

**III-1063 - MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE:
ESTUDO DE CASO EM UM HOSPITAL PRIVADO DE FORTALEZA/CE
(ESTUDO DE CASO)**

Aline S. de Castro⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Ceará.

Marisa G. da Frota⁽²⁾

Economista pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP).

Emilia S. C. Rouberte⁽³⁾

Professora Associada da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB).

Edilson H. C. Filho⁽⁴⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Ceará. Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Faculdade Integrada do Ceará. Doutorando em Alterações Climáticas e Políticas de Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Lisboa em cotutela com a Universidade Federal do Ceará.

Ronaldo Stefanutti⁽⁵⁾

Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará- UFC.

Endereço⁽¹⁾: Rua J, 318 – Parque Santa Rosa - Fortaleza - CE - CEP: 60734-100 - Brasil - e-mail: alinescastro@alu.ufc.br

Endereço⁽²⁾: Rua Pedro Chiarine, 278 – Vila Independência – Piracicaba – SP – CEP: 13416-330 – Brasil – e-mail: marisagf@usp.br

Endereço⁽³⁾: Av. da Abolição, 3 – Centro – Redenção – CE – CEP: 62790-000 – Brasil – e-mail: emilia@unilab.edu.br

Endereço⁽⁴⁾: Rua Jaime Benévolo, 1400 – Fátima – Fortaleza – CE – CEP: 60050-115 – Brasil — e-mail: edilsonholanda@gmail.com

Endereço⁽⁵⁾: Av. Humberto Monte, S/N - Campus do Pici – Bloco 713 – Fortaleza – CE – CEP: 60440-900 – Brasil – e-mail: ronaldostefanutti@hotmail.com

RESUMO

Esse estudo consistiu em realizar um diagnóstico de situação e apresentar uma proposta para trabalhar de forma mais sustentável a gestão dos resíduos dos serviços de saúde de um hospital do setor privado do município de Fortaleza, Ceará. Inicialmente, foi analisada a geração de resíduos do Hospital, coletados pelo banco de dados e indicadores de resíduos disponibilizado pelo setor de Hotelaria. Foram realizadas vistorias pelo interior do hospital e acesso às informações sobre o gerenciamento de resíduos; verificando o PGRSS do hospital e as informações contidas em planilhas. Visando a redução da geração de resíduos classe I, foi proposto um sistema de autoclavagem para o tratamento no hospital. Foram analisados os custos e a viabilidade econômica de quatro modelos de sistemas de autoclavagem disponíveis no Brasil. Também foram considerados o investimento e os custos com energia elétrica e despesas operacionais, identificando assim combinações mais viáveis. As combinações que obtiveram os melhores resultados de viabilidade econômica apresentaram VPLs de R\$ 422.073,77, R\$ 467.912,33, TIR de 139%, 144% e payback de 1,19, 1,13 respectivamente. Conclui-se, portanto, que, o investimento na implantação do sistema de autoclavagem nas dependências do hospital é viável economicamente dentre os critérios da redução dos resíduos, eficiência do equipamento, facilidade na operação, turno de operação e pouca demanda de área. Do ponto de vista da sustentabilidade ambiental e da economia circular, propõem-se o uso dos resíduos após a saída da autoclave para a reciclagem ou para serem usados como Combustível Derivado de Resíduos-CDR, os de elevado poder calorífico.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos perigosos; Sustentável; Autoclavagem; Desinfecção; Tratamento.

INTRODUÇÃO

Com avanços nas tecnologias e sensibilização das pessoas sobre o impacto negativo que a geração de resíduos desenfreada pode ocasionar ao meio ambiente e na qualidade de vida dos seres, principalmente quando não destinado corretamente, foram desenvolvidas alternativas para minimizar tais problemas como aplicação dos três R's (reduzir, reutilizar, reciclar) e a compostagem, por exemplo. Deste modo, não seria diferente para os resíduos dos serviços de saúde- RSS, devido ao alto risco de contaminação no meio ambiente e ser prejudicial à saúde das pessoas.

Os RSS são resíduos perigosos, pois carregam seres microbiológicos patogênicos, além de conter perfurocortante e químicos, exceto os do grupo D. Deve haver a responsabilidade do gerador sobre o manejo adequado do resíduo e escolha da sua destinação final utilizando um modelo que gere resultados satisfatório para todos os envolvidos com o RSS, respeitando as legislações, meio ambiente e sociedade. Além disso, também é necessário que haja uma gestão que promova a redução desses resíduos. Sendo assim, uma proposta sustentável aplicável a uma empresa do setor da saúde poderia ser a utilização da autoclavagem “in loco” como tratamento dos resíduos dos serviços de saúde e destinação final a disposição em aterro classe II- aterro sanitário ou até mesmo a reciclagem, ou a destinação para compor o Combustível Derivado de Resíduos – CDR, dependendo do resíduo.

A autoclavagem ou esterilização a vapor, é o processo no qual os resíduos são submetidos a um vapor saturado sob alta pressão e temperatura para garantir a esterilização dos rejeitos. Nesse caso, qualquer agente infectante que estiver nos resíduos, no interior da autoclave é destruído. O sistema de autoclavagem tem como vantagem em relação a outras tecnologias de tratamento de resíduos por ser um sistema limpo, realizado no local de geração, fácil instalação, descaracterização dos resíduos, os tornando sem risco à saúde humana após o fim do processo.

O sistema de autoclavagem vem como uma proposta para tratar os resíduos infectantes gerados de forma mais sustentável devida sua boa eficiência, seu baixo impacto ambiental, além da redução dos resíduos infectantes e alteração de suas características o integrando a uma nova destinação final.

O presente trabalho contém estudos de viabilidade econômica realizados em quatro modelos de autoclaves, com ou sem sistema de trituração, que estão disponíveis no Brasil, para obter um resultado dentro da realidade do hospital em estudo.

Para melhor compreender a importância deste trabalho, esse estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico de situação e apresentar uma proposta para trabalhar de forma mais sustentável a gestão dos resíduos dos serviços de saúde de um hospital do setor privado.

O trabalho foi executado em duas etapas. Na primeira, foi feita uma análise da geração dos resíduos e seus custos com coleta e tratamento nos anos anteriores, também foi feita a análise de viabilidade do sistema de autoclavagem no hospital conhecendo os equipamentos disponíveis no mercado, e entre eles definindo alguns modelos para esse estudo que garantia o fácil acesso e comunicação com as empresas, além da estimativa de demais gastos para implantação, como do consumo de energia elétrica, das autoclaves e avaliação econômica. Na segunda etapa, foi feita uma estimativa de geração de resíduos e análise de custo para o horizonte de dez anos, além do cálculo de viabilidade econômica.

As autoclaves foram definidas em dois grupos para este estudo: equipamento de grande porte (mínimo de 80 kg de capacidade), equipamento de menor porte (abaixo de 80 kg de capacidade), de forma que se permitisse autoclavar todos os resíduos perigosos gerados em um dia.

Do estudo realizado no hospital, foram identificados critérios definidos pela organização que estão conectados diretamente com a possibilidade de instalação do equipamento no local como, boa eficiência do equipamento, facilidade na operação, pouca demanda na disponibilidade de área e que permitisse a redução dos resíduos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado o levantamento dos equipamentos disponíveis no Brasil por meio do contato com as empresas fornecedoras, a fim de obter o preço, estrutura e capacidade das autoclaves levando em consideração a demanda do hospital. Após essa etapa de coleta de dados foi feita uma análise econômica baseado nos custos atuais para disposição dos RSS e dos investimentos com sistema de autoclavagem. Portanto, para realizar a avaliação de viabilidade econômica foram utilizados os indicadores: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Taxa Mínima de Atratividade (TMA), *Payback* Descontado.

De posse das informações de geração de resíduos, das características de cada equipamento e estimativa de custo operacionais e de capital, é possível realizar a viabilidade econômica para o horizonte de dez anos, analisando o equipamento mais viável para o Hospital.

As duas etapas de trabalho serão descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: ESTUDOS EM LABORATÓRIO

Para estimar a geração de resíduos dos serviços de saúde do hospital houve a coleta de informações disponibilizadas pelo setor de Hotelaria. Entretanto, devido à ausência de dados referentes a alguns meses do ano de 2022, foi estimada a taxa de crescimento para os demais meses com o objetivo de ter uma média anual do tratamento e coleta do resíduo infectante e coleta do resíduo comum. A taxa foi calculada a partir dos valores gerais dos anos de 2020 e 2021.

Para obter o valor por kWh que cada equipamento irá consumir foram necessários analisar os dados da ANEEL sobre os impostos e tributos para consumo de energia elétrica no estado. A média diária de kWh no estado, com adição dos tributos, foi verificado o valor de R\$ 1,00129/kWh. Entretanto, para 2023, de acordo com os Destaques da Regulação do Setor Elétrico Brasileiro, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL prevê aumento médio de 5,6% na conta de luz, tal valor incluso dos cálculos do custo de energia na viabilidade econômica no sistema de autoclavagem.

De acordo com a Enerbras, em sua maioria, é estimado para projetos 20% das despesas de capital, como instalações hidráulicas e elétricas. Já para as despesas operacionais como manutenções, segundo a Enerbras, estima-se uma taxa de 2%. Para a taxa mínima de atratividade -TMA foi baseado na taxa Selic de 13,75% ao ano.

Foram selecionados quatro modelos conforme a descrição a seguir e identificados como A, B, C e D. Segue a descrição de cada conjunto de equipamento autoclave:

Modelo A: Dimensões internas 95x150cm; Dimensões externas 200x100x145cm; Potência 3 kW; Aço carbono e aço inoxidável (cesto).

Modelo B: Dimensões internas 37x62,8cm; Dimensões externas 155x120x180 mm; Potência 8 kW; Aço inoxidável AISI 304L (câmara) & Altamente resistente à corrosão. Equipado com triturador acoplado.

Modelo C: Dimensões internas 60x120cm; Dimensões externas 170x85x165cm; Potência 21 Kw Equipado com triturador acoplado.

Modelo D: Dimensões internas 32x52cm; Dimensões externas 130x89x145 cm; Potência 5 kW; Aço inoxidável AISI 304L (câmara) & Altamente resistente à corrosão. Equipado com triturador acoplado.

A Tabela 1 contém as informações gerais dos equipamentos escolhidos para esse estudo.

Tabela 1: Informações gerais dos conjuntos dos equipamentos autoclave e triturador

Equipamento	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D
-------------	----------	----------	----------	----------

Capacidade por ciclo (kg)	80	11	136	5
Tempo médio do ciclo (min)	50	30	99	30
Ciclos por dia	6	42	4	89
Capacidade diária (kg)	480	462	544	445
Valor do equipamento (R\$)	339.000,00	1.500.000,00	339.920,00	1.500.000,00

Em função das características dos equipamentos e média diária de geração de resíduo infectante no hospital, foi calculado a capacidade de cada máquina, após essa fase, foi calculado o valor de consumo de energia elétrica que cada autoclave necessita para atender a demanda do hospital.

O Modelo A consome 3,00 kWh por ciclo, logo, para tratar 444,18 kg/dia dos resíduos perigosos gerados no hospital, seriam necessários 6 ciclos, totalizando 18,00 kWh/dia. A tarifa de energia calculada com a média feita para 2022 no estado do Ceará possui o valor de R\$ 1,00/kWh. Logo, o consumo de energia elétrica custará R\$ 18,00 por dia com estimativa anual, 365 dias, no valor de R\$ 6.570,00.

O Modelo B consome 8,00 kWh por ciclo. Para tratar a média diária do hospital precisa de 42 ciclos/dia, ficando um consumo de 336,00 kWh/dia. Assim o valor para energia elétrica será R\$ 336,00/dia, e anualmente terá um custo de R\$ 122.640,00.

O Modelo C consome 21,00 kWh em até 99 minutos por ciclo. Com a demanda do hospital, o equipamento precisa realizar 4 ciclos, assim em um dia o valor fica R\$ 84,00. Portanto, para o período de um ano o valor para consumo de energia elétrica fica R\$ 30.660,00.

O Modelo D consome 5,00 kWh por ciclo. Considerando dois equipamentos no hospital, serão 89 ciclos/dias resultando no valor de R\$ 445,00 por dia. A média anual será de R\$ 162.425,00 para energia elétrica.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

O hospital gera em torno de 12 toneladas de RSS/mês, onde são segregados de acordo com sua classificação e acondicionamento previsto no PGRSS e em atenção à legislação. Seu transporte externo é feito por veículos terceirizados. De acordo com a Associação Brasileira de Limpeza Pública, um hospital gera em torno de 5Kg/leito/dia de resíduos sólidos, onde em torno de 5% equivale a resíduos infectantes. O resíduo do grupo A possui quantidade significativa para os custos de tratamento de uma empresa terceirizada, deste modo mostra a necessidade de implantar medidas que proporcionem a redução do volume de resíduos infectantes com menos custos e de maneira mais sustentável.

O recicláveis apresentados são da coleta seletiva e os espaços que não estão preenchidos com valores significam que a empresa não computou a quantidade desses resíduos. A tabela 2 apresenta o quantitativo desses resíduos.

Tabela 2: Quantidade de resíduos gerados no complexo hospitalar em análise, em toneladas/ano.

Resíduos	2018	2019	2020	2021
Comum	3.221,400	3.390,500	3.405,000	3.279,900
Infectante	151,003	141,464	163,700	183,449
Químico	0,035	0,075	0,058	0,087
Peças Anatômicas	0,025	0,043	0,044	0,018
Recicláveis (papelão, papel plástico, óleo)	0,005	25,454	26,170	32,564

Construção Civil	-	0,234	0,513	0,528
Eletrônico	0,380	-	-	0,020
Outros (ferro)	0,010	0,550	0,550	0,173
Total	3.377,527	3.558,320	3.596,035	3.496,39

Para o estudo de viabilidade econômica, foi observado os custos atuais do hospital para tratamento e coleta dos resíduos infectantes e coleta dos resíduos comuns. A tabela 3 apresenta os valores base para os demais cálculos desse estudo.

Tabela 3: Custo anual por resíduo para o hospital em estudo.

Ano	2020		2021		2022	
Mês	Infectante	Comum	Infectante	Comum	Infectante	Comum
Janeiro	-	-	R\$ 34.324,99	R\$ 8.101,32	R\$ 27.645,71	R\$ 9.291,72
Fevereiro	R\$ 28.747,05	R\$ 7.713,77	R\$ 39.245,80	R\$ 7.285,32	R\$ 34.850,80	R\$ 10.147,18
Março	-	-	R\$ 45.231,14	R\$ 6.901,32	R\$ 39.158,34	R\$ 10.297,98
Abril	R\$ 28.856,61	R\$ 6.670,00	R\$ 65.022,30	R\$ 7.251,72	R\$ 36.696,35	R\$ 11.421,18
Mai	R\$ 35.599,70	R\$ 6.917,97	R\$ 56.008,32	R\$ 7.126,92	R\$ 31.603,02	R\$ 10.375,98
Junho	R\$ 61.094,14	R\$ 7.143,37	R\$ 48.223,67	R\$ 7.554,12	R\$ 35.024,20	R\$ 10.230,38
Julho	R\$ 39.341,75	R\$ 7.750,57	R\$ 34.409,89	R\$ 6.382,92	-	-
Agosto	R\$ 34.188,02	R\$ 8.163,72	R\$ 30.632,91	R\$ 6.704,52	-	-
Setembro	R\$ 30.605,41	R\$ 7.842,12	R\$ 30.169,93	R\$ 6.742,92	-	-
Outubro	R\$ 32.241,05	R\$ 7.539,32	R\$ 28.409,33	R\$ 7.602,12	-	-
Novembro	R\$ 34.797,31	R\$ 7.798,92	R\$ 27.017,46	R\$ 7.405,32	-	-
Dezembro	R\$ 33.657,65	R\$ 7.693,65	R\$ 29.362,52	R\$ 8.096,52	-	-
Total	R\$ 359.128,69	R\$ 75.233,41	R\$ 468.058,26	R\$ 87.155,04	R\$ 204.978,42	R\$ 61.764,42

O resultado da taxa de crescimento estimada para tratamento do infectante ficou 0,30 e para sua coleta uma taxa de 0,12. Referente ao resíduo comum, realizando o mesmo raciocínio a taxa ficou 0,16.

Após obter a taxa foi realizada um cálculo juntamente com custo total do ano anterior resultando uma estimativa da média para 2022 de: no tratamento de resíduo infectante no valor de R\$ 610.027,94, a coleta do infectante com custo de R\$ 5.562,76 e a coleta do comum no valor de R\$ 100.965,79. Assim, a média no custo nos últimos três anos no tratamento e coleta do infectante foram R\$ 479.071,63 e R\$ 4.998,27, respectivamente. Já para a coleta do comum no valor de R\$ 87.784,75.

No total são geradas 159,904 toneladas de resíduo infectante com custo para sua disposição no valor de R\$ 479.071,63. Realizando uma média mensal, temos a quantidade de 444,18 kg/dia.

SEGUNDA ETAPA: APLICAÇÃO NA ESTAÇÃO

Levando em consideração a eficiência e durabilidade do equipamento no decorrer dos anos foi realizada uma estimativa do aumento da geração de resíduos dos serviços de saúde no horizonte de dez anos a fim de estimar qual autoclave poderia ser útil a longo prazo.

Os resultados obtidos, pela estimativa da taxa de crescimento, permitiram identificar o quantitativo da geração de resíduos que o hospital até o ano de 2032. Assim, é possível verificar se o equipamento escolhido teria utilidade a curto e longo prazo.

Após isso, foi feita a avaliação econômica aplicando os indicadores, VPL, TIR e *payback* descontado.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Na tabela 4 estão contidas informações sobre a geração de resíduo infectante no horizonte de dez anos. Nessa tabela notar-se que há um crescimento no decorrer dos anos, apresentando a necessidade do equipamento que for implantado atender essa demanda por um longo período.

Tabela 4: Estimativa da geração de resíduo infectante no hospital em estudo para 10 anos (toneladas).

Ano	Geração Infectante/t	Ano	Geração Infectante/t
2023	211	2028	298
2024	226	2029	319
2025	242	2030	342
2026	259	2031	366
2027	278	2032	392

A estimativa foi realizada com a aplicação da taxa de crescimento na geração de resíduos, calculada a partir dos valores da geração dos resíduos dos serviços de saúde nos de 2019 a 2021 em toneladas. Dessa forma, é possível identificar na tabela 5 a quantidade gerada de cada ano e analisar a quantidade de ciclos de cada autoclave com seu respectivo custo.

Tabela 5 – Geração diária de resíduo infectante do hospital em estudo, em kg.

Ano	Geração Infectante/dia (kg)	Ano	Geração Infectante/dia (kg)
2023	585,11	2028	826,62
2024	626,98	2029	885,76
2025	671,84	2030	949,14
2026	719,91	2031	1.017,06
2027	771,42	2032	1.089,83

A Tabela 6 apresenta os resultados da análise econômica. Observa-se que todos os equipamentos apresentam um VPL positivo, entretanto, para o horizonte de dez anos, o Modelo A e Modelo C mostram-se mais atrativos de acordo com a estimativa de crescimento na geração dos resíduos. As duas máquinas possuem uma TIR superior a TMA, sendo mais viável financeiramente comparado com as outras, além de possuírem menor tempo de retorno do investimento aplicado, sendo de 1,13 para o Modelo A e 1,19 para o Modelo C.

Tabela 6 – VPL, TIR, *Payback* Descontado em 10 anos.

Equipamento	VPL	TIR	<i>Payback</i> Descontado
Modelo A	R\$ 467.912,33	144%	1,13
Modelo B	R\$ 250.608,31	42%	4,64
Modelo C	R\$ 422.073,77	139%	1,19
Modelo D	R\$ 470.920,64	24%	7,57

Dois modelos possuem um tempo de retorno relativamente grande, quando comparado aos demais, sendo de 4,67 e 7,57 para Modelo B e Modelo D, respectivamente. No caso do Modelo D, seu *payback* é próximo ao horizonte do projeto o colocando em desvantagens em relação aos demais. Além dos resultados obtidos pelos indicadores, deve-se considerar os critérios da organização para viabilizar também estruturalmente a implantação do sistema.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Para o cenário de dez anos, levando em consideração os critérios do local como a boa eficiência do equipamento, facilidade na operação, pouca demanda na disponibilidade de área e que permitisse a redução dos resíduos por meio de um sistema de trituração, o Modelo C é mais adequado.

O Modelo A também apresenta valores muito atrativos, porém não possui sistema de trituração. Assim, o hospital que possui custo para tratamento de resíduo infectante próximo no valor de R\$ 500.000,00 por ano, com a implantação da proposta, poderá adquirir o equipamento e reaver o investimento em 1,19 ano.

Associando os resíduos dos serviços de saúde com os impactos negativos ao meio ambiente e seu custo para disposição final, o sistema de tratamento por autoclavagem é uma proposta sustentável e atrativa.

É válido salientar que seguir as normas e leis e expandir suas ações sustentáveis, o hospital não somente colabora com menor custo para si, mas também demonstra sua responsabilidade com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2021. 54 p.
2. BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018**. Regulamenta as boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília (DF), 29 de março de 2018.
3. BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm. Acesso em: 05 de abril de 2023.
4. LIMA, F. R. S. de. Viabilidade econômica e financeira de projetos. Volta Redonda: UGB/FERP, 2019. 141 p.
5. RODRIGUES, N. A.; PEREIRA, M.A.C. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Cap. 9 em: ALMEIDA, M. de F. Costa (org.). **Boas práticas de laboratório**. 2ª ed. São Caetano do Sul, SP: Difusão Editora; Rio de Janeiro: Editora Senac Rio de Janeiro, 2013, p. 267-306.
6. WIVES, D. G.; KÜHN, DANIELA D. **Análise da dinâmica dos mercados agroindustriais. Gestão e planejamento de agroindústrias familiares**. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2018, p. 41-59.