

# Eficácia da descontaminação de resíduos biológicos infectantes de laboratórios de microbiologia após tratamento térmico por autoclavação

Efficacy of the decontamination of biological infectious waste after thermal treatment by autoclaving

---

## Maria Aparecida Galvão

Bióloga. Mestranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto (MG), Brasil. Servidora da Fundação Ezequiel Dias (FUNED) – Belo Horizonte (MG), Brasil.

## João Cesar da Silva

Biomédico. Servidor da FUNED – Belo Horizonte (MG), Brasil.

## Mônica Cristina Teixeira

Professora do Departamento de Farmácia e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) – Ouro Preto (MG), Brasil.

---

## Resumo

A pesquisa foi realizada no Laboratório Central de Saúde Pública de Minas Gerais com o objetivo de validar o processo de descontaminação de resíduos infectantes do subgrupo A<sub>1</sub> e identificar possíveis falhas no procedimento preliminar à sua disposição final. Foram avaliados tanto a descontaminação dos resíduos totalmente descartáveis acondicionados em sacos plásticos termorresistentes quanto o processo de descontaminação dos resíduos reutilizáveis provenientes do Laboratório de Tuberculose, acondicionados em caixas metálicas. Enquanto os resultados obtidos no primeiro estudo indicaram uma deficiência considerável no tratamento dos resíduos, no segundo caso a eficácia foi comprovada. Medidas preventivas e corretivas foram propostas e adotadas como consequência deste trabalho, e são aqui descritas.

**Palavras-chave:** RDC 306/2004; gerenciamento de resíduos do serviço de saúde; desinfecção; autoclave; tuberculose; *Bacillus stearothermophilus*.

## Abstract

Laboratory studies were performed at the Central Laboratory of Public Health of Minas Gerais in order to validate the process of infectious waste decontamination (subgroup A<sub>1</sub>) from the public health service and identify possible flaws in the procedure preliminary to its final disposal. We evaluated both the decontamination of disposable waste packed in thermo-resistant plastic bags as well and the decontamination process of reusable waste from the Tuberculosis Laboratory packed in metallic boxes. The results of the first study indicated a significant deficiency in waste treatment, while in the second case efficacy was demonstrated. Preventive and corrective measures were proposed and adopted as a result of this work and are described herein.

**Keywords:** RDC 306/2004; health care waste management; disinfection; tuberculosis; autoclave; *Bacillus stearothermophilus*.

## Introdução

O tema resíduos de serviço de saúde (RSS) é polêmico e extremamente relevante devido à sua estreita relação com o meio ambiente e a nossa qualidade de vida. Neste contexto, esse trabalho visa a ampliar a discussão e demonstrar a necessidade de os estabelecimentos geradores conhecerem melhor os processos de tratamento dos resíduos infectantes, garantindo a eficácia do processo e contribuindo para a melhoria contínua dos serviços prestados para a população brasileira.

Atualmente, a questão dos resíduos sólidos se apresenta como um problema do saneamento ambiental na maioria dos municípios brasileiros, principalmente no que tange ao gerenciamento e à disposição final dos mesmos. Segundo as estatísticas nacionais realizadas em 2008 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mais de 60% dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil são dispostos em lixões a céu aberto sem gerenciamento adequado.

Os resíduos gerados nos estabelecimentos de saúde em geral são classificados em cinco grupos, conforme suas características de periculosidade. Os resíduos do grupo A são os que apresentam riscos biológicos e estão subdivididos em A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> e A<sub>5</sub>; o grupo B é constituído pelos resíduos químicos; no grupo C são alocados os resíduos com risco radiológico; no grupo D encontram-se os resíduos comuns, inclusive os recicláveis; e, finalmente, o grupo E é caracterizado pelos resíduos perfurocortantes.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 12.807/93, os resíduos biológicos podem ser considerados infectantes por sua característica de maior virulência, infectividade e concentração de patógenos que representam risco potencial adicional à saúde pública. O potencial de risco para a saúde humana e ambiental atribuído aos resíduos infectantes é tema de grande discussão. Silva *et al.* (2002) salientam que diferentes micro-organismos patogênicos presentes na massa desses resíduos infectantes apresentam capacidade de persistência ambiental, pois nesse ambiente as condições são ótimas para seu desenvolvimento, já que suas exigências vitais de abrigo, alimentação e água são plenamente atendidas. Entre eles encontram-se o *Mycobacterium tuberculosis*, o *Staphylococcus aureus*, a *Escherichia coli*, os vírus da hepatite A e B, dentre outros. A periculosidade desses resíduos é atribuída essencialmente à toxicidade e à patogenicidade inerentes a estes micro-organismos, se presentes.

O mau gerenciamento dos RSS, particularmente no que se refere ao seu tratamento, tem sido ainda uma questão de difícil solução para a maioria das cidades brasileiras. O gerenciamento inadequado desses resíduos, principalmente na etapa da disposição final, tem provocado problemas ambientais capazes de comprometer os recursos naturais e a qualidade de vida das atuais e futuras gerações (ANVISA, 2006).

Para Schneider *et al.* (2004), o gerenciamento dos RSS encontra sérios problemas em todas as etapas. Tais problemas podem ser atribuídos a fatores como escassez de conhecimentos específicos, carência de normas e leis efetivas, negligência dos responsáveis, não exigência dos planos de gerenciamento pelos órgãos competentes, fiscalização inadequada e/ou ausente e carência de programas de prevenção da poluição, objetivando a minimização da geração de resíduos.

Com a meta de diminuir os problemas decorrentes do mau gerenciamento dos resíduos infectantes, a legislação brasileira tem procurado se mostrar rigorosa na tentativa de exigir que os estabelecimentos de saúde atendam às disposições estabelecidas. Assim, foram publicadas a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 358/2005 e a RDC n° 306/2004, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que tratam do gerenciamento dos RSS em todas as etapas, determinam as responsabilidades, analisam os riscos envolvidos, assim como o correto gerenciamento e a disposição final ambientalmente adequada, ou seja, exigem o manejo específico desde a geração até a disposição final dos resíduos.

Mais recentemente destaca-se a aprovação, em 2010, da Lei n° 12.305, intitulada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), como mecanismo de estímulo à sustentabilidade ambiental. A PNRS contempla os resíduos e rejeitos gerados pela produção e consumo da sociedade atribuindo aos seus produtores, de forma solidária, a responsabilidade pelo descarte adequado dos mesmos, norteados por uma política de saneamento a ser adotada pelo poder público.

Além das constituições estaduais e federal, o Brasil já conta com leis, decretos e portarias que, embora amplos, não têm conseguido solucionar a problemática ambiental referente aos resíduos infectantes. O fracasso não se deve apenas à diversidade do país, dada à sua extensão geográfica e variado nível econômico da população, mas também à necessidade de criação de políticas públicas específicas às necessidades de cada serviço de saúde, que sejam compatíveis com a realidade econômica de cada região (MENDONÇA, 1997).

Esse tipo de legislação preconiza que, para o correto gerenciamento dos RSS, alguns resíduos do grupo A devem ser tratados previamente antes da disposição final para reduzir seu potencial patogênico. Para isso, o tratamento consiste na modificação das características gerais dos riscos inerentes aos resíduos, reduzindo ou eliminando o risco de contaminação, de acidentes ocupacionais ou de dano ao meio ambiente, sendo que tal processo pode ser desenvolvido no próprio estabelecimento gerador ou em outro estabelecimento, observadas as condições de segurança para o transporte entre o estabelecimento gerador e o local do tratamento (CONAMA 358/05).

Sendo assim, os resíduos dos subgrupos A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> devem ser submetidos a tratamento físico ou outro, validado para a redução ou a eliminação da carga microbiana em equipamento compatível com o Nível III de Inativação Microbiana. Os resíduos do subgrupo A<sub>3</sub> devem ser submetidos à incineração, cremação ou aterramento em

cemitério; os do subgrupo A<sub>4</sub> não necessitam de tratamento prévio, podendo ser dispostos em local devidamente licenciado para disposição de RSS. A incineração é obrigatória para o subgrupo A<sub>5</sub>.

Os processos mais utilizados para o tratamento dos resíduos contaminados biologicamente são as desinfecções químicas ou térmicas (autoclavação, incineração e micro-ondas). A descontaminação por autoclavação consiste em manter o material em contato com o vapor de água, em temperaturas elevadas, por um período de tempo determinado. Desta forma, os agentes patogênicos são destruídos por termocoagulação das proteínas citoplasmáticas.

A esterilização pelo calor é aquela que processa maior quantidade de materiais, tanto na indústria farmacêutica quanto na área hospitalar. O calor é uma forma de energia capaz de transferir-se de um sistema a outro, desde que exista diferença de temperatura entre eles. Segundo Tortora (2000), a esterilização pelo calor é, sem dúvida, o método mais conveniente para ser aplicado por ser o mais eficiente, seguro e conhecido, além de ser o mais estudado e dispor hoje de equipamentos adequados.

As bactérias em estado ativo podem ser facilmente destruídas por agentes químicos e físicos, os quais podem atuar eliminando totalmente os micro-organismos ou impedindo seu crescimento, criando condições sob as quais eles não possam se reproduzir. A esporulação é um mecanismo protetor por meio do qual algumas bactérias são capazes de permanecer em estado de latência por um grande período de tempo. O esporo bacteriano é a forma microbiana mais resistente aos agentes esterilizantes, sendo utilizada como parâmetro para o estudo microbiológico do processo de autoclavação. Um micro-organismo é considerado morto se não formar colônias em nenhum meio de cultura (COSTA, 1980).

Segundo Costa, Cruz e Massa (1990), o processo de esterilização visa à incapacidade de reprodução de todos os organismos presentes no material a ser autoclavado, causando a morte microbiana até que a probabilidade de sobrevivência do agente contaminante seja menor que 1:1.000.000, quando um objeto pode ser considerado estéril. Um dos avanços na prática da esterilização é a compreensão de que os micro-organismos submetidos à maioria dos processos de esterilização não morrem todos ao mesmo tempo, mas de forma progressiva. Os dois fatores de esterilização que devem ser mensurados durante o uso de vapor como agente esterilizante são a temperatura e o tempo de exposição. Para que a destruição dos micro-organismos seja absoluta, o processo de esterilização a vapor deve permitir o controle de calor, umidade e temperatura. O calor pode eliminar prontamente os micro-organismos, mas é necessário que o vapor circule por convecção, de forma a penetrar nos objetos porosos (NIEHEUS, 2004). O tratamento térmico por autoclave tem sua eficiência baseada no contato direto do vapor com o material, ou seja, se um organismo estiver dentro de um frasco, o vapor precisará aquecer o frasco até atingir temperatura suficiente para destruí-lo. A eliminação se dará

pelo aquecimento do meio em que este se encontra, e não pelo contato direto com o vapor (TORTORA, 2000).

As técnicas corretas de esterilização são essenciais para a destruição de micro-organismos e esporos bacterianos. A padronização de rotinas técnicas é necessária para permitir a uniformização das atividades de esterilização. A existência de rotina e procedimentos escritos para a prática de descontaminação e esterilização, assim como relatórios de desempenho das atividades da autoclavação devem atender aos principais requisitos de controle (APECIH, 1998).

Para ser eficiente, o vapor deve penetrar toda a massa de resíduos. Testes de validação devem ser realizados periodicamente para assegurar a reprodutibilidade e a confiabilidade do processo e, desta forma, garantir resultados satisfatórios e seguros. A validação verifica a eficácia do equipamento ou do processo, ou seja, se o equipamento cumpre as especificações exigidas. Diferentes tipos de testes devem ser realizados para verificar a eficiência do processo de esterilização. Recomenda-se que esterilizadores a vapor e a quente sejam testados com indicadores biológicos semanalmente, e indicadores químicos devem ser usados em cada pacote a ser esterilizado (NBR 9804, 1987).

O indicador biológico consiste de um preparado de micro-organismos específicos, resistente a um determinado processo de esterilização. Este indicador deve ser utilizado para a qualificação de uma operação física da autoclave, no desenvolvimento e estabelecimento do processo de esterilização validado para um artigo específico e na esterilização de equipamento, material e embalagens para processamento assético. Este produto é utilizado também para monitorar um ciclo de esterilização uma vez estabelecido (PINTO, 2000). O bioindicador é o parâmetro escolhido para certificar que o nível de esterilidade estabelecido para o produto é alcançado, conferindo a certeza de esterilidade frente à margem de segurança mínima definida de apenas uma unidade contaminada em 10<sup>6</sup> unidades do produto processado (VESSONI, 1994).

As principais causas de falha na esterilização são decorrentes de eventuais problemas no funcionamento do esterilizador ou erro na técnica de esterilização. Algumas das dificuldades mais comuns contemplam carga incorreta no esterilizador, como pacotes empilhados, excesso de volume nos recipientes e, ainda, excesso de pacotes dentro da câmara (NIEHEUS, 2004).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo conhecer melhor o processo de tratamento dos resíduos infectantes gerados nos serviços de microbiologia do Laboratório Central de Saúde Pública do Estado de Minas Gerais (LACEN-MG), a fim de comprovar a eficiência do tratamento térmico por autoclavação dos resíduos sólidos infectantes descartáveis e dos resíduos infectantes reutilizáveis pela instituição, possibilitando propostas para a melhoria contínua dos serviços e para a garantia dos procedimentos executados.

## Metodologia

### Monitoramento da qualidade da segregação dos resíduos gerados nos laboratórios

Para a realização dos estudos, os resíduos infectantes foram coletados e caracterizados qualitativamente quanto à sua composição, a fim de monitorar a qualidade da segregação dos resíduos, e também quantitativamente.

Os períodos e horários de coleta seguiram o fluxo de atividades do estabelecimento, com base na demanda de serviços e na geração de resíduos.

Para ambos os estudos, utilizou-se uma autoclave horizontal de fronteira de capacidade aproximada de 700 litros, qualificada para tal procedimento segundo a NBR ISO 17.665-1, 2010.

O indicador biológico (IB) empregado neste trabalho foi constituído de uma mistura de esporos viáveis de micro-organismo termorresistente: *Bacillus stearotherophilus* ATCC 7953, contendo  $10^6$  UFC/frasco, fabricado pela Secretaria de Estado da Saúde do Paraná – Centro de Produção e Pesquisa de Imunobiológicos (CPPI) e distribuído aos Laboratórios de Saúde Pública do Brasil pelo Ministério da Saúde, com o nome comercial Esteriteste. Segundo recomendação do CPPI, após o ciclo de autoclavação os bioindicadores devem ser removidos de dentro da câmara do equipamento e, após o resfriamento, os frascos devem ser incubados em estufa bacteriológica a  $57,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$  por 48 horas. Deve-se usar, como controle positivo de crescimento microbiano, um frasco de IB que não tenha sido submetido ao processo de autoclavação, permitindo, assim, avaliar a viabilidade dos esporos, a qualidade do meio de recuperação e a incubação.

### Primeiro estudo de caso: tratamento dos resíduos de 13 laboratórios de microbiologia

Os resíduos infectantes descartáveis foram acondicionados em sacos plásticos termorresistentes próprios para autoclave, com 35 ou 60 cm de comprimento e capacidades de 20 e 60 litros, respectivamente.

Durante sete dias úteis, os resíduos foram inspecionados visualmente e pesados, e seu volume foi determinado. A aferição do peso foi feita empregando-se balança mecânica (peso máximo de 200 kg e peso mínimo de 200 g). Para esta pesquisa, considerou-se como ideal a altura (volume) de até 2/3 dos resíduos nos sacos de autoclave antes da descontaminação térmica em autoclave, devendo, portanto ser de 40 cm para o saco de 60 litros. Para tanto, a altura ocupada foi determinada com emprego de trena e os dados coletados foram registrados em uma planilha.

Os resíduos foram classificados quanto à origem, sendo possível observar, neste período, as práticas laboratoriais que envolvem a geração destes nos laboratórios, assim como parte do manejo (segregação, acondicionamento, identificação, coleta e transporte interno). Os sacos plásticos contendo os resíduos infectantes foram

identificados com o nome dos laboratórios de origem, data e hora. Tais sacos foram ainda numerados em ordem crescente, de acordo com ordem de chegada e análise.

Posteriormente, os resíduos foram descontaminados em autoclave e a eficiência do processo foi verificada com o uso de indicadores biológicos. Para a verificação da eficácia do tratamento térmico por autoclavação, utilizou-se como critério de escolha para configuração das cargas selecionar apenas os resíduos infectantes acondicionados em sacos de 60 L, escolhidos aleatoriamente. Após a seleção dos sacos, um frasco de indicador biológico foi amarrado a um fio e introduzido na massa do resíduo infectante. A autoclave foi configurada com uma carga de seis sacos (60 L cada, 360 L no total), sendo os mesmos submetidos a uma temperatura de  $121^\circ\text{C}$  por 40 minutos. Os frascos de IB, após os ciclos de descontaminação, foram removidos manualmente dos sacos e incubados em estufa bacteriológica para verificação da eficácia da descontaminação.

### Segundo estudo de caso: tratamento dos resíduos do Laboratório de Tuberculose

O monitoramento e os testes dos resíduos do Laboratório de Tuberculose foram realizados em um período de três meses (setembro a novembro) no ano de 2011. Os tubos de ensaio contendo os resultados do cultivo do micro-organismo *M. tuberculosis* foram acondicionados em caixas de aço inox (caixas metálicas), por se tratarem de materiais reutilizáveis. Os funcionários do laboratório gerador do resíduo foram instruídos a colocar um frasco do indicador biológico no fundo de cada caixa metálica. Após esse processo, as caixas foram preenchidas com cerca de 250 tubos de ensaio contendo culturas positivas do bacilo da tuberculose. O peso e o volume médios das caixas eram de 12 kg e 30 L, respectivamente. A autoclave foi configurada com uma carga de oito caixas de aço inoxidável e o tratamento térmico se deu a uma temperatura de  $127^\circ\text{C}$ , durante 30 minutos. Após os ciclos de descontaminação, os frascos IB foram removidos dos contêineres e incubados conforme indicação dos fornecedores, para a verificação da eficácia da descontaminação.

## Resultados e Discussão

### Monitoramento da qualidade da segregação dos resíduos

Em um primeiro período de análise (sete dias úteis, maio e junho de 2010), observou-se o processo de gerenciamento de 111 sacos plásticos contendo os resíduos infectantes gerados em 13 laboratórios de Microbiologia do LACEN/MG. Foram produzidos aproximadamente 240 kg de resíduos, com uma média de geração diária de 48 kg (Tabela 1).

Estudo semelhante havia sido realizado em 2006 visando a subsidiar a implantação do PGRSS da instituição e, naquela ocasião, os

dados apontaram uma produção de 172,1 kg no mesmo período de tempo (4 a 12 de abril de 2006). Comparando-se os dois resultados, percebe-se que a média de geração de resíduos por dia aumentou. A geração de resíduos, inicialmente de 24,6 kg/dia, sofreu um incremento de 23,4 kg/dia em quatro anos, passando aos 48 kg/dia observados em 2010. Trata-se, portanto, de um aumento de aproximadamente 95% em relação aos dados anteriores. Este valor não pode ser desprezado, ainda que se considerem as alterações sazonais. Tal aumento pode ser indicativo da falta de investimento por parte dos responsáveis técnicos na efetiva implantação do PGRSS, falta de vistorias regulares das etapas do gerenciamento, bem como a segregação inadequada no ponto de geração desses resíduos.

A avaliação visual dos sacos plásticos permitiu identificar os tipos de resíduos e o volume (altura) ocupado pelos mesmos. Isso foi possível por se tratarem de embalagens transparentes confeccionadas em polietileno de alta densidade (PEAD). Os tipos de resíduos coletados estão relacionados na Tabela 2, e servem de exemplo da diversidade de materiais descartados.

Esta avaliação visual demonstrou que não há correta segregação dos resíduos na fonte geradora dentro da instituição. A etapa de segregação não atende ao preconizado pela resolução da ANVISA, RDC 306/2004, que estabelece que a segregação deve ocorrer de acordo com a classificação dos resíduos por ela estabelecida, de forma a garantir a redução da geração de resíduos com periculosidade.

Para cumprir o PGRSS, é preciso que haja medidas de envolvimento coletivo dentro da instituição, pelas quais todos os laboratórios tenham bem definidas e institucionalizadas as responsabilidades e obrigações de cada um em relação aos riscos decorrentes da falta de comprometimento e inobservância no atendimento ao estabelecido no PGRSS.

Após a identificação das não conformidades quanto à correta execução das etapas de manejo, foram realizados treinamentos na instituição com todos os envolvidos no PGRSS. As informações repassadas surtiram efeito, sendo possível melhorar a segregação e o acondicionamento dos resíduos do grupo A, reduzindo, consequentemente, sua geração e os custos para tratamento dos mesmos.

**Tabela 1** – Quantidade de resíduos gerados diariamente pelos 13 laboratórios de Microbiologia do LACEN/MG, no período de 24 de maio de 2010 a 02 de junho de 2010, em quilogramas.

Data	Sacos (Unidades)	Peso (kg)
24/05/10	09	19,03
25/05/10	26	58,42
26/05/10	16	39,02
27/05/10	14	23,38
28/05/10	17	33,79
01/06/10	07	29,19
02/06/10	22	35,85
<b>TOTAL</b>	<b>111</b>	<b>238,85</b>

Um novo ciclo de pesagem foi realizado no período de 11 a 19 de junho de 2012, e os dados comprovaram ter ocorrido uma redução significativa nos volumes de resíduos gerados, passando-se para uma produção de 12,91 kg/dia. Este valor corresponde a 52,5% do valor observado antes da implementação do PGRSS, e a apenas 26,9% dos valores medidos após a implementação do PGRSS, porém, antes das intervenções. A redução efetiva na produção de resíduos neste caso foi de 47,5 e 73,1% em comparação aos dados obtidos no primeiro e no segundo estudo, respectivamente (Tabela 3).

**Tabela 2** – Composição dos resíduos gerados pelos 13 laboratórios de Microbiologia do LACEN/MG, acondicionados em sacos autoclaváveis e enviados para descontaminação, no período entre 24 de maio a 2 de junho de 2010.

Carga: 240 kg (111 sacos)	
Tipo do Resíduo	Materiais Identificados
Biológico – Subgrupo A <sub>1</sub>	Vidrarias: culturas de micro-organismos patógenos (bacterioteca), frascos com amostras biológicas, placas de vidro com meios de cultura, placas de vidro com isolados de micro-organismos patógenos, sacos plásticos contendo líquidos, tubos cônicos com inóculo de micobactéria.
Biológico – Subgrupo A <sub>2</sub>	Vidrarias, equipamentos de proteção individual, descartáveis, materiais diversos: alça bacteriológica descartável, algodão, avental descartável, filtros descartáveis, frascos plásticos diversos, gaze, luvas cirúrgicas, máscara descartável e swab (zaragatoa).
Comuns – Grupo D	Materiais de embalagem e outros: blisters de plástico, caixa de luvas vazias, caixa de papelão, caixa plástica, caneta, isopor, papel alumínio, papel crepado, papel toalha, papel ofício, saco plástico e frascos de álcool.
Alimentos – Grupo D	Frutas, farináceos, grãos, laticínios, carnes, alimentos prontos, leite em embalagem Tetrapack, leite em pó, folhas de chá, pão, pão de queijo, pó de café, restos de alimento.
Perfurocortante – Grupo E	Vidrarias e descartáveis: ponteiras, pipetas descartáveis, tubos de hemólise e microtubos.

**Tabela 3** – Quantidade de resíduos gerados diariamente pelos 13 laboratórios de Microbiologia do LACEN/MG, no período de 11 a 19 de junho de 2012, após treinamento, em quilogramas.

Data	Sacos (Unidades)	Peso (kg)
11/06/12	07	22,0
12/06/12	03	6,4
13/06/12	05	10,2
14/06/12	04	5,8
15/06/12	11	20,2
18/06/12	06	14,0
19/06/12	03	11,8
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>90,4</b>

## Monitoramento biológico dos resíduos tratados

No primeiro estudo, os resíduos do subgrupo A<sub>1</sub> dos 13 laboratórios de microbiologia foram acondicionados nos sacos plásticos termorresistentes para autoclave e monitorados para verificar a eficácia do tratamento térmico por autoclavagem. Dos 34 sacos com capacidade de 60 litros, foram selecionados aleatoriamente 18 (cerca de 80 kg). Foram necessários três ciclos de autoclavagem para acomodar e descontaminar os 18 sacos selecionados.

Após a autoclavagem, observou-se crescimento dos IB (resultado insatisfatório), evidenciado pela coloração amarela em 10 dos sacos, totalizando cerca de 50 kg. Nos demais oito sacos, correspondente a cerca de 30 kg, não houve crescimento dos IB evidenciado pela manutenção da coloração violeta após incubação (resultado satisfatório).

Os testes de validação dos três ciclos realizados para verificar a eficácia do tratamento dos resíduos infectantes foram reprovados, visto que, nos três ciclos de tratamento térmico por autoclavagem monitorados, houve crescimento dos IB. Assim, os resultados evidenciaram ineficiência da descontaminação dos resíduos infecciosos, o que compromete seu encaminhamento para descarte final, já que 62,5% dos resíduos monitorados apresentaram resultados insatisfatórios. Com o intuito de identificar os fatores que contribuíram para o insucesso do tratamento térmico, dados referentes a peso e ocupação do volume livre nos sacos (altura do resíduo

em relação ao comprimento do saco de acondicionamento) foram comparados com os resultados do IB (Tabela 4).

Os dados demonstram que os sacos que apresentaram resultados insatisfatórios foram aqueles com maiores pesos, e volume/altura acima de 40 cm. Confrontando os pesos e a altura ocupados pelos resíduos nos testes considerados insatisfatórios, verifica-se que a altura é fator mais determinante que o peso. A quantidade de resíduos dentro dos sacos interfere na distribuição do vapor entre os materiais. Para que possa ocorrer a inativação dos micro-organismos, patogênicos ou não, é necessário que o vapor entre em contato com todo o conteúdo do recipiente. A eficácia da descontaminação pode ser afetada pela capacidade de penetração do agente esterilizante no meio, decorrente tanto da embalagem quanto da natureza dos materiais, bem como do desempenho do equipamento. Para que a destruição dos micro-organismos seja completa, o processo de esterilização a vapor deve permitir o controle de calor, umidade e temperatura.

Para confirmar os resultados descritos, novos estudos foram realizados. Durante esta segunda avaliação buscou-se verificar se a segregação ideal dos materiais e seu acondicionamento, respeitando-se o limite de 2/3 da capacidade total dos sacos de acondicionamento de RSS, garantiriam a eficiência do processo de descontaminação. Foram realizados três novos ciclos de autoclavagem, com seis sacos cada, utilizando-se IB em todos eles, sendo as configurações das cargas estabelecidas da seguinte forma:

**Tabela 4** – Resultado do monitoramento biológico dos 18 sacos submetidos à descontaminação por autoclavagem, em função do peso e do volume ocupado pelos resíduos nos sacos.

Saco	Origem	Peso (kg)	Altura ocupada pelo resíduo (cm)	Resultado
38	Laboratório de Tuberculose	3,04	45*	HC
40	Laboratório de Tuberculose	4,87	57*	HC
42	Laboratório de Controle Microbiológico	7,37	43*	HC
52	Laboratório de Diagnóstico - HIV	3,97	41*	HC
54	Laboratório de Tuberculose	2,14	45*	HC
60	Laboratório de Diagnóstico - HIV	4,24	46*	HC
64	Laboratório Monitoramento de Alimentos	6,01	54*	HC
83	Laboratório de Doenças Parasitárias	5,87	37	HC
87	Laboratório Controle Microbiológico	5,77	30	HC
89	Laboratório de Doenças Parasitárias	6,07	48*	HC
37	Laboratório Tuberculose	3,27	36	NHC
45	Laboratório de Controle de Medicamentos	0,94	32	NHC
48	Laboratório Monitoramento de Alimentos	9,34	27	NHC
53	Laboratório de Diagnóstico - HIV	2,17	40	NHC
57	Laboratório Diagnóstico de Doenças Enteriais	2,44	39	NHC
84	Laboratório Diagnóstico da Dengue	3,87	33	NHC
86	Laboratório Diagnóstico de Meningite	2,74	28	NHC
88	Laboratório de Doenças Parasitárias	4,87	29	NHC

NHC: Não Houve Crescimento; HC: Houve Crescimento, \*Alturas acima de 40 cm.

- I. Carga com seis sacos de RSS segregados corretamente e altura acima de 2/3 da capacidade total do saco, ou seja, acima de 40 cm.
- II. Carga com seis sacos de RSS não segregados e acondicionados com altura máxima de 2/3 da capacidade do saco (40 cm).
- III. Carga com seis sacos de RSS segregados e acondicionados com altura máxima de 2/3 da capacidade do saco (40 cm).

Na configuração I, houve crescimento em todos os frascos de IB, enquanto na configuração II houve crescimento em um frasco de IB. Tais resultados levaram à reprovação de ambos os ciclos de descontaminação. Por outro lado, adotando-se a configuração III não houve crescimento dos indicadores biológicos, e o ciclo de descontaminação foi aprovado.

Assim, comprovou-se que, além da correta segregação, é necessário garantir o acondicionamento adequado de até 2/3 de ocupação dos resíduos nas embalagens antes do tratamento térmico por autoclavação para alcançar a inativação dos micro-organismos. O segundo estudo detalhado (resíduos segregados do Laboratório de Tuberculose) foi conduzido entre os dias 29 de junho e 30 de dezembro de 2011. Neste período, foram inspecionadas e monitoradas 20 caixas que corresponderam a, aproximadamente, 5.000 tubos de cultura positiva para tuberculose. Os resultados do tratamento térmico foram satisfatórios para todas as 20 caixas metálicas. Desta forma, pode-se observar que 100 % dos resíduos contaminados com o agente etiológico da tuberculose foram tratados com eficácia, ou seja, houve destruição e/ou inativação do micro-organismo dentro das caixas, classificando esses resíduos no subgrupo A<sub>4</sub>, já que não houve descaracterização dos mesmos.

O insucesso no processo de descontaminação de resíduos sólidos de saúde pode estar relacionado tanto às questões administrativas quanto às técnicas. No que diz respeito às instituições, de modo geral a implantação do PGRSS é medida que visa a garantir não apenas o cumprimento das obrigações legais, mas também zelar pela saúde de seus servidores e da população, em geral, com economia de recursos, sejam eles públicos ou privados.

As principais fragilidades observadas nos estudos de caso aqui apresentados podem ser divididas entre duas principais categorias, sendo uma relacionada ao pessoal envolvido nos processos de geração e segregação dos RSS e outra relacionada diretamente ao processo de tratamento térmico dos RSS. Os principais pontos de fragilidade detectados:

#### (i) Do ponto de vista do pessoal envolvido:

- falta de cumprimento na correta execução do gerenciamento por inobservância ou desconhecimento do PGRSS, procedimentos internos do serviço de gestão ambiental e do serviço de tratamento dos RSS;
- falta de uma equipe multifuncional na implantação e fiscalização do PGRSS.
- falta de comprometimento e envolvimento do corpo técnico e gerencial nas questões relativas à gestão ambiental;

- falta de padronização nas práticas de trabalho e grande desconhecimento dos atores envolvidos sobre o que já está normatizado dentro da instituição;
- falta de educação continuada dos servidores envolvidos nas etapas do gerenciamento.

#### (ii) Do ponto de vista do processo de descontaminação propriamente:

- falta de identificação correta nos sacos inspecionados;
- coleta e transporte interno dos RSS feitos em desacordo com o preconizado pela legislação, que visa a garantir segurança aos profissionais;
- segregação inadequada somada ao acondicionamento impróprio dos RSS. Como consequência, observou-se o tratamento prévio inadequado de parte dos resíduos infectantes do subgrupo A<sub>1</sub>.

Após a conclusão desses estudos, os resultados foram apresentados para o Serviço de Gestão Ambiental da instituição e medidas corretivas imediatas foram implantadas na instituição, dentre elas:

- encaminhamento de todos os resíduos do grupo A<sub>1</sub> para incineração, até que a segregação e acondicionamento destes resíduos sejam realizados de forma adequada;
- reuniões com os geradores (laboratórios) para apresentar os resultados da pesquisa, objetivando aguçar a sensibilidade dos mesmos para o maior comprometimento de todos na execução correta das etapas do gerenciamento;
- exclusão do acondicionamento dos restos de alimentos nos sacos de autoclave, visando a diminuir o volume de resíduos tratados como infectantes, sem necessidade;
- treinamento de pessoal direcionado à correta segregação e acondicionamento dos RSS utilizando diferentes recipientes (sacos plásticos, caixas para materiais perfurocortantes, caixas metálicas).

Além disso, foi elaborado um procedimento operacional padrão para o setor de tratamento dos resíduos, estabelecendo critérios de segregação e acondicionamento daqueles do subgrupo A<sub>1</sub> que devem ser observados antes da realização do tratamento. Esta medida visa a garantir um tratamento térmico eficaz, eliminando os principais fatores de insucesso, que são a segregação e o acondicionamento inadequados. Quanto à coleta e ao transporte interno dos resíduos, a instituição vem se esforçando para adquirir carros coletores em quantidade suficiente e compatível com a geração dos resíduos, tentando estabelecer uma equipe especializada para realizar tais atividades.

Ainda, como propostas de melhoria para o gerenciamento dos RSS na instituição, sugerem-se:

- institucionalização de metodologias de educação continuada direcionadas ao gerenciamento dos RSS, sendo que tais programas estejam voltados para estratégias capazes de promover a

sensibilização e a conscientização na busca de uma mudança de comportamento de todo o corpo técnico e gerencial;

- implantação de metas para redução da geração de resíduos na sua fonte;
- realização de auditoria interna para fiscalizar e monitorar as etapas do gerenciamento dos RSS (Auditoria Ambiental);
- realização de análise de risco no manejo dos RSS;
- realização de análise dos custos dos RSS gerados antes e após a implantação do PGRSS para avaliar os benefícios gerados à saúde ocupacional e ambiental;
- institucionalização de uma equipe multifuncional para atuar nas etapas do gerenciamento RSS, bem como no programa de educação continuada;
- publicidade das ações de melhoria praticadas dentro da instituição pelas diversas áreas e atores sobre a gestão ambiental, utilizando ferramentas visuais como quadro de gestão visíveis, espalhados pela instituição, boletins internos, jornal e “intranet” como forma de reconhecer o esforço de todos;
- monitoramento do recebimento dos resíduos infectantes (Grupo A<sub>1</sub>) utilizando um documento reconhecido como Formulário de Oportunidade de Melhoria.

## Conclusões

A análise da descontaminação dos resíduos infectantes (primeiro estudo de caso) acondicionados em sacos para autoclave demonstrou que os mesmos não estavam sendo adequadamente tratados. Por outro lado, os resíduos exclusivos do laboratório de tuberculose (segundo estudo de caso), acondicionados em caixas metálicas, foram devidamente tratados. Assim, foi possível constatar os pontos de fragilidade relacionados

ao gerenciamento dos resíduos biológicos da instituição relacionados aos fatores humanos e técnicos já descritos anteriormente. Diante desses dados, pôde-se perceber que os micro-organismos com potencial risco infectante não estavam sendo inativados devido ao acondicionamento incorreto dos resíduos, ou seja, ocupação superior a 2/3 da capacidade total dos sacos plásticos antes do tratamento térmico por autoclavação. A RDC 306/2004 recomenda que esta ocupação de 2/3 nos sacos seja respeitada após a realização do tratamento prévio dos resíduos infectantes, mas não antes. Desta forma, os resultados desta pesquisa comprovam a importância de uma revisão da norma no sentido de incluir esta determinação também antes do tratamento dos resíduos infectantes, para que se possa garantir a eficácia do tratamento térmico por autoclavação.

Foi possível perceber também que a Instituição objeto desta pesquisa, mesmo tendo PGRSS aprovado pelos órgãos municipais, necessita desenvolver política administrativa mais eficaz para garantir o cumprimento de seu plano de gerenciamento e atender às principais resoluções vigentes. Conclui-se, então, que a instituição ainda não alcançou sua perfeita operacionalização.

É importante ressaltar que, apenas com uma análise interna crítica e bem feita, sem medo de expor fragilidades e necessidades, é que as instituições de saúde, públicas ou privadas, poderão tornar seus procedimentos confiáveis. A mudança de atitude deve partir de cada gerador de resíduo, portanto, é preciso dar a devida importância ao tema para assim educar os profissionais que, uma vez treinados e conscientizados, alcançarão os objetivos de reduzir a geração dos resíduos e gerenciá-los com sabedoria e qualidade. Apenas assim será possível garantir a manutenção da saúde dos profissionais de saúde diretamente envolvidos no manuseio dos RSS e da população em geral, bem como a qualidade ambiental.

## Referências

ANVISA – Agência Nacional Vigilância Sanitária. *Manual de Gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde*. Brasil: Ministério da Saúde, 2006. 182 p.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 306, de 7 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.

APECIH – Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar. *Esterilização de artigos em unidades de saúde*. São Paulo: APECIH, 1998. 89 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1993) *NBR 12807: Resíduos de Serviço de Saúde: Terminologia*. Rio de Janeiro.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2010). *NBR 17665-1: Esterilização de Produtos para a Saúde – Vapor. Parte 1: Requisitos para o desenvolvimento, validação e controle de rotina nos processos de esterilização de produtos para saúde*. Rio de Janeiro.

BRASIL. (2008). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 5 jun. 2012.

BRASIL. (2005). *Resolução 358 de 29 de abril de 2005* – Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.

BRASIL. (2002) *Saúde Ambiental e Gestão de Resíduos de Serviço de Saúde*. Brasil: Ministério da Saúde.

- BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá Outras Providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.
- COSTA, A.O.; CRUZ, M.S.S.; MASSA, N.G. (1990) *Esterilização e Desinfecção: Fundamentos Básicos, Processos e Controles*. São Paulo: Cortez.
- COSTA, J.R. (1980) *Dicionário de Biologia*. São Paulo: Melhoramentos, 189 p.
- MENDONÇA, R. (1997) O Brasil e os resíduos sólidos. A situação atual da disposição do lixo no país (problemas – desafios – perspectivas). *Revista Limpeza Pública*, n. 45, p. 21-25.
- NIEHEUS, R.C. (2004) *Autoclaves Verticais: uma proposta de sistema para garantia do processo de esterilização*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 61 p.
- PINTO, T.J.A. (2000) *Controle Biológico de Qualidade de Produtos Farmacêuticos, Correlatos e Cosméticos*. São Paulo: Atheneu.
- SCHNEIDER, V.E.; EMMERICH, R.C.; DUARTE, V.C.; ORLANDIN, S.M. (2004) *Manual de Gerenciamento de resíduos sólidos de serviço de saúde* (2ª ed. rev. e ampl.). Caxias do Sul: Educs, 173 p.
- SILVA, A.C.N.; BERNARDES, R.S., MORAES, L.R.S., REIS, J.D.P. (2002) Critérios adotados para Seleção de Indicadores de Contaminação Ambiental do Serviço de Saúde: Uma Proposta de Avaliação. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 18 p. 1401-1409.
- TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. (2000) *Microbiologia* (6ª Ed.). Porto Alegre: Editora Artmed, 827 p.
- VESSONI PENNA, T.C. (1994) Validação de processos de esterilização I. Conceitos Básicos. *Laes & Shaes*, v. 15, n. 88, p. 46-48.