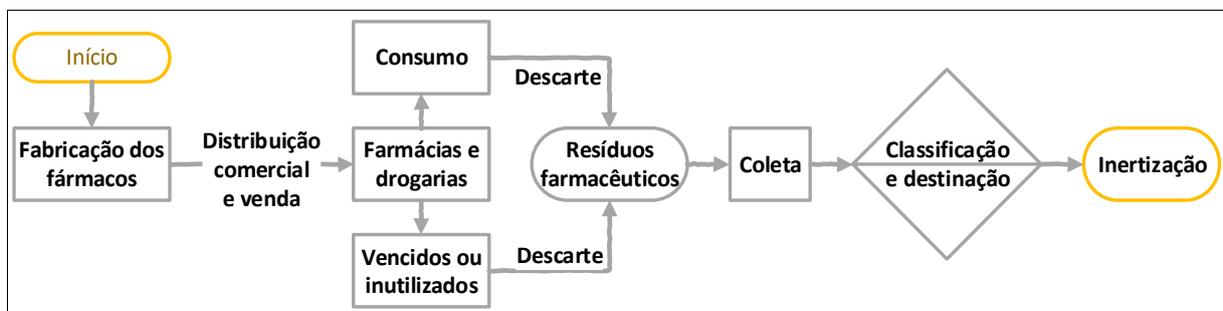


Figura 2 – Fluxograma do processo de descarte proposto.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em última instância, o processo de destruição dos resíduos ocorre por meio da incineração em temperatura controlada.

¹ Blistér: “Embalagem feita em cartela de plástico transparente semirrígido, em que pequenos produtos (comprimidos, pilhas etc.) são acondicionados em cavidades, coberta na parte posterior com papel-alumínio ou papelão fino.” (MICHAELIS, 2019).

Outros fatores, também considerados indispensáveis, contribuem para a escassez de tratamento e disposição final dos resíduos, dentre eles, destaca-se a falta de pessoal treinado e qualificado para exercer as atividades de vigilância sanitária e ambiental e a falta de programas de conscientização ambiental para a população, o que contribui para tornar inadequados os processos de descarte e tratamento (FALQUETO et al., 2010).

2.1 Conceitos de resíduos sólidos

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR 10.004/2004), os resíduos sólidos podem ser definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido [sic], que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT NBR 10004, 2004, p.1).

A Norma visa classificar os resíduos sólidos em relação aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública mediante um laudo, com o objetivo de realizar um gerenciamento adequado.

A classificação dos resíduos sólidos consiste em identificar, com base nos resultados analíticos por amostragem, a atividade ou processo de forma a caracterizar e comparar os resultados com a listagem de substâncias, cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido, de acordo com as características físicas, químicas e/ou biológicas da amostra com a verificação de alguns critérios: se a amostra é inerte ou não, o grau de periculosidade, inflamabilidade, corrosividade e patogenicidade (ANVISA, 2006).

2.2 Resíduos farmacêuticos e suas problemáticas

Os resíduos farmacêuticos são um subconjunto de resíduos químicos, sejam eles naturais ou sintéticos, que necessitam ser descartados de maneira segura e adequada, conforme as diretrizes legais vigentes, de forma a minimizar os danos à saúde humana e ao meio ambiente, pois suas formulações possuem princípios ativos que os impossibilitam de serem descartados como lixo comum.

Estudos demonstram que uma quantidade entre 50% e 90% dos medicamentos ingeridos é excretada, chegando aos esgotos na sua forma ativa. São dezenas de substâncias que não são

totalmente removidas durante os processos convencionais de tratamento de esgotos e acabam retornando para o reabastecimento de indústrias e residências (FALQUETO et al., 2010). Um exemplo disso são as tradicionais Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs brasileiras, como o DAE S/A – Água e Esgoto da cidade de Jundiaí, São Paulo, que empregam métodos que consistem em utilizar microrganismos para decompor a matéria orgânica, não eliminando, portanto, todas as substâncias tóxicas provenientes dos resíduos farmacêuticos apenas os atenuam (CSJ, 2019). As técnicas de remoção de fármacos da água consistem em ultrafiltração, ozonização, oxidação avançada, mas são utilizadas em pequena escala, geralmente em laboratórios de análises físico-químicas, pois “os elevados custos não viabilizam sua implantação para o tratamento de esgoto em larga escala” (ECYCLE, 2013).

Os princípios ativos dos fármacos, considerados contaminantes emergentes, são de difícil monitoramento nos corpos hídricos (PONTES, 2014). Os impactos ambientais deste tipo de resíduo, que inclui os antibióticos, estrogênios, antineoplásicos e imunossupressores utilizados em quimioterapia, interferem nos ecossistemas aquáticos, mesmo em baixas concentrações, causando alterações na biota, na fisiologia, no metabolismo e no comportamento das espécies que interagem com essas substâncias, além de serem resistentes e bioacumulativas, o que motivou a inclusão de três substâncias de fármacos a serem monitoradas nos corpos hídricos superficiais na União Europeia, como etinilestradiol, beta estradiol e o diclofenaco (PONTES, 2014).

Por conta dessa problemática é importante que haja uma política nacional de gerenciamento de resíduos sólidos que atue também na logística reversa de resíduos domiciliares, para que haja uma destinação ambientalmente adequada, além da inclusão de programas de conscientização nos meios de comunicação, a fim de evitar o consumo e o descarte incorretos de medicamentos que podem trazer não só riscos à saúde, mas um aumento de geração de resíduos farmacêuticos.

Existem algumas técnicas para a redução da poluição, seja por meio de redução de contaminantes na fonte geradora, ou mesmo por reciclagem ou tratamento de resíduos, conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 3 – Técnicas para redução da poluição.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Fagundes et al., (2014).

Como pôde ser observada, a redução na fonte representa o estágio mais ideal sob o ponto de vista ambiental, cujas mudanças estão relacionadas à redução de contaminantes por meio de mudanças no produto, insumos, tecnologia ou processo.

A reciclagem está situada entre aquilo que mantém a poluição concentrada de forma mais organizada por meio do tratamento de resíduos, e aquilo que mais é almejado em virtude da necessidade da preservação do meio ambiente. Este trabalho pode ser identificado exatamente neste meio, mais especificamente na regeneração e reuso, cujos objetivos consistem na substituição de matéria-prima em outro processo a ser discutido subsequentemente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, a metodologia adotada como base de estudo foi definida a partir de uma coleta de dados de revisões bibliográficas de trabalhos publicados anteriormente, elaborada de acordo com critérios que apontem, primeiramente, a grande geração de resíduos sólidos farmacêuticos como a problemática a ser tratada. A partir desse

apontamento, foram analisadas as metodologias mais comuns empregadas no processo de tratamento dos respectivos resíduos, assim como conduzir uma avaliação sobre as vantagens e desvantagens, e realizar análises comparativas dos diferentes processos abordados, para, então, delinear meios mais adequados de tratamento de resíduos sólidos farmacêuticos.

3.1 Tratamento de resíduos

As metodologias comumente adotadas para o tratamento de resíduos consistem na separação, com o objetivo facilitar o processo de tratamento, e sua disposição final. Isso possibilita que sejam classificados e tratados de acordo com as Normas Técnicas vigentes, conforme a legislação. Para cada tipo de resíduo deve ser feito um tratamento diferenciado, quanto mais rigoroso for à segregação, melhor será a possibilidade de tratamento (FALQUETO et al., 2010).

A partir das análises bibliográficas sobre o tratamento de resíduos, obtêm-se duas vertentes que se destacam neste estudo: a primeira delas consiste em identificar a grande geração de resíduos, cuja deficiência de uma gestão adequada, aliada a uma ineficácia de fiscalização e de conscientização para com a população, esses fatores contribuem para a geração de muitos resíduos sólidos farmacêuticos descartados como lixo comum, e que motivam a problemática discutida. A segunda aponta que muitas empresas adotam meios alternativos para diminuir a quantidade de resíduos sólidos por meio do processo de incineração.

3.2 Incineração

A coleta de dados sobre a incineração destaca uma nova problemática: a poluição ocasionada pela queima, com geração de gases tóxicos e outros contaminantes sólidos, o alto custo de processo, capacitação profissional e manutenção periódica. Esses pontos têm motivado os órgãos de preservação do meio ambiente a buscar meios alternativos à incineração de resíduos sólidos farmacêuticos (VGRESÍDUOS, 2019). Foi definido como importante, portanto, realizar um levantamento bibliográfico a respeito de metodologias de inertização mais viáveis.

3.3 Inertização

Com base em revisões bibliográficas sobre a inertização, cujo objetivo é reduzir a quantidade de material incinerado para que seja incorporado em outros nichos de mercado,

obteve-se a ideia de buscar estudos que sustentem esse conceito e quais seriam os processos envolvidos e os resultados esperados, cujos critérios metodológicos priorizam um processo de baixa complexidade, baixo custo e baixa ou nenhuma geração de resíduos.

Ressaltam-se duas metodologias de inertização: a primeira delas consiste em inertização por meio da incorporação em cimento da construção civil; a outra por incorporação em gesso acartonado a serem discutidas subsequentemente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio de um levantamento dos instrumentos legais provenientes dos órgãos reguladores quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos farmacêuticos vencidos e em desuso, este estudo identificou que com modificações de hábitos e uma logística reversa sustentável, o meio ambiente e a população podem ser beneficiados com o descarte de medicamentos vencidos e inutilizados, que poderiam culminar em impactos ambientais importantes se nenhuma medida reguladora funcional for tomada.

Conforme citado por CRF-SP (2013), “A legislação brasileira é suficiente, mas infelizmente, falta fiscalização e bom senso por parte dos profissionais”.

Ainda observamos que muitos farmacêuticos descartam medicamentos nos vasos sanitários, no lixo comum ou também dentro das caixas coletoras de resíduos perfurocortantes. Estes resíduos são destinados geralmente à prefeitura e são tratados como resíduos infectantes (a própria caixa utilizada erradamente é a de infectante), depois são depositados em aterros, sendo que nem o tratamento nem a destinação final conseguem eliminar o material químico. Se todos os estabelecimentos descartassem seus resíduos corretamente como químicos, nós garantiríamos a inativação deste material (CRF-SP, 2013).

Há outro consenso que ainda precisa ser acordado por parte das empresas: conforme alega Tondowski (1998), se uma empresa quiser tratar os seus próprios resíduos por valorizar a importância da preservação do meio ambiente, sabe que isso representa custo. Mesmo a reciclagem gera custo. Porém, se a empresa fizer o tratamento, mas o seu concorrente não, isto colocará a empresa ecologicamente correta numa posição de menor competitividade no mercado. O que tem sido observado é que as iniciativas, de modo geral, normalmente surgem a partir da obrigatoriedade legal em vez da conscientização espontânea, e isso culmina em um desenvolvimento ecologicamente correto a passos lentos (TONDOWSKI, 1998).

O que tem chamado atenção é o aumento do consumo de medicamentos. De acordo com Sindusfarma (2019), em 2018 foram vendidas 4,2 bilhões de caixas, um acréscimo de 6,56% em relação a 2017, conforme mostra a Figura 4.

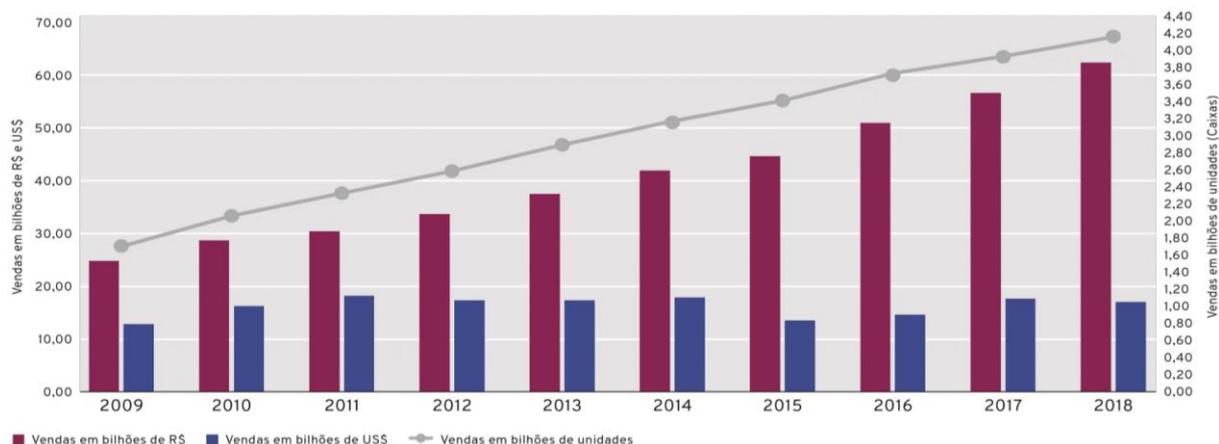


Figura 4 – Comparativo sobre o aumento do consumo de medicamentos entre 2009 e 2018 no Brasil.

Fonte: Sindusfarma (2019).

Nota-se que as vendas alcançaram 17,1 bilhões em 2018, uma redução de 3,80% na comparação com os resultados do ano anterior devido à alta variação do dólar no período, mas apesar disso, as vendas só aumentaram.

Outro dado importante a ser analisado é a detecção de contaminantes em águas superficiais, pois os métodos tradicionais de tratamento de esgoto por degradação microbológica não eliminam todas as substâncias tóxicas provenientes dos resíduos farmacêuticos. Alguns países têm monitorado essa contaminação, como mostra a Figura 5.

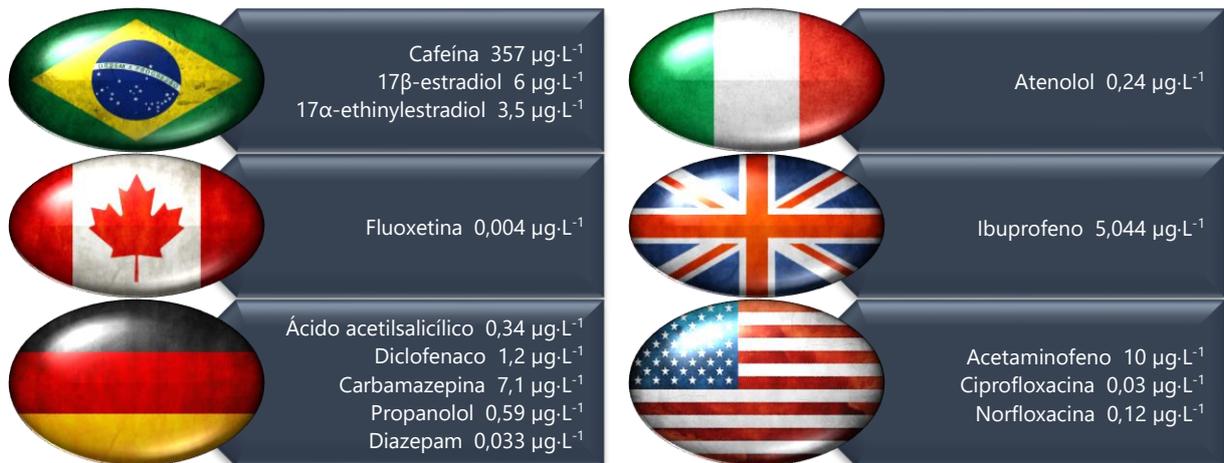


Figura 5 – Concentrações ambientais de alguns medicamentos reportadas em águas superficiais em diferentes países.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em ECO. QUADRA et al. (2018).

Mesmo em baixas concentrações, alguns estudos já apontam os efeitos causados por essas substâncias em alguns organismos aquáticos. Os hormônios são capazes de causar alterações sexuais, como hermafroditismo e feminização em peixes; o ibuprofeno altera os padrões de reprodução e a fluoxetina altera o comportamento dos peixes na fuga de predadores. Ocorrem ainda efeitos sinérgicos, que são quando duas ou mais substâncias potencializam seus efeitos, por exemplo: a combinação de ibuprofeno e diclofenaco pode elevar a mortalidade do microcrustáceo *Daphnia Magna* (ECO QUADRA et al., 2018).

4.1 Incineração

O conceito da incineração consiste basicamente em reduzir entre 70 e 90% da massa de resíduo sólido incinerado, restando o produto sólido resultante da queima que é encaminhado aos aterros sanitários (VGRESÍDUOS, 2019). Na Tabela 1 segue uma análise sobre as vantagens e desvantagens deste processo.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens da incineração de resíduos.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Redução do volume de resíduo em até 90%; • Destruição de resíduos altamente contaminantes e perigosos, como os orgânicos e hospitalares. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto investimento em capacitação de profissionais especializados, equipamentos e manutenção periódica acarretada pelo desgaste; • Geração de gases tóxicos que necessita lavagem e purificação de gases que demanda alto custo e manutenção.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em FRAGMAQ (2015) e VGRESÍDUOS (2019).

Conforme abordado, a incineração é o meio mais utilizado para a redução do volume de resíduos sólidos farmacêuticos, que visa a eliminação de matéria orgânica e os riscos de contaminação de agentes patogênicos, diminuindo o volume dos resíduos e sua periculosidade por meio da combustão; no Brasil, as aplicações da incineração, até o momento, se aplicam principalmente ao processamento de Resíduos Sólidos de Saúde – RSS (FALQUETO et al., 2010).

É importante ressaltar que a incineração apresenta riscos para o meio ambiente e para a saúde humana. Um dos principais riscos são os gases emitidos pela incineração, como por exemplo, dioxina, cianeto e outros poluentes comprovadamente perigosos para a saúde pública (FALQUETO et al., 2010). Os gases efluentes de um incinerador carregam grandes quantidades de substâncias em concentrações muito acima dos limites das emissões legalmente permitidas, são potencialmente cancerígenos e de alto nível de toxicidade que necessitam de um tratamento adequado e de equipamentos modernos com alta eficiência de filtração para diminuir os riscos, embora os filtros precisem ser eliminados com altíssima concentração desses compostos, podendo poluir os próprios aterros onde são descartados.

4.2 Inertização por incorporação em cimento da construção civil

Esse tipo de inertização implica na mistura de medicamentos triturados junto ao cimento ou outras substâncias em vez de descartá-los ou incinerá-los, como é feito até então. Como o cimento é um material de construção usual, o mesmo é produzido em grande escala, sem a necessidade de equipamentos sofisticados, considerados de baixo custo em comparação aos processos de tratamento que demandam grande consumo de energia, como a incineração. Os principais requisitos para sua produção são: uma trituradora ou cilindro de estrada para triturar os resíduos sólidos farmacêuticos, uma misturadora, cimento, cal e água (SILVA, 2007).

Para a inertização de resíduos farmacêuticos, a embalagem é removida e separada para outro processo que seria o da reciclagem, o medicamento é triturado e adicionada uma mistura de água, cal e cimento, formando uma massa homogênea. Por fim, são produzidos os blocos de cimento. As proporções da mistura são (SCMS, 2016):

- 65% de resíduos farmacêuticos;
- 15% de cal;
- 15% de cimento;
- 5% de água.

Existe também a possibilidade de se criar um cimento mais resistente, chamado Portland, que é uma mistura heterogênea formada principalmente pelos seguintes compostos (SILVA, 2007, p.31):

- 50-70% de C3S - silicato tricálcico (Ca_3SiO_4), conhecido como alita;
- 20-30% de C2S - silicato dicálcico (Ca_2SiO_4), conhecido como belita;
- 5-12% de C3A - aluminato tricálcico ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$);
- 5-12% de C4AF - ferroaluminato tetracálcico ($\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$).

A hidratação do cimento constitui a formação de outros produtos, dentre eles são: (SILVA, 2007 apud. YOUSUF et al, 1995):

- 20-25% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (portlandita, CH, de “*Calcium Hydroxide*”);
- 60-70% de $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Silicatos de cálcio hidratado, C-S-H, de “*Calcium-Silicate-Hydrate*”);
- 5-15% de outras fases sólidas como trissulfoaluminato de cálcio (etringita), o monossulfoaluminato de cálcio e outros.

O principal produto de hidratação, C–S–H, representa uma composição variável e a sua morfologia é dependente da razão Ca/Si, das condições de fixação e da razão água/material sólido (SILVA, 2007, p.31): “O processo de cimentação fixa a água livre, aumenta o pH e altera outras propriedades químicas da mistura, reduz a área superficial e aumenta a resistência. Todos estes mecanismos contribuem para a melhora nas qualidades do resíduo tratado.” (Ibid, apud EPA, 1993, p.31).

Esse tipo de mistura para incorporação em cimento alcança os objetivos propostos pela inertização devido a “formação de um sólido granular ou monolítico que incorpora o material residual e imobiliza os contaminantes. A formação da matriz sólida ocorre devido a hidratação dos silicatos no cimento, fornecendo silicatos de cálcio hidratado” (SILVA, 2007, p.29).

Dos agentes ligantes inorgânicos, o cimento Portland provavelmente tem tido a maior diversidade de aplicação a diversos resíduos perigosos, especialmente quando combinados com cinzas volantes. Como o cimento é um material de construção usual, os materiais e equipamentos são geralmente produzidos em larga escala e geralmente de baixo custo quando comparado a processos de tratamento de grande consumo de energia como a vitrificação e a incineração (SILVA, 2007, p.31).

As vantagens e desvantagens do processo baseado em cimento Portland foram listadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens do Cimento Portland.

Cimento Portland	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade de encontrar facilmente os materiais; • Baixo custo dos materiais e dos equipamentos de mistura; • Uso de minerais de ocorrência natural como matéria-prima para a matriz; • Capacidade de formar uma barreira física forte sob condições adversas; • Flexibilidade na formatação das propriedades conforme a aplicação; • Baixa variabilidade na composição; • Reações de fixação e endurecimento razoavelmente bem conhecidas e alguns dados disponíveis sobre a imobilização de metais. 	<ul style="list-style-type: none"> • A eficiência do processo é sensível à presença de algumas substâncias em concentrações altas; • Os resíduos processados apresentam porosidade que pode permitir a lixiviação dos contaminantes em casos de uma fixação ineficiente; • O volume do resíduo aumenta devido a adição do agente ligante; • Existe a necessidade de especialistas para que uma aplicação seja bem-sucedida, embora o processo aparentemente pareça simples.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Silva (2007), p.30.

O processo de inertização por incorporação em cimento atende aos requisitos propostos devido à formação de um sólido que incorpora ao material residual e imobiliza os resíduos contaminantes para que não entrem em contato com o meio ambiente (SILVA, 2007, p.30).

4.3 Inertização por incorporação em gesso acartonado

A incorporação de resíduos farmacêuticos ao gesso tende a diminuir o risco dos princípios ativos tóxicos contidos nos medicamentos contaminarem as águas superficiais e subterrâneas e é apropriado para resíduos farmacêuticos, produtos químicos e cinzas de incineração com grande quantidade de metais; o processo consiste em uma estabilização (SCMS, 2016).

Esta incorporação segue os mesmos critérios da inertização em cimento, entretanto, a composição da massa para formar as placas de gesso pode sofrer alterações de acordo com as necessidades.

Conforme foram analisados os meios mais adequados de inertização de resíduos sólidos farmacêuticos, além da inertização por incorporação desses resíduos em cimento de construção civil, verificou-se ainda a possibilidade de incorporá-los a outros materiais, como por exemplo, ao gesso acartonado, também chamado *drywall*, um material muito utilizado na arquitetura, principalmente para a elaboração de sancas.

Esse tipo de material consiste basicamente de painéis de gesso constituídos de sulfato de cálcio hidratado, com ou sem aditivos, de acordo com a finalidade, envolvido por lâminas de papel-cartão; é um material mais leve e com menor espessura em relação às paredes de alvenaria, cujas variações consistem em aplicações para diferentes finalidades, como resistência a fogo ou umidade, isolamento acústico, cimentícia para ainda mais resistência, entre outras (NUNES, 2015). A inertização no gesso seria uma alternativa a mais a ser incorporada. Ressalta-se ainda uma curiosidade interessante: devido a sua tecnologia “seca”, o *drywall* evita a proliferação de insetos em ambientes devido a sua composição rica em aditivos não favorecer um ambiente propício para a multiplicação destes.

Diante disso, surgiu como proposta para este estudo incorporar os resíduos sólidos farmacêuticos junto ao gesso acartonado, entretanto, alguns testes laboratoriais podem ser necessários para verificar a qualidade e a dureza do produto final, bem como a quantidade máxima de resíduos farmacêuticos que pode ser incorporada ao gesso sem comprometer suas propriedades físico-químicas.

4.4 Vantagens e desvantagens dos processos abordados

Conforme os estudos realizados e os processos existentes de tratamento ou redução do volume de resíduos sólidos farmacêuticos gerados, a Tabela 3 aborda as vantagens e desvantagens dos principais aspectos desses processos:

Tabela 3 – Vantagens e desvantagens dos processos.

	Vantagens	Desvantagens
Inertização em cimento	<ul style="list-style-type: none"> Baixo impacto ambiental; Baixo custo; Processo relativamente simples e prático. 	<ul style="list-style-type: none"> Testes laboratoriais ainda precisam ser feitos para garantir que as propriedades físico-químicas sejam mantidas.
Inertização em gesso	<ul style="list-style-type: none"> Baixo impacto ambiental; Baixo custo; Processo relativamente simples e prático. 	<ul style="list-style-type: none"> Testes laboratoriais ainda precisam ser feitos para garantir que as propriedades físico-químicas sejam mantidas.
Incineração	<ul style="list-style-type: none"> Redução do volume de resíduos em torno de 90%. 	<ul style="list-style-type: none"> Alto custo na aquisição de equipamentos e qualificação de profissionais; Geração de gases tóxicos que necessita lavagem e purificação de gases que demanda alto custo e manutenção.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Silva (2007); Nunes, (2015) e VGResíduos (2019).

Conforme apresentado na tabela acima, nota-se que não há somente uma forma de inertização de resíduos, e sim processos distintos, de acordo com a necessidade, avaliando os pontos positivos e negativos para decidir qual método usar para a inertização dos medicamentos sólidos, em vez de simplesmente incinerá-los e dispô-los em aterros sanitários.

5 CONCLUSÃO

O descarte dos resíduos sólidos farmacêuticos no meio ambiente advém da negligência dos próprios profissionais envolvidos, falta de fiscalização, de instrução e de incentivos governamentais para com a população em geral. Um dos caminhos para impedir tais problemas e agir com responsabilidade é conscientizar a população e aumentar a fiscalização dos profissionais da saúde que deveriam adotar uma logística reversa adequada, uma vez que o Brasil já possui legislação suficiente para isso.

Analisando comparativamente métodos de inertização, verificou-se que a metodologia por incorporação em gesso acartonado se mostrou muito viável, não só em relação aos benefícios ao meio ambiente e à saúde humana, mas pela viabilidade financeira, quase nenhuma geração de resíduos, diferente da incineração, e por incorporar em aplicações que não necessitem de tanta resistência física, como no caso do cimento.

É uma iniciativa muito promissora na atual conjuntura, mas que ainda precisa de incentivos governamentais que estimulem cada vez mais a população e as empresas a adotarem meios alternativos de produção visando o menor impacto possível ao meio ambiente, sem que as empresas ecologicamente corretas sejam colocadas em desvantagem em relação aos meios de produção tradicionais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 10004:2004. Norma Brasileira ABNT NBR 10004, Resíduos sólidos - Classificação. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, v. 2, n. 01, p. 71, 2004.

ANVISA. **Institucional**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/institucional>>. Acesso em: 1 set. 2019.

ANVISA. **Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde**. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/manual_gerenciamento_residuos.pdf>. Acesso em: 13 set. 2019.

ANVISA. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº222, DE 28 DE MARÇO DE 2018.** DOU nº 61, 2018. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3427425/RDC_222_2018_.pdf/c5d3081d-b331-4626-8448-c9aa426ec410>

CRF-SP. Resíduos e Gestão Ambiental. **Revista do Farmacêutico 114**, 2013.

CSJ. **Tratamento de esgoto com segurança e respeito ao meio ambiente.** Disponível em: <www.saneamento.com.br>. Acesso em: 5 set. 2019.

ECO. QUADRA et al. **Medicamentos e Meio ambiente: soluções individuais, problemas coletivos**, 2018. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/colunas/colunistas-convidados/medicamentos-e-meio-ambiente-solucoes-individuais-problemas-coletivos>>. Acesso em: 1 nov. 2019.

ECYCLE. **Descarte de medicamentos vencidos: como e onde descartar corretamente.** Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/149-descarte-de-medicamentos>>. Acesso em: 13 set. 2019.

FAGUNDES, A. B.; SILVA, M. C. DA; MELLO, R. DE. A gestão dos resíduos industriais em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos: Uma contribuição para as Micro e Pequenas Empresas. Vol. 36 (Nº 01), 2014. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a15v36n01/15360106.html>>. Acesso em: 13 set. 2019.

FALQUETO, E.; KLIGERMAN, D. C.; ASSUMPCÃO, R. F. **Como realizar o correto descarte de resíduos de medicamentos? Ciência & Saúde Coletiva.** Rio de Janeiro, SciELO, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232010000800034>

FRAGMAQ. **Quais são as vantagens e desvantagens da incineração do lixo?**, 2015. Disponível em: <<https://www.agmaq.com.br/blog/sao-vantagens-desvantagens-incineracao-lixo/>>. Acesso em: 13 set. 2019.

GERALDO, V. F. **Medicamentos vencidos: descarte consciente para uma política cidadã.** Disponível em: <[http://repositorio.faema.edu.br:8000/bitstream/123456789/608/1/GERALDO%2C V. F. - MEDICAMENTOS VENCIDOS.. DESCARTE CONSCIENTE PARA UMA POLÍTICA CIDADÃ.pdf](http://repositorio.faema.edu.br:8000/bitstream/123456789/608/1/GERALDO%2C%20V.%20F.%20-%20MEDICAMENTOS%20VENCIDOS..%20DESCARTE%20CONSCIENTE%20PARA%20UMA%20POLÍTICA%20CIDADÃ.pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2018.

ISO. **Sistemas de Gestão Ambiental**, 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3203163/mod_folder/content/0/NBRISO14001.pdf?forcedownload=1>. Acesso em: 13 set. 2019.

MICHAELIS. **Blister.** Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=blister>>. Acesso em: 13 set. 2019.

MMA. **O que é o CONAMA? Criação do CONAMA: Lei 6938/81**, 1981. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/estr.cfm>>. Acesso em: 31 ago. 2019

NUNES, H. P. **Estudo da Aplicação do Drywall em Edificação Vertical**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6691/1/CM_COECI_2015_2_16.pdf>. Acesso em: 13 set. 2019.

ONU. **Suécia - Pioneira em boas práticas na gestão de químicos e resíduos**, 2019. Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/pt-br/noticias-e-reportagens/story/suecia-pioneira-em-boas-praticas-na-gestao-de-quimicos-e-residuos>>. Acesso em: 8 set. 2019.

PONTES, A. T. Modelo de processos de negócio para a logística reversa de resíduos domiciliares de medicamentos incorporando a avaliação de sustentabilidade do ciclo de vida de produtos, 2014. Disponível em: <<http://www.producao.ufrj.br/index.php/br/teses-e-dissertacoes/teses-e-dissertacoes/doutorado/2014-1/41--34>>. Acesso em: 3 set. 2019.

SCMS. Descarte de produtos médicos não utilizáveis nas campanhas de circuncisão masculina médica voluntária e de intervenções de saúde, 2016. Disponível em: <https://aidsfree.usaid.gov/sites/default/files/scms_umpmanagementguide_100716-pt.pdf>. Acesso em: 1 set. 2019

SILVA, M. A. DO R. **SOLIDIFICAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE RESÍDUOS INORGÂNICOS INDUSTRIAIS: estudo da eficiência do processo e evidência de mecanismos de imobilização**. 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/90024/240986.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 5 set. 2019.

SINDUSFARMA. **Relatório Anual de Atividades 2018**, 2018. Disponível em: <<https://sindusfarma.org.br/arquivos/RAASindusfarma2018.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

TONDOWSKI, L. **O cuidado com as soluções criativas**. Revista Saneamento Ambiental, p. 16–24, 1998.

VGRESÍDUOS. **Quais são as vantagens e as desvantagens da incineração do lixo?**, 2019. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/quais-sao-as-vantagens-e-as-desvantagens-da-incineracao-do-lixo/>>. Acesso em: 13 set. 2019.