



**PARÂMETROS OPERACIONAIS E FREQUÊNCIA DE MONITORAMENTO
ADEQUADOS PARA O PROCESSO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE
SERVIÇOS DE SAÚDE POR AUTOCLAVAÇÃO, BASEADOS NA
LITERATURA**

Cíntia Amélia Soares Matos⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário UNA. Técnica em Meio Ambiente pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG). Mestranda em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Liséte Celina Lange⁽²⁾

Professora Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutora em Tecnologia Ambiental pela London University, Inglaterra.

Luiza Silva Betim⁽³⁾

Analista Ambiental da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Civil pela UFV.

Alice Libânia Santana Dias⁽⁴⁾

Gerente de Resíduos Especiais na Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade FUMEC. Mestre em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha. Belo Horizonte, Minas Gerais – e-mail: cintia.soaresmatos@gmail.com.

RESUMO

Embora uma parcela dos resíduos de serviços de saúde represente algum potencial de risco, o manejo e descontaminação adequados são primordiais para reduzir riscos e prevenir impactos ambientais. Publicações científicas relatam a ausência de especificações sobre os parâmetros ideais para tratamento desses resíduos por autoclavação e monitoramento da eficiência do processo, há também uma deficiência de instrumentos normativos que regulamentam a atividade, fatos que podem comprometer a execução do tratamento de forma adequada e resultar em danos. Neste princípio, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre os parâmetros operacionais mais adequados para execução da atividade de autoclavação de resíduos, bem como sobre a frequência de monitoramento estabelecida por instituições ambientais e/ou de saúde, em âmbito nacional e internacional. A partir do diagnóstico foi possível notar que os parâmetros adotados para esterilização de produtos médicos não são adequadas para descontaminação de resíduos e que as condições do tratamento e características dos resíduos devem ser consideradas para garantir a eficiência do tratamento, além disso, também não foi identificada uma padronização da frequência de monitoramento, questões essas que precisam ser avaliadas, considerando que a descontaminação inadequada dos RSS pode ocasionar impactos ambientais e acarretar riscos à saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de Saúde, Autoclavação, Eficiência.

INTRODUÇÃO

Os resíduos de serviço de saúde (RSS) comumente têm o seu gerenciamento diferenciado, se comparado aos resíduos sólidos urbanos, sendo sua classificação fundamental para garantir as condições de gerenciamento adequadas, que decorre desde a geração até a destinação final (MOL, 2016). Os RSS tornam-se significativos e merecem destaque devido possibilidade de apresentarem concentrações significativas de agentes biológicos e químicos, podendo atuar como fontes de disseminação de doenças (WHO, 2014).

Alguns autores afirmam não existir fatos capazes de comprovar que os RSS sejam considerados mais contaminados que os resíduos sólidos urbanos ou que podem causar doenças e contaminações ambientais (ZANON, 2002;



CUSSIOL, 2005; COSTA E SILVA *et al.*, 2011), entretanto a maioria dos autores estabelecem exceção aos resíduos perfurocortantes e biológicos, que necessitam de tratamento antes da disposição final, por serem capazes de conter microrganismos potencialmente patogênicos, além de servirem como veículo para disseminação de doenças, colocando em riscos os profissionais que atuam no gerenciamento (NASCIMENTO, 2009).

Embora somente 10 a 30% dos RSS possa representar de fato algum potencial de risco, conforme destacado pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2014), Blenkharn (2006) ressalta que o manejo e descontaminação adequada são as principais ferramentas para reduzir acidentes e doenças ocupacionais com resíduos potencialmente perigosos, além de prevenir impactos ambientais.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece que os resíduos com maior potencial de risco biológico devem ser submetidos a tratamento, utilizando-se processos que vierem a ser validados para a redução ou eliminação da carga microbiana (BRASIL, 2004).

A autoclave é a tecnologia mais utilizada para tratamento de RSS do grupo biológicos se comparada ao tratamento por micro-ondas, considerando que 22,3% dos RSS gerados no Brasil em 2016 foram encaminhados para autoclavação e apenas 1,8% encaminhados para tratamento por microondas. Para os demais grupos de RSS, a incineração foi a técnica mais adotada, representando 50,2%, em 2016 (ABRELPE, 2017).

O panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) também demonstra que, embora a incineração tenha sido o tipo de destinação de RSS mais empregado no ano de 2016, no Brasil, a capacidade instalada para tratamento por autoclave é maior, representando 53% em relação ao total (ABRELPE, 2017).

A Organização Mundial de Saúde estabeleceu, por meio da publicação do “Livro Azul”, uma nova política a ser desenvolvida a curto, médio e longo prazo. Como uma das metas em longo prazo, foi estabelecido o aumento do uso de tecnologias alternativas à incineração para tratamento dos RSS (WHO, 2014). Windfeld (2015) ressalta que diversos pesquisadores e instituições tem se dedicado ao estudo de tecnologias alternativas para tratamento de RSS, considerando os custos elevados e impactos ambientais que o tratamento por incineração possa ocasionar, sendo a autoclavação a principal alternativa a incineração.

Voudrias (2016) avaliou cinco diferentes tipos de tecnologias de tratamento de RSS (incineração, autoclavação, microondas, desinfecção química e polimerização inversa), por meio da metodologia de análise hierárquica, baseando-se nos critérios: ambiental, econômico, técnicos e sociais, com objetivo de avaliar o desempenho dos processos. A partir das análises e combinações possíveis, a autoclavação apareceu em primeiro lugar em 83,3% das comparações, seguido da incineração com 13,3%.

Embora a autoclavação apresente vantagens consideráveis em relação à incineração, diversos autores (CHEN *et al.*, 2013; TENG *et al.*, 2015, HOSSAIN *et al.*, 2012; OLIVEIRA, 2017) destacam a ausência de dados da literatura e de instrumentos normativos que estabeleçam parâmetros ideais para execução do processo, bem como a forma e periodicidade de monitoramento da eficiência do tratamento.

A Organização Mundial de Saúde (WHO, 2014), ressalta que os equipamentos de tratamento de resíduos a vapor normalmente são operados em padrões mínimos, entre 121°C a 134°C, durante 30 minutos, como base na aplicação da autoclavação para esterilização de produtos médicos, que é bastante consolidada. Conforme Anvisa (2006), a temperatura e tempo ideal para cada ciclo de tratamento são definidos conforme a carga de resíduos a ser tratada. Contudo, de acordo com Oliveira (2017), a Anvisa não aborda sobre as características dessa carga, se apenas o peso dos resíduos devem ser considerados ou se também devem ser verificadas as características físicas, químicas e biológicas.

De acordo com Teng *et al.* (2015) o tempo e temperatura para descontaminação de resíduos é consideravelmente variável, devido a falta de investigações científicas para determinar padrões, principalmente devido a forma de transferência de calor e vapor na massa de resíduos não ser suficientemente clara, o que pode afetar o processo de tratamento, fazendo com que os resíduos sejam encaminhamentos para disposição final sem a devida descontaminação. Desta forma, nota-se a necessidade da investigação e avaliação dos parâmetros mais adequados para execução da atividade de autoclavação, a fim de se evitar riscos à saúde pública e impactos ambientais.



OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento de dados da literatura e de instrumentos normativos, no âmbito nacional e internacional, referentes aos parâmetros mais adequados para autoclavagem de resíduos de serviços de saúde.

METODOLOGIA

Para desenvolvimento do trabalho foram realizadas pesquisas, em âmbito nacional e internacional, com base em trabalhos acadêmicos e instrumentos legais referentes ao tratamento de resíduos de serviços de saúde por autoclavagem.

Para as buscas bibliográficas foram utilizadas as seguintes bases de dados: Portal de Periódicos CAPES; *Scientific Electronic Library Online (SCIELO)*; Ministério da Saúde; PubMed; *Science Direct*; Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); Organização Pan Americana de Saúde (OPAS); Organização Mundial de Saúde (OMS); Diretoria Geral da Saúde de Portugal (DGS); *Environmental Protection Agency (EPA)*; *United Nations Environment Programme (UNEP)* e Agência de Resíduos da Catalunha (ARC). Ressalta-se que o objetivo não foi esgotar todas as fontes de pesquisa, mas apresentar as informações essenciais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento de resíduos de serviços de saúde por autoclave consiste na utilização, de forma controlada, de umidade, pressão e calor para inativação da carga microbiana existentes na massa de resíduos. Para a realização do tratamento, os resíduos são dispostos no equipamento e expostos a vapor d'água, durante tempo e temperatura pré-determinados (PICHTEL, 2005).

De acordo com Anvisa (2006), o aquecimento dos RSS em autoclave ocorre em regime transiente não-isotérmico, considerando que do início ao fim do processo a temperatura e pressão não se mantêm constantes. Durante o processo, o vapor é introduzido no equipamento e o aumento da pressão de forma gradual favorece o contato entre o vapor e os resíduos a serem tratados.

A temperatura é um parâmetro consideravelmente variável ao longo do processo. A etapa decisiva para descontaminação é a fase de esterilização por isolamento térmico ou fase de exposição, em que a temperatura e o tempo determinam a eficiência da descontaminação dos resíduos, considerando que essa eficiência é medida pela taxa representativa de número de microrganismos inativos ou mortos após o tratamento (TENG *et al.*, 2015).

Ainda de acordo com o Teng *et al.* (2015), outro parâmetro essencial do processo é o tempo de residência, que se refere ao tempo necessário para transferência de calor a toda massa de resíduos. Esse tempo é calculado também com base no atingimento da temperatura interna pré-estabelecida, o qual inclui a inativação ou morte dos microrganismos e o tempo de penetração do vapor.

Embora a Organização Mundial de Saúde ressalte que os equipamentos de tratamento de resíduos a vapor normalmente são operados em padrões mínimos, entre 121°C a 134°C, durante 30 minutos e o Ministério da Saúde (2010) estabeleça a temperatura de 121°C a 50 minutos como ideal para descontaminar bolsas de sangue, alguns estudos, como o de Hossain *et al.* (2012) e Oliveira (2017), não encontraram resultados científicos satisfatórios para descontaminação de resíduos nesta condição.

Hossain *et al.* (2012), ao utilizar a temperatura de 121°C para descontaminar uma carga simulada de resíduos contaminados biologicamente durante 15 e 60 minutos, notou que as bactérias voltaram a se reproduzir após autoclavagem e suposta inativação. Olivera (2017) também realizou uma autoclavagem em carga simulada de RSS a 121°C, durante 50 e 60 minutos, e identificou frações de inativação microbiana de 76 e 92%, fato que demonstra a ineficiência do tratamento nestas condições.



No Quadro 1 são apresentados resultados de algumas pesquisas desenvolvidas com objetivo de avaliar os parâmetros ideais para eficiência do tratamento de resíduos por autoclavação, a partir da variação e combinação dos parâmetros: temperatura, tempo e pressão.

Quadro 1: Estudos sobre os parâmetros adequados para tratamento de RSS por autoclavação (continua)

Referência Bibliográfica	Temperatura de operação (°C)	Tempo (min)	Pressão (padronizada)	Conclusões
LEMIEUX <i>et al.</i> , 2006	135	120	2,21 kgf/cm ²	A configuração de dois ciclos sequenciais de 135°C, 40 min. e 31,5 psi foi considerada a mais eficaz para tratamento dos resíduos.
	135	40	2,21 kgf/cm ²	
	144,4	75	2,21 kgf/cm ²	
EMMANUEL; KIAMA; HEEKIN, 2008	124	20	2 - pulsos profundos	Concluíram que pulsos de pressão mais profundos são mais eficazes para tratamento do que pulsos pouco profundos.
	124	30	4 - pulsos pouco profundos	
GALVÃO, 2012	121	40	-	Concluíram que os resíduos acondicionados em sacos acima de dois terços da capacidade não foram tratados adequadamente. Os resíduos provenientes do Laboratório de Tuberculose e que estavam acondicionados em caixas metálicas, foram devidamente tratados.
	127	30	-	
HOSSAIN <i>et al.</i> , 2012	121	60	1,05 kgf/cm ²	Constataram que as melhores condições para otimizar a inativação microbiana foram a 121°C e 131°C durante 60 e 30 minutos, respectivamente. Contudo, observaram o crescimento de bactérias nas amostras de resíduos tratados após dois dias armazenados.
	131	30	1,89 kgf/cm ²	
	121	15	1,05 kgf/cm ²	
MACEDO, 2013	127	30	1,5 kgf/cm ²	O autor concluiu que apesar do tratamento por autoclave ter sido eficaz eliminando os vírus da Hepatite C e da HIV, o material genético do vírus de Hepatite B não foi exterminado nas condições estudadas. Foi concluído ainda que a variação da temperatura no interior da autoclave influenciou nos resultados.
	127	15	1,5 kgf/cm ²	
PIENPATANAKIJ; ARMIM; NIYOMDECHA, 2016	121	15	1,05 kgf/cm ²	Os resultados indicaram a importância da adição de água nas embalagens, visto que os testes com os esporos apresentaram-se positivos, indicando descontaminação incompleta em embalagens sem adição de água.



Quadro 1: Estudos sobre os parâmetros adequados para tratamento de RSS por autoclavagem (conclusão)

Referência Bibliográfica	Temperatura de operação (°C)	Tempo (min)	Pressão (padronizada)	Conclusões
OLIVEIRA, 2017	116	0	1,0 kgf/cm ²	O autor concluiu que a inativação dos endósporos atingiu 100% no tempo de 30 minutos de exposição a uma temperatura de 134°C e pressão de 2,3 kgf/cm ² .
	121	10	1,3 kgf/cm ²	
	125	20	1,6 kgf/cm ²	
		30		
	134	40	2,3 kgf/cm ²	
		50		
60				
GARIBALDI <i>et al.</i> , 2017	123-134	150-180	0,07-1,41 kgf/cm ²	Os autores identificaram que 16 dos 19 ciclos de autoclave com a configuração padrão de fábrica apresentaram resultados positivos para os indicadores biológicos inseridos no centro da carga. Os parâmetros otimizados para autoclavagem de resíduos secos foram: tempo: 30 minutos; temperatura: 134°C e de pressão 20 psi.

A partir de avaliação do Quadro 1 nota-se que a maioria dos autores encontraram resultados satisfatórios somente em temperaturas acima de 121°C ou nesta temperatura, mas como tempo de contato consideravelmente extensos, demonstrando que os parâmetros adotados para esterilização de produtos médicos não são adequadas para descontaminação de resíduos e que as condições do tratamento e características dos resíduos devem ser avaliadas para garantir a eficiência do tratamento. Conforme Maari (2016), diversos fatores podem interferir na transferência de calor e na eficiência do tratamento de resíduos, como insuficiência de penetração de vapor, excesso de carga, baixa condutividade térmica dos resíduos, bolsas de ar, integridade e resistência dos recipientes e sequência do processo de tratamento.

De acordo com Hossain *et al.* (2016), a inativação celular depende da estrutura das células dos microrganismos, bem como o tempo e temperatura de exposição ao calor. Desta forma, em temperaturas mais baixas seria necessário um tempo de duração do tratamento mais longo para descontaminar uma massa de resíduos do que em temperaturas mais altas.

Ressalta-se que grande parte dos estudos apresentados no Quadro 1 utilizou carga simulada de RSS para avaliação. Além disso, para avaliação da eficiência do processo a maioria dos estudos (LEMIEUX *et al.*, 2006; EMMANUEL; KIAMA; HEEKIN, 2008; GALVÃO, 2012; MACEDO, 2013; PIENPATANAKIJ; ARMIM; NIYOMDECHA, 2016; GARIBALDI *et al.*, 2017) utilizou indicadores biológicos, os demais estudos (HOSSAIN *et al.*, 2012; OLIVEIRA, 2017) avaliaram a inativação de microrganismos inseridos diretamente na massa de resíduos.

Esses indicadores biológicos avaliam se o grau de inativação foi atingido, por meio da alteração de cor. Estes indicadores são comercializados como ampolas hermeticamente fechadas e impregnadas com suspensão de microrganismos resistentes ao processo, mais especificamente com esporos de *Geobacillus stearothermophilus*, que são bactérias não patogênicas altamente resistentes. Enquanto os indicadores químicos, também comercializados, avaliam se os parâmetros temperatura, pressão e tempo, foram atingidos de maneira adequada, e os testes Bowie & Dick avaliam o sistema de retirada de pré-vácuo do equipamento (GUIZELINI *et al.*, 2012).

Com relação à frequência de monitoramento do processo, por meio do uso de indicadores biológicos e químicos, não foram encontrados instrumentos normativos que definem estes critérios em âmbito nacional, a partir da verificação junto aos órgãos ambientais de alguns Estados do Brasil (Instituto Ambiental do Paraná;



Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul; Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina; Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo e Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais). Segundo esses órgãos ambientais, a frequência do monitoramento fica a cargo dos próprios empreendimentos e, em alguns casos, o órgão ambiental solicita por meio de condicionantes, junto ao processo de licenciamento. Foram encontradas informações na literatura sobre a frequência de monitoramento pré-definidas por algumas instituições ambientais e/ou de saúde internacionais. No Quadro 2 é apresentada a frequência para realização dos testes de monitoramento, tanto biológicos quanto químicos, estabelecidos por algumas instituições internacionais.

Quadro 2 - Frequência de monitoramento do processo

Referência	Órgão/Instituição	Frequência de testes de monitoramento	
		Indicadores biológicos	Indicadores químicos
UNEP, 2012	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA)	Semanal/Quinzenal	Intervalos periódicos
WHO, 2014	Organização Mundial da Saúde (OMS)	Intervalos periódicos	Intervalos periódicos
EPA OHIO, 2013	Divisão de Gestão de Resíduos Sólidos e Infeciosos - EPA	Mensal	Semanal
DGS, 2016	Direção de Serviços de Prevenção da Doença e Promoção da Saúde (DGS) - Portugal	Quinzenal	a cada ciclo / Bowie-Dick: 1 vez por dia
ARC, 2015	Agência de Resíduos - Catalunha	1 a 2 vezes por semana	a cada ciclo / Bowie-Dick: 1 vez por dia
EHS Massachusetts, 2017	Departamento de Saúde Pública - Massachusetts	Mensal	Não mencionam

A partir da análise do Quadro 2 nota-se que não há uma padronização da frequência de realização dos testes, e considerando que esse é o único meio de avaliar e comprovar a eficiência do processo de tratamento, acredita-se que essas questões precisam ser avaliadas, considerando que a descontaminação inadequada dos RSS pode ocasionar impactos ambientais e acarretar riscos à saúde pública, tendo em vista que resíduos após tratamento por autoclavagem passam a ser classificados como resíduos comuns e podem ser dispostos em aterro sanitários.

CONCLUSÕES

Considerando que a autoclavagem de resíduos de serviços de saúde é o principal tipo de tratamento alternativo à incineração, sobretudo por ser considerado um tratamento de baixo custo e por apresentar menores índices de impacto ambiental, se comparado a outros tipos de tratamento, a avaliação abordada neste trabalho permitiu identificar a necessidade de realização de estudos mais específicos sobre o tema, principalmente por meio de avaliações em escala real, a fim de se obter uma compreensão dos critérios mais adequados de operação e monitoramento do processo, com objetivo de garantir a eficiência do tratamento e se evitar impactos ambientais e riscos à saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA DE RESÍDUOS DA CATALUNHA – ARC. *Control de La Gestión Intracentro de los Residuos Sanitarios em Catalunya*. Secretaria de Salut Pública, 2015.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33852/271892/Manual+Gerenciamento+dos+Res%C3%ADduos+de+Servi%C3%A7os+de+Sa%C3%BAde/5696ca79-6aaf-4d75-949b-fb35e0f36225>>. Acesso em: 6 maio. 2018.



3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016*. São Paulo, 2017. 64 p.
4. BLENKHARN, J. Medical waste management in the south of Brazil. *Waste management*, v. 26, n. 3, p. 315-317, 2006.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 306 de 07 de dezembro de 2004*. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Publicada no D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 10 de dezembro de 2004.
6. CHEN, Y; DING, Q; YANG, X; PENG, Z; XU, D; FENG, Q. Application countermeasures of non-incineration technologies for medical waste treatment in China. *Waste Management & Research*, v. 31, n. 12, p. 1237-1244, 2013.
7. COSTA E SILVA, C.; CAMPOS, J.; FERREIRA, J.; MIGUEL, M.; QUINTAES, B. Caracterização microbiológica de lixiviados gerados por resíduos sólidos domiciliares e de serviços de saúde da cidade do Rio de Janeiro. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, n. 2, Abr/jun 2011, p. 127-132.
8. CUSSIOL, N. *Disposição final de resíduos potencialmente infectantes de serviços de saúde em célula especial e por codisposição com resíduos sólidos urbanos*. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
9. DIREÇÃO GERAL DA SAÚDE – DGS. *Norma I da Direção Geral da Saúde nº 002/2016*, de 01 março de 2016. Dispõe sobre os indicadores de eficácia dos processos de tratamento alternativos à incineração – Resíduos hospitalares do Grupo III. Portugal, 2016.
10. ENVIRONMENTAL HEALTH AND SAFETY – EHS. Minimum requirements for the management of medical or biological waste. Department of Public Health, Massachusetts, 2017.
11. EMMANUEL, J.; KIAMA, J.; HEEKIN, K. *Testing a waste treatment autoclave at a hospital in Tanzania: a technical brief*. Reston, Virginia, UNDP GEP Health Care Waste Project and AGENDA. 2008.
12. GALVÃO, M. *Avaliação da eficácia da descontaminação de resíduos biológicos do subgrupo A1 por tratamento térmico em autoclave: um estudo de caso*. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.
13. GARIBALDI, B.; REIMERS, M.; ERNST, N.; BOVA, G.; NOWAKOWSKI, E.; BOKOWSKI, J.; ELLIS, B.; SMITH, C.; SAUER, L.; DIONNE, K.; CARROLL, K.; MARAGAKIS, L.; PARRISH, N. Validation of autoclave protocols for successful decontamination of category a medical waste generated from care of patients with serious communicable diseases. *Journal of clinical microbiology*, v. 55, p. 545-551, 2017.
14. GUIZELINI, B.; VANDENBERGHE, L.; SELLA, S.; SOCCOL, C. Study of the influence of sporulation conditions on heat resistance of *Geobacillus stearothermophilus* used in the development of biological indicators for steam sterilization. *Arch Microbiol*, v. 194, p. 991-999, 2012.
15. HOSSAIN, S.; BALAKRISHNAN, V.; RAHMAN, N.; SARKER, Z.; KADIR, M. Treatment of clinical solid waste using a steam autoclave as a possible alternative technology to incineration. *Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 9, p. 855-867, 2012.
16. LEMIEUX, P.; SIEBER, R.; OSBORNE, A.; WOODARD, A. Destruction of spores on building decontamination residue in a commercial autoclave. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 72, p. 7687-7693, 2006.
17. MAARI, O.; MOUAFFAK, L.; KAMEL, R.; BRANDAM, C.; LTEIF, R.; SALAMEH, D. Comparison of steam sterilization conditions efficiency in the treatment of infectious health care waste. *Waste Management*, v. 49, p. 462-468, 2016.
18. MACEDO, J. *Resíduos de serviços de saúde em hemocentro: gerenciamento e avaliação do desempenho de tratamento de bolsas de sangue por autoclave*. 2013. 205 f. Tese (Doutorado em Enfermagem) – Escola de Enfermagem, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
19. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Autoclavação como forma eficaz de inativação de micro-organismos em bolsas de sangue soropositivo*. Brasília: Ministério da Saúde, 2010.
20. MOL, M. *Risco de infecção pelos vírus das hepatites B e C nos trabalhadores da coleta de resíduos de serviços de saúde em Belo Horizonte – MG*. Tese (Doutorado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos), Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
21. NASCIMENTO, T.; JANUZZI, W.; LEONEL, M.; SILVA, V.; DINIZ, C. *Ocorrência de bactérias clinicamente relevantes nos resíduos de serviços de saúde em um aterro sanitário brasileiro e perfil de susceptibilidade a antimicrobianos*. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 42, n.8, p. 1-5, 2009.



22. OHIO EPA. *Infectious Waste Treatment Facility Guidance Document – Autoclaving*. Division of Solid and Infectious Waste Management. OHIO, 2013.
23. OLIVEIRA, A. *Proposta metodológica e avaliação da inativação de endósporos de Geobacillus stearothermophilus no tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde por autoclavagem*. 2017. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.
24. PICHTEL, J. *Waste management practices: municipal, hazardous and industrial*. 1 ed. Taylor & Francis Group, 2005.
25. PIENPATANAKIJ, N.; ARMIN, N.; NIYOMDECHA, N. Comparing the results of microbiological sterilization by autoclaving in different waste packaging formats. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, v. 10, p. 1033-1036, 2016.
26. TENG, H.; BAO, Z.; JIN, D; LI, Y. *The key problem and solution of medical waste high-temperature steam treatment*. Asia-Pacific Energy Equipment Engineering Research Conference. Atlantis Press, 2015.
27. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Compendium of technologies for treatment/destruction of healthcare waste*. United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre, p, 105-201, Osaka, Japan, 2012.
28. VOUDRIAS, E. Technology selection for infectious medical waste treatment using analytic hierarchy process. *Journal of the air & waste management association*, vol. 66, n. 7, p. 663-672, 2016.
29. ZANON, U. As teorias da origem das doenças e a suposta periculosidade do lixo hospitalar. In: EIGENHEER. 2012, Rio de Janeiro. *E. Lixo hospitalar: ficção legal ou realidade sanitária*. Rio de Janeiro: SEMADS, 2012.
30. WINDFELD, E.; BROOKS, M. Medical waste management – A review. *Journal of Environmental Management*, v. 163, p. 98-108, 2015.
31. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Safe management of wastes from health-care activities*. 2 ed. Genebra, 2014.