



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

JOSÉ VITOR SILVA ARAGÃO

**INDICADORES DE GESTÃO AMBIENTAL EM UNIDADES DE SAÚDE PÚBLICA
DE MÉDIA E ALTA COMPLEXIDADE**

Caruaru - PE

2024

JOSÉ VITOR SILVA ARAGÃO

**INDICADORES DE GESTÃO AMBIENTAL EM UNIDADES DE SAÚDE PÚBLICA
DE MÉDIA E ALTA COMPLEXIDADE**

Dissertação defendida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Lima da Silva.

Caruaru – PE

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Aragão, José Vitor Silva.

Indicadores de Gestão Ambiental em Unidades de Saúde Pública de Média e Alta Complexidade, Caruaru, 2024 / Jose Vitor Silva Aragão. - Caruaru, 2024.

104p.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental.

Orientação: Gilson Lima da Silva.

1. Análise do Ciclo de Vida; 2. CML Baseline; 3. Indicadores Ambientais Hospitalares; 4. Inventário de Ciclo de Vida; 5. Sistema de Gestão Ambiental Hospitalar. I. Silva, Gilson Lima da - Orientador. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

CDD 624

JOSÉ VITOR SILVA ARAGÃO

**INDICADORES DE GESTÃO AMBIENTAL EM UNIDADES DE SAÚDE PÚBLICA
DE MÉDIA E ALTA COMPLEXIDADE**

Dissertação defendida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Aprovado em: 26 de Junho de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gilson Lima da Silva

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Rogério Ferreira da Silva

Instituto Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves

Universidade Federal de Pernambuco

DEDICATÓRIA

Assim como a aurora anuncia o novo dia,
dedico este trabalho ao nascimento da
criança que trará consigo a promessa de
um futuro repleto de luz e possibilidades.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, que por intercessão da Virgem da Conceição, sempre iluminou minha vida.

Agradeço a minha mãe, Flávia, que sempre me mostrou que o homem é aquilo que a educação faz dele.

Agradeço a minha esposa, Míria, minha companheira de vida e meu apoio para todos os momentos.

Agradeço ao meu orientador, Gilson Lima, por todos os ensinamentos antes, durante e após esta pesquisa, que ultrapassaram a fronteira acadêmica e levarei por toda minha vida.

Agradeço ao Grupo de Gestão Ambiental Avançada da UFPE por todo o suporte e apoio durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço a todos os alunos, professores, técnicos e demais profissionais de compõem o PPGECAAM da UFPE.

Agradeço a FACEPE pelo apoio a esta pesquisa.

EPIGRAFE

O Senhor Deus tomou o homem e o colocou no jardim do Éden, para que o guardasse e o cultivasse.

Gênesis 2, 15

RESUMO

A gestão ambiental propõe ações prioritárias em várias áreas do conhecimento, sobretudo no setor de saúde, devido aos impactos significativos que estas atividades podem ter sobre o meio ambiente. Apesar disto, a falta de ferramentas e indicadores para otimização do processo de gestão dificultam a promoção do uso sustentável de recursos do estado. O objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de um modelo de sistema de gestão ambiental para uma unidade de saúde, com foco na avaliação de impactos ambientais. O primeiro passo foi a revisão sistemática realizada a partir do software do *software VOSviewer* e do método Prisma; a visita *in loco* para identificar como ocorrem os processos de tratamento de resíduos e efluentes dentro da rotina do hospital; a aplicação de questionário para a quantificação das entradas e saídas do sistema (ICV); a análise de ciclo de vida dos impactos ambientais através do método *CML Baseline* e do *software SimaPro*; a elaboração de indicadores para aferir e monitorar os processos ambientais do hospital. Os resultados alcançados incluíram a descoberta do nível mais avançado de conhecimento sobre o tema; a determinação das principais áreas do hospital que se relacionam com a administração ambiental; a criação do inventário de ciclo de vida; a avaliação ambiental da instituição de saúde através da Análise do Ciclo de Vida (ACV); e a concepção de um modelo de indicadores de gestão ambiental para unidades de saúde pública de média e alta complexidade. A sugestão dos indicadores ambientais na instituição de saúde evidenciou que é possível alcançar avanços importantes na gestão ambiental. Isso resulta em uma diminuição dos efeitos prejudiciais ao ambiente. Ademais, a sensibilização dos trabalhadores da saúde e o envolvimento proativo de todos os participantes são elementos cruciais para a eficácia do modelo proposto.

Palavras-Chave: Análise do Ciclo de Vida. *CML Baseline*. Indicadores Ambientais Hospitalares. Inventário de Ciclo de Vida. Sistema de Gestão Ambiental Hospitalar.

ABSTRACT

Environmental management proposes priority actions in several areas of knowledge, especially in the health sector, due to the significant impacts that these activities can have on the environment. Despite this, the lack of tools and indicators to optimize the management process hinders the promotion of the sustainable use of state resources. The objective of this study was to develop a model of an environmental management system for a health unit, focusing on the assessment of environmental impacts. The first step was the systematic review carried out using the VOSviewer software and the Prisma method; the on-site visit to identify how the waste and effluent treatment processes occur within the hospital routine; the application of a questionnaire to quantify the system inputs and outputs (ICV); the life cycle analysis of environmental impacts using the CML Baseline method and the SimaPro software; the development of indicators to measure and monitor the hospital's environmental processes. The results achieved included the discovery of the most advanced level of knowledge on the subject; the determination of the main areas of the hospital that relate to environmental management; the creation of a life cycle inventory; the environmental assessment of the health institution through Life Cycle Analysis (LCA); and the design of a model of environmental management indicators for medium and high complexity public health units. The suggestion of environmental indicators in the health institution showed that it is possible to achieve important advances in environmental management. This results in a reduction of harmful effects on the environment. Furthermore, raising awareness among health workers and the proactive involvement of all participants are crucial elements for the effectiveness of the proposed model.

Keywords: Life Cycle Analysis. CML Baseline. Hospital Environmental Indicators. Life Cycle Inventory. Hospital Environmental Management System.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APEVISA	Agência Pernambucana de Vigilância Sanitária
CFC	Clorofluorcarboneto
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente do Estado de Pernambuco
CRS	Central de Resíduos Sólidos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPA	United States Environmental Protection Agency
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
GAMA	Grupo de Gestão Ambiental Avançada
GEE	Gases de Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
HEMOPE	Fundação de Hematologia e Hemoterapia de Pernambuco
IAH	Indicador Ambiental Hospitalar
IAIT	Subindicador do Armazenamento Interno Temporário dos Resíduos Sólidos de Saúde
IARS	Subindicador do Uso de Sacos Plásticos Específicos para Acondicionamento dos Resíduos Sólidos de Saúde Infectantes
ICC	Subindicador da Classificação e Controle da Geração dos Resíduos Sólidos de Saúde
ICF	Subindicador da Capacitação do Funcionários sobre Resíduos Sólidos de Saúde;
ICRS	Indicador da Central de Resíduos Sólidos
ICRS	Indicador da Central de Resíduos Sólidos;
ICTE	Subindicador da Coleta e Transporte Externo dos Resíduos Sólidos de Saúde
ICTI	Subindicador da Coleta e Transporte Interno dos Resíduos Sólidos de Saúde Acondicionados
ICV	Inventário do Ciclo de Vida

IDBO	Subindicador da Redução de DBO
IDP	Subindicador da Redução dos Demais Parâmetros
IDQO	Subindicador da Redução de DQO
IDRS	Subindicador da Destinação Final Ambientalmente Adequada dos Resíduos Sólidos de Saúde
IETE	Indicador da Estação de Tratamento de Efluentes
IGA	Indicador de Gerenciamento Ambiental
IIRS	Subindicador da Identificação dos Resíduos Sólidos de Saúde Acondicionados
IM	Subindicador do Monitoramento Adequado da ETE
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPGRSS	Subindicador do Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Saúde;
IPRA	Subindicador da Gestão dos Perigos e Riscos Ambientais Dentro do Hospital
IRA	Subindicador de Iniciativas para Prática do Uso Racional de Água
IRE	Subindicador de Iniciativas para Prática do Uso Racional de Energia Elétrica
IRI	Subindicador de Iniciativas para Prática do Uso Racional dos Demais Insumos
IRL	Subindicador da Gestão dos Requisitos Legais Ambientais, Licenças e Outorgas
ISARS	Subindicador da Realização da Segregação e Acondicionamento dos Resíduos Sólidos de Saúde
ISO	International Organization for Standardization
ITE	Subindicador da Realização de Tratamento do Efluente Gerado
IVS	Índice de Volume de Lodo
KG 1,4-DB EQ	Quilograma de Diclorobenzeno Equivalente
KG CFC-11 EQ	Quilograma de Clorofluorcarboneto Equivalente
KG CO2 EQ	Quilograma de Dióxido de Carbono Equivalente
KG SO2 EQ	Quilograma de Dióxido de Enxofre Equivalente
LACEN	Laboratório Central de Pernambuco
LAFEPE	Laboratório Farmacêutico do Estado de Pernambuco
MJ	Megajoule

MS	Ministério da Saúde do Brasil
NBR	Norma Brasileira
OD	Oxigênio Dissolvido
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PGRSS	Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Saúde
PNI	Programa Nacional de Imunizações
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
ROC	Ranking Ordered Centroid
RS	Resíduos Sólidos
SDg95	Desvio Padrão com 95 % de Confiança
SES-PE	Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGA-H	Sistema de Gestão Ambiental Hospitalar
SRAG	Síndrome Respiratória Aguda Grave
SVO	Serviço de Verificação de Óbito
U1	Fator de Incerteza do Indicador Confiança na Fonte
U2	Fator de Incerteza do Indicador Completeza
U3	Fator de Incerteza do Indicador Correlação Temporal
U4	Fator de Incerteza do Indicador Correlação Geográfica
U5	Fator de Incerteza do Indicador Correlação Tecnológica
U6	Fator de Incerteza do Indicador Número de Amostras
UB	Fator Básico de Incerteza
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
UPAE	Unidade Pernambucana de Atenção Especializada
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Composição gravimétrica de uma unidade hospitalar	23
Figura 2	Fluxograma dos processos da elaboração da revisão sistemática	27
Figura 3	Citações por documento relacionadas a SGA-H	43
Figura 4	Publicações relacionadas a SGA-H por países	44
Figura 5	Palavras-chave relacionadas a SGA-H	44
Figura 6	Citações por documento relacionados a Efluentes Hospitalares	47
Figura 7	Publicações relacionadas a efluentes hospitalares por países	48
Figura 8	Palavras-chave relacionadas a efluentes hospitalares	48
Figura 9	Citações por documento relacionados a resíduos sólidos hospitalares	51
Figura 10	Publicações relacionadas a resíduos sólidos hospitalares por países	52
Figura 11	Palavras-Chave relacionadas a resíduos sólidos hospitalares	52
Figura 12	Gráficos da ACV da Estação de Tratamento de Efluentes	60
Figura 13	Gráficos da ACV da Central de Resíduos Sólidos	62
Figura 14	Gráficos da ACV das Instalações Administrativas e Hospitalares	63
Figura 15	Gráficos da ACV comparativa entre os 3 cenários	64
Figura 16	Incerteza Absoluta do Inventário da Central de Resíduos Sólidos para a caracterização	67
Figura 17	Incerteza Absoluta do Inventário da Estação de Tratamento de Efluentes para a caracterização	67
Figura 18	Incerteza Absoluta do Inventário das Áreas Administrativas e Hospitalares para a caracterização	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Roteiro de perguntas	30
Quadro 2	Parâmetros do ICV	32
Quadro 3	Fatores Básicos de Incerteza - UB aplicados às entradas e saídas para os fluxos elementares	33
Quadro 4	Categorias de Impacto	35
Quadro 5	Setores administrativos	53
Quadro 6	Setores médicos e ambulatoriais	54
Quadro 7	ICV dos principais itens do hospital	56
Quadro 8	ICV da geração de resíduos	56
Quadro 9	ICV da ETE	57
Quadro 10	Valores do Desvio Padrão para cada parâmetro avaliado no ICV das instalações administrativas e hospitalares	58
Quadro 11	Valores do Desvio Padrão para cada parâmetro avaliado no ICV da Central de Resíduos Sólidos	59
Quadro 12	Valores do Desvio Padrão para cada parâmetro avaliado no ICV da Estação de Tratamento de Efluentes	59
Quadro 13	ACV da Estação de Tratamento de Efluentes	60
Quadro 14	ACV da Central de Resíduos Sólidos	62
Quadro 15	ACV das Instalações Administrativas e Hospitalares	63
Quadro 16	ACV comparativa entre os 3 cenários	64
Quadro 17	Pesos dos indicadores pela metodologia ROC	68
Quadro 18	Valor dos indicadores	71
Quadro 19	Valor dos indicadores com pesos parcialmente igualitários	73
Quadro 20	Valor dos indicadores com pesos igualitários	74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 Geral.....	17
2.2 Específicos.....	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1 Sistemas de Gestão Ambiental Hospitalar e a ISO 14000	18
3.2 Resíduos Sólidos Hospitalares	19
3.3 Efluentes Hospitalares.....	23
3.4 Análise de Ciclo de Vida Ambiental	24
3.5 Indicadores como Ferramenta de Gestão Ambiental.....	25
4. METODOLOGIA.....	27
4.1 Revisão Sistemática	27
4.1.1 Análise Quantitativa	28
4.1.2 Meta-Análise	29
4.1.3 Análise Qualitativa	29
4.2 Definição do Inventário de Ciclo de Vida	29
4.2.1 Identificação dos Processos.....	29
4.2.1 Matriz Pedigree	33
4.3 Definição da Análise de Ciclo de Vida	35
4.3.1 Definição da Análise de Ciclo de Vida Comparativa	36
4.3.2 Monte Carlo.....	36
4.4 Indicadores para Gestão Ambiental Hospitalar.....	37
4.4.1 Definição dos Pesos dos Indicadores	39
5. RESULTADOS	41
5.1 Análise Bibliométrica	41
5.1.1 Bibliometria SGA-H	41
5.1.2 Bibliometria Efluentes Hospitalares.....	44

5.1.3 Bibliometria Resíduos Sólidos Hospitalares.....	48
5.2 Inventário de Ciclo de Vida	52
5.2.1 Setores da Unidade de Saúde	52
5.2.2 Análise de Incertezas	57
5.3 Análise de Ciclo de Vida	59
5.3.1 Análise da Incerteza Absoluta.....	66
5.4 Proposta de indicadores para a gestão ambiental eficiente da unidade hospitalar	67
5.4.1 Pesos	67
5.4.2 Indicadores.....	70
5.4.3 Análise de Sensibilidade	72
6. CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS.....	78
ANEXO A – Matriz Pedigree	89
APÊNDICE A – Entrevista ao Gestor	90
APÊNDICE B – Resumo da Bibliografia Relacionada a SGA-H	91
APÊNDICE C – Resumo da Bibliografia Relacionada a Efluentes Hospitalares.....	93
APÊNDICE D – Resumo da Bibliografia Relacionada a Resíduos Sólidos Hospitalares	98
APÊNDICE E – Respostas do Gestor ao Questionário.....	103

1. INTRODUÇÃO

O setor hospitalar pode contribuir com o desenvolvimento sustentável através das ações de SGA, apresentando diversos benefícios com a implantação do sistema como a redução de doenças e acidentes, redução do consumo de insumos, uso consciente de água e energias, redução de impactos ambientais, melhoria da salubridade laboral, entre outros. É visível que o SGA é um caminho natural para a subsistência deste tipo de organização, não apresentando grandes dificuldades para sua implantação.

Os hospitais que empregam ações de sustentabilidade necessitam de formalidade nas ações estabelecidas por leis, normas, regulamentos internos, formação continuada e sobretudo participação dos atores na elaboração do SGA. É possível identificar a viabilidade, técnica e financeira da implantação de sistemas de gestão ambiental, inclusive em hospitais e unidades de saúde, sobretudo ao observar os efeitos trazidos pela implantação destas ações no contexto organizacional (BRUM, MODOLO & MORAES, 2019).

É extremamente necessário que unidades com propósito de promoção de saúde disponham de um SGA, pois a gestão adequada dos insumos e resíduos garante a saúde dos pacientes, evitando contaminações decorrentes destes materiais. Além de ações de sustentabilidade, sendo poucas as unidades de saúde no Brasil a agir neste sentido (BRUM, MODOLO & MORAES, 2019). Fica evidente que nas próximas décadas não serão admitidos hospitais que não adotem sistemas concretos de gestão ambiental, neste contexto o presente estudo pretende auxiliar as unidades de saúde a preencher esta lacuna.

Em 2012 a Organização das Nações Unidas, postulou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis e em 2015 recomendou ao mundo a adoção de 17 objetivos, que passaram a nortear as políticas ambientais internacionais (SILVA *et al*, 2023). Entre os ODS é possível observar a preocupação com temas como Saúde e Bem-Estar (ODS-3), Água Potável e Saneamento (ODS-6), Consumo e Produção Responsável (ODS-12), Vida na Água (ODS-15) e Vida Terrestre (ODS-16), os quais são diretamente ligados à definição atual de Saneamento Ambiental e com isto pilares deste estudo.

Para Alsawafi, Lemke & Yang (2021), as ações sustentáveis e os Sistemas de Gestão Ambiental se apoiam no *Triple Bottom Line* que define as práticas sustentáveis como sendo o equilíbrio entre sociedade, economia e meio ambiente. Assim, para os autores as ações ambientais favorecem o crescimento econômico e o bem-estar social.

Neste sentido, o poder público, as empresas, as organizações e a sociedade civil devem se integrar e desenvolver ações conjuntas ambientais, entre elas estão os Sistemas de

Gestão Ambiental, ferramenta de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais organizacionais (Bonfim, Vasconcelos & Nogueira, 2020).

Para o cálculo dos impactos ambientais, diversas metodologias podem ser utilizadas, destacando-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A utilização desta ferramenta permite calcular os impactos ambientais em todas as fases do processo, como extração e o transporte dos insumos, a produção, o consumo, o reuso e/ou a destinação final (SILVA *et al*, 2021).

Nesse viés, o cálculo dos impactos pode ser realizado pelo *software SimaPro* que encabeça a lista de ferramentas computacionais para estudos em ACV, apresenta grande eficácia na síntese de resultados e com isto tem grande aceitação no contexto educacional (OELE & DOLFING, 2020). Segundo a ABNT (2009a), a ACV contribui no desempenho ambiental, na apresentação de indicadores, medição dos impactos, auxílio na tomada de decisões e na rotulagem ambiental.

Segundo Silva *et al* (2021), com a utilização do *software SimaPro* é possível modelar e analisar os ciclos de vida, simples e complexos, inerentes aos processos, de forma sistêmica e detalhada e de acordo com as recomendações da ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura; ratificando a escolha desta ferramenta.

Portanto, considerando a necessidade de práticas ambientais, no contexto das ações empresariais e a viabilidade destas no ambiente hospitalar, este estudo propõe um modelo de gerenciamento ambiental que possa ser utilizado por unidades de saúde pública de média e alta complexidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Propor um modelo de indicadores de gestão ambiental para unidades de saúde pública de média e alta complexidade.

2.2 Específicos

- Realizar uma revisão sistemática para identificar o estado da arte sobre o tema;
- Elaborar um Inventário de Ciclo de Vida dos principais insumos;
- Quantificar os impactos ambientais através da Análise de Ciclo de Vida;
- Elaborar indicadores para a gestão ambiental eficiente da unidade hospitalar.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Sistemas de Gestão Ambiental Hospitalar e a ISO 14000

O crescente reconhecimento da importância da conservação ambiental tem motivado diversos setores a adotar práticas sustentáveis. Nesse sentido, os hospitais que geram grandes quantidades de resíduos consomem recursos significativos, por isso é importante incorporar Sistemas de Gestão Ambiental - SGA para reduzir seus impactos ao meio ambiente e promover a saúde, tanto dos pacientes, quanto do planeta.

Segundo a ABNT (2015), um SGA é uma parte do sistema de gestão de uma organização, usada para desenvolver e implementar sua política ambiental e para gerenciar seus impactos ambientais. A norma ISO 14001, pertencente à série ISO 14000, exemplifica um padrão global que oferece orientações para estabelecer, executar e manter um SGA eficaz.

Na esfera hospitalar, a sua adoção em consonância com a norma ISO 14001 acarreta diversas vantagens. Como ressaltado por Silva & Pereira (2020), tais sistemas auxiliam na identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais relacionados às atividades hospitalares, permitindo o desenvolvimento de medidas para diminuir o consumo de recursos e minimizar a geração de resíduos.

A ISO 14001 também fomenta uma cultura de melhoria contínua, incentivando hospitais a procurar abordagens mais sustentáveis e eficientes. Conforme observado por Brum, Modolo & Moraes (2019), a bem-sucedida implementação dessa norma pode resultar na redução de custos operacionais, maior sensibilização dos funcionários e uma imagem positiva perante a comunidade.

No Brasil, a Resolução RDC nº 222/2018 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece diretrizes para a gestão de resíduos provenientes de serviços de saúde, incluindo a obrigatoriedade de adotar sistemas de gestão ambiental em conformidade com a ISO 14001 (BRASIL, 2018).

A aplicação de um SGA em ambientes hospitalares, com base nos princípios da ISO 14001, desempenha um papel crucial na promoção da sustentabilidade na área da saúde. Ao integrar os aspectos ambientais em suas operações, os hospitais não apenas reduzem seu impacto ecológico, mas também contribuem para aprimorar a saúde pública e edificar um futuro mais sustentável.

3.2 Resíduos Sólidos Hospitalares

Os resíduos sólidos hospitalares representam uma categoria de resíduos altamente complexa e potencialmente perigosa devido à sua natureza infectocontagiosa. Conhecidos como “lixo” hospitalar, esses resíduos incluem desde materiais descartados durante procedimentos médicos até substâncias químicas e produtos farmacêuticos vencidos. O gerenciamento adequado desses resíduos é vital para a saúde pública e para a preservação ambiental.

De acordo com a ABNT (2020), os resíduos sólidos hospitalares são provenientes das atividades exercidas em unidades de prestação de serviços de saúde. Constando resíduos comuns, infectantes, perfurocortantes, químicos, radioativos e farmacêuticos, dentre outros, que exigem tratamento especial.

O gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos hospitalares pode levar a consequências sérias para a saúde pública e para o meio ambiente (OPAS, 2022). A contaminação do solo, da água, a propagação de doenças e a exposição a substâncias tóxicas são alguns dos riscos associados ao manejo inadequado desses resíduos.

Segundo Uehara, Veiga & Takayanagui (2019) o gerenciamento dos resíduos sólidos hospitalares envolve a triagem adequada no ponto de origem, o acondicionamento seguro, o transporte e o tratamento adequado conforme sua classificação. Essas etapas são fundamentais para minimizar os riscos e reduzir os impactos ambientais.

No contexto brasileiro, a Resolução CONAMA nº 358/2005 estabelece diretrizes para o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde, promovendo a minimização da geração de resíduos, a segregação na fonte, o tratamento e a destinação final adequada (BRASIL, 2005):

- Grupo A (Subgrupos A1, A2, A3, A4 e A5) – Risco biológico;
- Grupo B (Resíduos químicos) – Risco químico;
- Grupo C (Resíduos radioativos) – Risco radiológico;
- Grupo D (Resíduos domésticos) – Não oferece risco;
- Grupo E (Resíduos perfuro cortantes) – Risco biológico.

De maneira detalhada as especificações de cada grupo são descritas pela Resolução CONAMA nº 358/2005 da seguinte maneira:

- GRUPO A: Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção;
 - a) A1;
 - Culturas e estoques de microrganismos; resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os hemoderivados; descarte de vacinas de microrganismos vivos ou atenuados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética;
 - Resíduos resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação biológica por agentes classe de risco 4, microrganismos com relevância epidemiológica e risco de disseminação ou causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido;
 - Bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes rejeitadas por contaminação ou por má conservação, ou com prazo de validade vencido, e aquelas oriundas de coleta incompleta;
 - Sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, contendo sangue ou líquidos corpóreos na forma livre.
 - b) A2;
 - Carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anatomopatológico ou confirmação diagnóstica;
 - c) A3;
 - Peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou familiares;

d) A4;

- Kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados;
- Filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, entre outros similares;
- Sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes Classe de Risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com príons.
- resíduos de tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo;
- recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenha sangue ou líquidos corpóreos na forma livre;
- peças anatômicas (órgãos e tecidos) e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anatomopatológicos ou de confirmação diagnóstica;
- Carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações;
- bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós-transfusão.

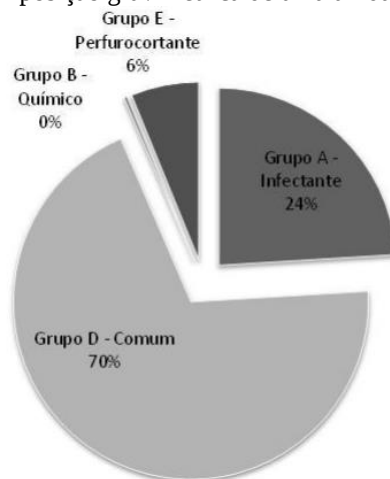
e) A5.

- órgãos, tecidos, fluidos orgânicos, materiais perfurocortantes ou escarificantes e demais materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação com príons.
- GRUPO B: Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.
 - a) produtos hormonais e produtos antimicrobianos; citostáticos; antineoplásicos; imunossupressores; digitálicos; imunomoduladores; antiretrovirais, quando descartados por serviços de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de

- medicamentos ou apreendidos e os resíduos e insumos farmacêuticos dos medicamentos controlados pela Portaria MS 344/98 e suas atualizações;
- b) resíduos de saneantes, desinfetantes, desinfetantes; resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes;
 - c) efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores);
 - d) efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas;
 - e) demais produtos considerados perigosos, conforme classificação da NBR 10.004 da ABNT (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos).
- GRUPO C: Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.
 - a) enquadram-se neste grupo quaisquer materiais resultantes de laboratórios de pesquisa e ensino na área de saúde, laboratórios de análises clínicas e serviços de medicina nuclear e radioterapia que contenham radionuclídeos em quantidade superior aos limites de eliminação.
 - GRUPO D: Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.
 - a) papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis de vestuário, resto alimentar de paciente, material utilizado em antisepsia e hemostasia de venóclises, equipo de soro e outros similares não classificados como A1;
 - b) sobras de alimentos e do preparo de alimentos;
 - c) resto alimentar de refeitório;
 - d) resíduos provenientes das áreas administrativas;
 - e) resíduos de varrição, flores, podas e jardins; e
 - f) resíduos de gesso provenientes de assistência à saúde.
 - GRUPO E: Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

Através desta classificação, o estudo de Moreira, Yamane & Siman (2015) mostra a análise gravimétrica de uma unidade hospitalar brasileira (Figura 1):

Figura 1: Composição gravimétrica de uma unidade hospitalar.



Fonte: Moreira, Yamane & Siman (2015).

Apesar da composição gravimétrica mostrar que 70% dos resíduos gerados são classificados como comuns, existe um alto potencial de contaminação por conta dos Grupos A e, que compõem 30% no mix.

Sendo assim, é evidente que o gerenciamento de resíduos sólidos hospitalares é um desafio complexo, exigindo a cooperação entre profissionais de saúde, gestores públicos e empresas especializadas. Nesse viés, ações educativas e treinamento de profissionais de saúde são essenciais para garantir a correta segregação e manipulação dos resíduos desde a origem. Deste modo, através da conformidade com a legislação vigente, treinamento adequado e conscientização, será possível mitigar os riscos associados a esses resíduos e promover um ambiente mais seguro e sustentável.

3.3 Efluentes Hospitalares

As águas residuais hospitalares, resultantes das atividades de prestação de serviços de saúde, exibem características singulares devido à presença de compostos químicos, fármacos e microrganismos patogênicos. Assim, faz-se necessário um manejo adequado para essas águas, a fim de mitigar os perigos à saúde pública e reduzir as os impactos negativos ao meio ambiente.

Provenientes das instalações de saúde, as águas residuais hospitalares são constituídas pelos efluentes domésticos, resíduos líquidos resultantes de atividades de diagnóstico, terapias e tratamento de doenças em seres humanos ou animais.

A administração inadequada destes efluentes pode resultar na poluição de corpos de água e dos solos, pois contam com um elevado potencial para disseminação de doenças e degradação do ambiente. Tal como realçado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2023), as águas residuais hospitalares podem conter produtos químicos, metais pesados e microrganismos resistentes a medicamentos, constituindo uma ameaça tanto à saúde humana quanto à biodiversidade aquática.

Em alinhamento com a necessidade do tratamento eficiente, a adoção de tecnologias avançadas, como os sistemas de tratamento biológico e físico-químico, é crucial para eliminar os contaminantes presentes nas águas residuais hospitalares. Além disso, o monitoramento contínuo desses procedimentos é importante para assegurar o cumprimento dos padrões de qualidade ambiental.

Na esfera normativa brasileira, a Resolução CONAMA nº 430/2011 estabelece critérios para a liberação de águas residuais em corpos hídricos e para o tratamento do efluente. Devido à composição complexa e aos riscos associados, elas demandam uma abordagem distinta (BRASIL, 2011B). Dessa forma, este é um desafio considerável em termos de gestão e tratamento. Sendo assim, é imprescindível a adoção de tecnologias eficazes e a adesão às regulamentações normativas, para atenuar os riscos à saúde pública e aos ecossistemas aquáticos, fomentando a sustentabilidade no âmbito da saúde.

3.4 Análise de Ciclo de Vida Ambiental

As mudanças climáticas, causadas pelas atividades humanas, tem mobilizado a busca por abordagens mais completas e detalhadas para entender seus efeitos. Segundo Silva *et al* (2021), a Análise de Ciclo de Vida (ACV) surge como uma ferramenta poderosa para avaliar os impactos ambientais ligados a produtos, processos e serviços durante todo o seu ciclo de existência. A ACV habilita uma avaliação abrangente, desde a obtenção de matérias-primas até o descarte definitivo, visando a identificação de áreas mais sensíveis e a promoção da sustentabilidade.

De acordo com a norma ISO 14040, a Análise de Ciclo de Vida é definida como a avaliação das entradas, saídas e os potenciais impactos ambientais de um sistema ao longo da vida de um produto (ABNT, 2009a). Esse processo envolve a análise das fases que englobam

extração de recursos naturais, fabricação, transporte, uso e disposição final, considerando fatores como consumo energético, emissões poluentes e uso de recursos naturais.

A ACV permite uma abordagem abrangente na tomada de decisões, possibilitando que empresas e governos avaliem diferentes ações de maneira imparcial. Conforme Aguiar *et al* (2023), a ACV auxilia na identificação de pontos críticos ambientais e na alocação de recursos para áreas que necessitam de aperfeiçoamentos, contribuindo para a minimização de impactos negativos.

A aplicabilidade da ACV é ampla e não está restrita a um campo específico. Costa *et al* (2021) salientam que a ACV pode ser empregada para avaliar o impacto ambiental de distintas cadeias produtivas, considerando fatores como consumo de água, emissões de gases de efeito estufa e utilização de pesticidas.

A ABNT (2009b) estabelece diretrizes específicas para conduzir uma ACV, abrangendo desde a definição do escopo até a coleta de dados, avaliação de impactos e interpretação dos resultados. No contexto regulatório, a ACV também possui aplicação, já que pode embasar políticas públicas e regulamentações com o propósito de mitigar impactos ambientais.

Análise de Ciclo de Vida se destaca como uma ferramenta essencial para a avaliação integral dos impactos ambientais ligados a produtos e processos. Seguindo suas orientações, é possível detectar oportunidades para fomentar a sustentabilidade e guiar as tomadas de decisão (AGUIAR *et al*, 2023).

De acordo com Pré (2016), a matriz de qualidade dos dados, conhecida como Matriz Pedigree, combina avaliação qualitativa e quantitativa e é a ferramenta mais utilizada para avaliar a qualidade dos dados. A quantificação dos resultados da avaliação qualitativa é bastante abrangente, considerando diversos aspectos como definições, tempo, espaço e confiabilidade dos dados (LOPES, 2014). A Matriz Pedigree foi inicialmente desenvolvida para gerenciar a qualidade dos dados em estudos de ACV, tornando-se amplamente reconhecida e sendo modificada por diversos autores, mantendo sua estrutura original (LOPES, 2021).

3.5 Indicadores como Ferramenta de Gestão Ambiental

Os indicadores desempenham um papel fundamental na gestão organizacional, fornecendo informações quantitativas ou qualitativas que permitem avaliar o desempenho e tomar decisões estratégicas. No setor empresarial, os indicadores são utilizados para

monitorar o progresso em direção aos objetivos estratégicos, identificar áreas de melhoria e facilitar a tomada de decisões fundamentadas (FURETTI, 2021). Indicadores, como a taxa de defeitos, o tempo médio de resposta e a satisfação do cliente, são frequentemente empregados para avaliar a eficácia e a eficiência das operações.

Na administração pública, os indicadores desempenham um papel crucial na avaliação do desempenho dos serviços governamentais e na prestação de contas (ARAGÃO, SILVA & GARCEZ, 2022). Por exemplo, indicadores taxas de criminalidade, índices de acidentes de trânsito e taxas de emprego, são fundamentais para elaborar políticas públicas para o benefício da sociedade.

Na área da saúde, os indicadores podem ser utilizados para monitorar a qualidade dos serviços prestados, a eficiência dos processos clínicos e a segurança dos pacientes (ROCHA, 2019). A taxa de mortalidade hospitalar e o tempo médio de espera por atendimento, são alguns exemplos para avaliar e melhorar a qualidade do atendimento.

Já na gestão ambiental, os indicadores são empregados para monitorar o impacto das atividades humanas no meio ambiente e orientar a implementação de práticas sustentáveis (PINTO *et al*, 2020). Indicadores como emissões de gases de efeito estufa, geração de efluentes naturais e produção de resíduos sólidos auxiliam a organização a monitorar os impactos ambientais e as oportunidades de mitigação de seus efeitos.

A metodologia ROC é uma abordagem estatística que tem sido utilizada em diferentes áreas, como química analítica, toxicologia e bioestatística. Essa metodologia é especialmente útil quando se deseja avaliar a capacidade discriminatória de múltiplos indicadores ou variáveis em distinguir entre duas ou mais classes ou grupos (EDWARDS & BARRON, 1994). Assim, ela fornece uma medida global do desempenho do modelo de classificação, levando em consideração todas as variáveis envolvidas no processo de discriminação. Desta forma, a utilização dos indicadores ambientais e da metodologia ROC, em unidades de saúde públicas, pode monitorar os diversos parâmetros da unidade hospitalar e garantir a segurança e o bem-estar dos pacientes e funcionários.

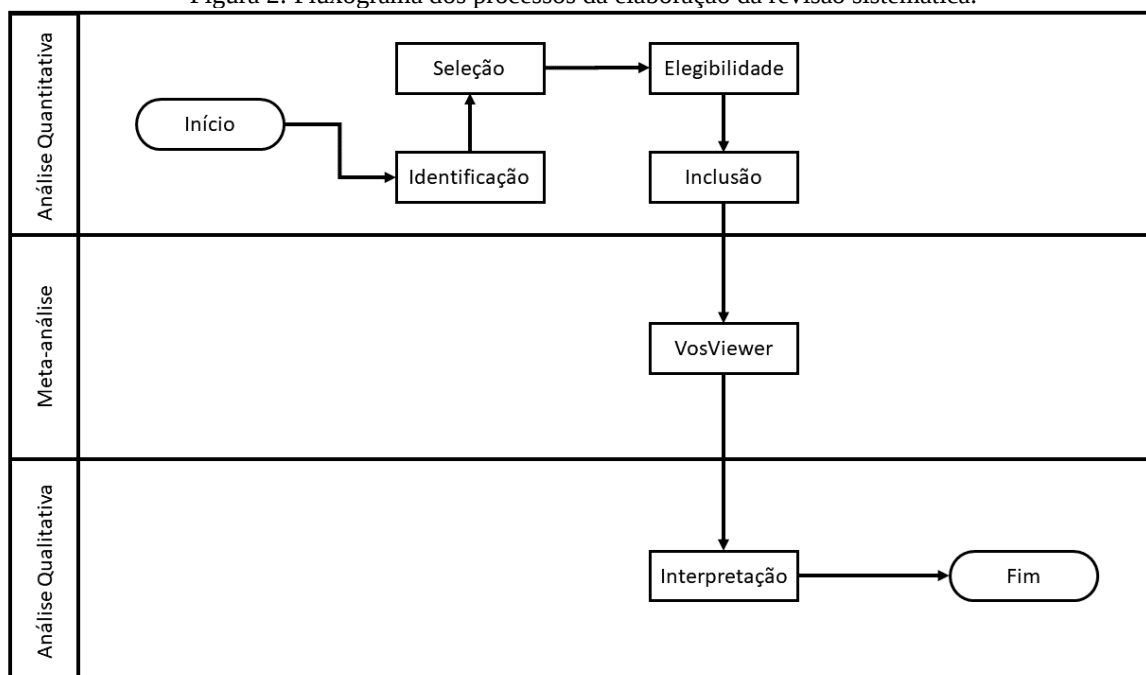
4. METODOLOGIA

O estudo foi dividido em 4 etapas para alcançar seus objetivos: Revisão da literatura; Elaboração do ICV; Cálculo dos impactos ambientais (ACV); e Elaboração dos indicadores para o gerenciamento ambiental da unidade hospitalar

4.1 Revisão Sistemática

A pesquisa foi realizada na base de dados *Scopus* e *Web of Science*, que são repositórios de periódicos científicos de alto impacto. A Figura 2 foi elaborada de acordo com Slack, Brandon-Jones & Johnston (2018) e mostra o fluxograma da revisão sistemática, elaborada com base na metodologia PRISMA (MOHER *et al*, 2009). As temáticas definidas foram: Resíduos Sólidos Hospitalares; Efluentes Hospitalares e Sistema de Gestão Ambiental para Hospitais.

Figura 2: Fluxograma dos processos da elaboração da revisão sistemática.



Fonte: O Autor (2024).

4.1.1 Análise Quantitativa

Para os artigos relacionados a temática de Resíduos Sólidos Hospitalares:

- Identificação: foram pesquisadas as palavras-chave: “*hospital*” e “*solid waste*” para encontrar artigos relacionados aos resíduos sólidos hospitalares;
- Seleção: Para reduzir esta quantidade de artigos, foram aplicados filtros de refinamento na pesquisa. Os estudos também foram limitados ao ano de publicação (2019-2024), idioma (inglês), tipologia do documento (artigos) e área de estudo (ciências ambientais);
- Elegibilidade: Os títulos e resumos dos artigos foram lidos com o intuito de excluir os documentos que não possuíam relação direta com o estudo;
- Inclusão: Foi realizada a leitura dos artigos selecionados.

Para os artigos relacionados a temática de Efluentes Hospitalares:

- Identificação: foram pesquisadas as palavras-chave: “*sludge*”; “*effluent*”; “*hospital*” e “*wastewater*” para encontrar artigos relacionados aos efluentes hospitalares;
- Seleção: Para reduzir esta quantidade de artigos, foram aplicados filtros de refinamento na pesquisa. Os estudos também foram limitados ao ano de publicação (2019-2024), idioma (inglês), tipologia do documento (artigos) e a área de estudo (ciências ambientais);
- Elegibilidade: Os títulos e resumos dos artigos foram lidos com o intuito de excluir os documentos que não possuíam relação direta com o estudo;
- Inclusão: Foi realizada a leitura dos artigos selecionados.

Para os artigos relacionados a temática de Sistema de Gestão Ambiental Hospitalar:

- Identificação: foram pesquisadas as palavras-chave: “*environmental management system*” e “*hospital*”;
- Seleção: Para reduzir esta quantidade de artigos, foram aplicados filtros de refinamento na pesquisa. Os estudos foram limitados ao ano de publicação (2019-2024), em língua inglesa e em formato de artigo na área de ciências ambientais;
- Elegibilidade: Os títulos e resumos dos artigos foram lidos com o intuito de excluir os documentos que não possuíam relação direta com o estudo;
- Inclusão: Foi realizada a leitura dos artigos selecionados.

4.1.2 Meta-Análise

Com os dados dos artigos tabulados, foi identificado que os trabalhos apresentaram dados importantes, como o nome dos autores, o resumo, o ano de publicação e o país de origem. Com o *software* VOSviewer, os dados foram analisados e mapas de rede bibliométricas foram elaborados.

4.1.3 Análise Qualitativa

Através das redes bibliométricas, foram identificadas as magnitudes de cada artigo e a relação de proximidade com outros trabalhos. Assim, com as redes foi possível mapear os autores, os seus países de origem e as possíveis conexões entre eles.

4.2 Definição do Inventário de Ciclo de Vida

4.2.1 Identificação dos Processos

De acordo com a Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco (SES-PE), compõem a rede estadual 57 centros de atendimento médico, sendo 31 hospitais, 15 Unidade de Pronto Atendimento (UPA), 9 Unidade Pernambucana de Atenção Especializada (UPAE) e 29 unidades da Farmácia de Pernambuco. A rede ainda conta com o Laboratório Farmacêutico do Estado de Pernambuco Governador Miguel Arraes (LAFEPE), Laboratório Central de Pernambuco (LACEN), Fundação Hematologia e Hemoterapia de Pernambuco (HEMOPE), Agência Pernambucana de Vigilância Sanitária (APEVISA), Central de Transplantes, Programa Nacional de Imunização e o Serviço de Verificação de Óbito (SVO) (PERNAMBUCO, 2024).

Em relação aos hospitais, eles possuem capacidade de realizar procedimentos de média e alta complexidade e atendem em regime de urgência, emergência e os atendimentos especializados, como cardiologia, mastologia, obstetrícia e neurologia.

Nesta etapa, foram realizadas 8 visitas pré-agendadas, in loco, a um hospital estadual público, situado na cidade de Caruaru, para registrar fotograficamente todos os setores do hospital, juntos ao setor responsável pelo apoio operacional do tratamento de resíduos e efluentes, assim como identificar o funcionamento prático de todos os equipamentos, a gestão dos insumos e os tratamentos dos resíduos e efluentes. A sua importância estratégica na rede

estadual de saúde, a sua relevância regional, o modelo de gestão e a reconhecida excelência da unidade tornam este hospital um excelente campo de estudo para esta pesquisa.

Durante as visitas técnicas à unidade hospitalar, para avaliação dos processos relacionados ao contexto ambiental, foram utilizadas as normas internacionais da série ISO 14040, onde foram obtidos os dados referentes aos processos e rotinas hospitalares do Hospital (ABNT, 2009A; ABNT, 2009B). Os passos que foram utilizados na realização de um Inventário de Ciclo de Vida incluíram (ABNT, 2009A; ABNT, 2009B):

- Definição do escopo e objetivo da ACV;
- Levantamento de dados referentes as entradas e saídas do sistema definido;
- Interpretação dos dados para a simulação no *software* de ACV.

Desta forma, o objetivo e o escopo da ACV foi analisar os impactos ambientais em 3 cenários: as Áreas Administrativas e Hospitalares; a ETE e a Central de Resíduos Sólidos. Para isto, foram definidas as fronteiras dos sistemas e o fluxo de referência dos cenários. Nas Áreas Administrativas e Hospitalares, o fluxo de referência foi a operação regular do hospital em 12 meses, 24h por dia, 7 dias por semana. As fronteiras do estudo de ACV foram as entradas e saídas dos cenários descritos acima, excluindo o consumo e as emissões, anteriores e posteriores, ao uso dos mesmos na referida unidade de saúde.

Na ETE, foram analisadas as entradas e saídas deste cenário, utilizando o mesmo fluxo de referência (1 ano), também foram excluídos o consumo e as emissões, anteriores e posteriores, ao uso dos mesmos no hospital. Já na Central de Resíduos Sólidos, também foram analisadas, durante o período de 1 ano (fluxo de referência), as entradas e saídas deste cenário. Desde a geração interna do resíduo até a sua chegada na estação de triagem de resíduos. Excluindo o consumo e as emissões, anteriores e posteriores, ao uso dos mesmos na referida unidade de saúde. As unidades funcionais dos cenários foram: funcionamento médio da unidade hospitalar em 1 ano; geração média de 1m³ de efluente em 1 ano; e geração média de resíduos em 1 ano.

O levantamento de dados referentes as entradas e saídas do sistema, ocorreu com base na Lei Nº 12.527/2011 - Lei de Acesso à Informação (BRASIL, 2011A). Assim, por se tratarem de dados públicos, sem vinculação com pessoas físicas, foi elaborado o seguinte roteiro de perguntas (Quadro 1):

Quadro 1: Roteiro de perguntas.

PERGUNTA
Quais os resíduos sólidos gerados pelo hospital nos últimos 12 meses? E as quantidades?
Quais os efluentes gerados pelo hospital nos últimos 12 meses? E as quantidades?
Quais as emissões atmosféricas geradas pelo hospital nos últimos 12 meses? E as quantidades?
Quais os insumos sólidos utilizados pelo hospital nos últimos 12 meses? E as quantidades?
Quais os insumos líquidos utilizados pelo hospital nos últimos 12 meses? E as quantidades?
Quais os insumos gasosos utilizados pelo hospital nos últimos 12 meses? E as quantidades?
Qual a quantidade de funcionários do hospital?
Qual a quantidade de leitos do hospital?
O hospital possui capacidade de atender até quantos pacientes?
Qual o orçamento do hospital nos últimos 12 meses?
Qual o consumo de energia elétrica do hospital nos últimos 12 meses?
Quais são os setores existentes no hospital? E as quantidades?

Fonte: O Autor (2024).

A seleção do voluntário para responder à pergunta foi conduzida mediante a observância atenta dos seguintes critérios:

- O de inclusão para selecionar o voluntário da pesquisa foi selecionar o responsável administrativo que forneça as informações solicitadas no Quadro 1;
- O recrutamento do voluntário ocorreu através de indicação da gestão administrativa do hospital;
- A exclusão do voluntário da pesquisa ocorreria se o responsável administrativo não fosse capaz de fornecer as informações solicitadas no Quadro 1.

Os procedimentos detalhados para a coleta de dados foram planejados e implementados de acordo com as seguintes etapas:

- Enviar roteiro de perguntas físico para a administração do hospital;
- Aguardar e auxiliar o responsável técnico com a compreensão das perguntas;
- Recolher o roteiro com as respostas;
- Analisar os dados;
- Arquivar o roteiro pelo período de 05 anos.

Interpretação dos dados antes da simulação no *software* de ACV, possibilita a obtenção de resultados relevantes para a pesquisa científica. Por isso a metodologia utilizada para quantificar os parâmetros, encontra-se no Quadro 2:

Quadro 2: Parâmetros do ICV.

Descrição	Unidade	Metodologia
Água	m³/ano	Consulta às contas de água da unidade hospitalar.
Oxigênio Líquido	m³/ano	Consulta ao extrato de compras da unidade hospitalar.
GLP	kg/ano	Consulta ao extrato de compras da unidade hospitalar.
Oxigênio Gasoso	kg/ano	Consulta ao extrato de compras da unidade hospitalar.
Hélio	m³/ano	Consulta ao extrato de compras da unidade hospitalar.
Energia Elétrica	kw/ano	Consulta às contas de energia elétrica da unidade hospitalar.
Grupo A	kg/ano	Consulta ao plano de gerenciamento de resíduos sólidos da unidade hospitalar.
Grupo B	kg/ano	Consulta ao plano de gerenciamento de resíduos sólidos da unidade hospitalar.
Grupo D	kg/ano	Consulta ao plano de gerenciamento de resíduos sólidos da unidade hospitalar.
Grupo E	kg/ano	Consulta ao plano de gerenciamento de resíduos sólidos da unidade hospitalar.
Transporte	tkm/ano	Consulta ao plano de gerenciamento de resíduos sólidos da unidade hospitalar.
Energia Elétrica	kw/ano	Consulta ao manual de operação e a ficha de especificações técnicas das bombas da ETE.
Cloro Desinfecção da Saída	kg/ano	Consulta aos resultados laboratoriais da ETE.
Cloro Residual Livre	kg/ano	Consulta aos resultados laboratoriais da ETE.
DBO	kg/ano	Consulta aos resultados laboratoriais da ETE.
DQO	kg/ano	Consulta aos resultados laboratoriais da ETE.
Lodo	kg/ano	Consulta à bibliografia de Lopes (2014) e Lopes (2021).
Metano	kg/ano	Consulta à bibliografia de Lopes (2014) e Lopes (2021).

Fonte: O Autor (2024).

4.2.1 Matriz Pedigree

A incerteza dos dados, conforme mencionado na norma ISO 14040/2009, deve ser relatada para avaliar o nível de incerteza dos fatores que podem afetar a qualidade dos dados (ABNT, 2009A). Em um estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), é um aspecto crucial para a avaliação ambiental, a análise de incerteza é um processo sistemático para identificar e quantificar a incerteza introduzida nos resultados do ICV.

Essa matriz apresenta seis indicadores de qualidade de dados, com uma escala de avaliação de 1 a 5, onde 1 representa o melhor grau de qualidade e 5 a pior. O uso da Matriz envolve julgamentos subjetivos, que dependem de um conhecimento prévio para atribuição das pontuações (PRÉ, 2016). Por exemplo, a qualidade dos dados em um estudo pode ser tão inadequada a ponto de justificar uma pontuação 5 (qualidade desconhecida).

Além de atribuir pontuações aos indicadores, a Matriz Pedigree também inclui um fator de incerteza associado a cada pontuação, representando a qualidade dos dados (LOPES, 2014). No Quadro 3, são apresentados os Fatores Básicos de Incerteza referentes às entradas e saídas para vários fluxos elementares, incluindo emissões de combustão e emissões de processos. Esses fatores são tabelados por especialista da fornecedora do *software* e também foram utilizados para calcular o desvio padrão.

Quadro 3: Fatores Básicos de Incerteza - UB aplicados às entradas e saídas para os fluxos elementares.

Grupo de entrada/saída	UB
Demanda de:	
Energia térmica, energia elétrica, produtos semiacabados, material de trabalho, serviços de tratamento de resíduos	1,05
Serviços de transporte	2,00
Infraestrutura	3,00
Recursos:	
Energia primária transportada, metais, sais	1,05
Uso do solo, ocupação	1,50
Uso do solo, transformação	2,00
Poluentes emitidos para a água:	
DBO, COD, OD, compostos inorgânicos (NH ₄ , PO ₄ , NO ₃ , Cl etc.)	1,50
Hidrocarbonetos individuais	3,00
Metais pesados	5,00
Emissões na agricultura: Pesticidas	1,50
Emissões na agricultura: NO ₃ , PO ₄	1,50

Emissões na agricultura: Metais pesados	1,80
Radionuclídeos	3,00
Poluentes emitidos no solo:	
Óleo, hidrocarbonetos totais, metais pesados	1,50
Radionuclídeos	3,00
Pesticidas	1,20
Poluentes emitidos para o ar:	
CO ₂ , SO ₂	1,05
Combustão: compostos orgânico voláteis (não metano), combustão: NO _x , N ₂ O, CH ₄ , NH ₃	1,50
Material particulado (MP ₁₀)	1,50
Material particulado (MP _{2,5})	2,00
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	3,00
Combustão: CO, metais pesados	3,00
Emissões de processos: CO ₂	5,00
Emissões inorgânicas, outras	1,05
Emissões na agricultura CH ₄ , NH ₃	1,20
Emissões na agricultura: NO _x , N ₂ O	1,40

Fonte: Adaptado de PRÉ (2016).

Após a avaliação da pontuação do indicador por meio da Matriz Pedigree e a definição do Fator Básico de Incerteza (UB), o Desvio Padrão (SD_{g95}), que representa o grau de incerteza com um intervalo de confiança de 95%, é então calculado pela Equação 1.

Equação 1: Desvio Padrão.

$$SD_{g95} = \exp^{\sqrt{[\ln(U_1)]^2 + [\ln(U_2)]^2 + [\ln(U_3)]^2 + [\ln(U_4)]^2 + [\ln(U_5)]^2 + [\ln(U_6)]^2 + [\ln(U_b)]^2}}$$

Fonte: PRÉ CONSULTANTS (2016).

U1 = Fator de incerteza do indicador Confiança na Fonte;

U2 = Fator de incerteza do indicador Completeza;

U3 = Fator de incerteza do indicador Correlação Temporal;

U4 = Fator de incerteza do indicador Correlação Geográfica;

U5 = Fator de incerteza do indicador Correlação Tecnológica;

U6 = Fator de incerteza do indicador Número de Amostras;

UB = Fator Básico de Incerteza.

Os Desvios Padrão relativos a cada parâmetro do ICV, acompanhados das pontuações atribuídas aos fatores e da Incerteza Básica, são fornecidos para todos os cenários. O desvio padrão do inventário foi encontrado através da Matriz Pedigree e dos Fatores Básicos de Incerteza. Esses valores foram determinados com base no conhecimento do processo e na origem dos dados, estabelecendo critérios para atribuir pontuações à qualidade dos dados (Lopes, 2014). A avaliação da qualidade dos dados, conforme definida pela Matriz Pedigree e pelos Fatores Básicos de Incerteza, foi realizada mediante a aplicação de critérios e discussões sobre a qualidade dos dados do inventário durante reuniões com membros do grupo de ACV do Grupo de Gestão Ambiental Avançada-GAMA da UFPE.

4.3 Definição da Análise de Ciclo de Vida

Para o cálculo dos impactos, foi utilizada a versão *Faculty* do software *SimaPro* através do método *CML Baseline*. Este método permite harmonização dos resultados entre os pontos médio e final dos impactos encontrados. Desta forma, foi possível analisar os impactos ambientais dos 3 cenários nas seguintes categorias de impacto (Quadro 4):

Quadro 4: Categorias de Impacto.

Central de Resíduos Sólidos		ETE		Áreas Administrativas e Hospitalares	
Categoria	Unidade	Categoria	Unidade	Categoria	Unidade
Acidificação	kg SO ₂ eq	Aquecimento Global	kg CO ₂ eq	Aquecimento Global	kg CO ₂ eq
Aquecimento Global	kg CO ₂ eq	Eutrofização	kg PO ₄ eq	Toxicidade Humana	kg 1,4-db eq
Depleção da Camada de Ozônio	kg CFC-11 eq	-	-	-	-
Depleção Abiótica	mj	-	-	-	-
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-db eq	-	-	-	-
Toxicidade Humana	kg 1,4-db eq	-	-	-	-

Fonte: O Autor (2024).

A escolha da categoria de Acidificação ocorreu porque, quando descartados de forma inadequada, os resíduos sólidos podem conter substâncias químicas que, ao entrarem em contato com o solo, podem contribuir para a acidificação do ambiente. Por exemplo, alguns produtos de limpeza hospitalar contêm ácidos que podem aumentar a acidez do solo prejudicando os ecossistemas. Aquecimento Global ocorreu porque a queima inadequada de

resíduos hospitalares pode liberar gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), contribuindo para o aquecimento global.

A Depleção da Camada de Ozônio, deve-se aos resíduos hospitalares que contêm clorofluorcarbonetos (CFCs), que são prejudiciais à camada de ozônio. Já a Depleção Abiótica, refere-se à redução de recursos não vivos, como a contaminação do solo pelos resíduos, que o deixam impróprio para uso. A Ecotoxicidade Terrestre refere-se a produtos químicos presentes que podem contaminar o solo e prejudicar a vida terrestre. Já a Toxicidade Humana, foi escolhida porque a exposição a resíduos hospitalares contaminados pode representar riscos à saúde humana. Por exemplo, agulhas e outros objetos cortantes podem transmitir doenças infecciosas se não forem manuseados corretamente.

A escolha da Eutrofização justifica-se pela contribuição do efluente hospitalar para o enriquecimento excessivo de nutrientes em corpos d'água. Esses nutrientes são frequentemente encontrados em resíduos hospitalares devido ao uso de detergentes, produtos de limpeza e outros materiais contendo compostos nitrogenados e fosfatados.

4.3.1 Definição da Análise de Ciclo de Vida Comparativa

Para realizar a Análise de Ciclo de Vida comparativa entre os 3 cenários, foi necessário ajustar a unidade funcional do cenário da ETE, pois 1 m^3 de efluente foi adotado pela bibliografia para esta análise. Agora a unidade funcional, para comparação entre multicenários deve ser a operação de 1 estação de tratamento de efluente para que a comparação seja entre setores com o mesmo padrão de unidade funcional. O fluxo de referência manteve-se o mesmo: 1 ano de operação. É importante realizar esta comparação para que o gestor saiba em qual cenário apresenta os maiores potenciais de redução de impacto ambiental. O método *CML Baseline* foi mantido e a categoria de impacto escolhida foi Aquecimento Global, pois ela é a única que se repete nos 3 cenários.

4.3.2 Monte Carlo

Para calcular a incerteza absoluta, utilizou-se a técnica de Monte Carlo no *software SimaPro*. Tal técnica, gera uma série de valores aleatórios dentro do intervalo de incerteza especificado para cada variável, recalculando os resultados a cada iteração (LOPES, 2014). Cada conjunto de resultados é armazenado e em seguida, o cálculo é repetido várias vezes, selecionando diferentes conjuntos de valores aleatórios dentro do intervalo de incerteza, e os

resultados correspondentes também são armazenados. Ao repetir esse procedimento 10.000 vezes, conforme recomendado, obtém-se 10.000 respostas distintas, as quais compõem uma distribuição de incerteza com um intervalo de confiança de 95% (PRÉ CONSULTANTS, 2016).

4.4 Indicadores para Gestão Ambiental Hospitalar

Após a identificação dos impactos ambientais hospitalares, foram definidos objetivos e metas claros e mensuráveis, para melhorar o desempenho ambiental do hospital. Tais objetivos, foram alinhados com a política ambiental da instituição, definindo-se metas específicas para cada objetivo, delineando os resultados a serem alcançados em um determinado período. Foi aplicado o questionário do Apêndice A para quantificar os indicadores propostos nas Equações 2, 3, 4 e 5.

Para embasar a criação de um indicador ambiental hospital (Equação 2), ele foi adaptado a partir de indicadores já existentes no trabalho de Rocha (2019) que trata de diversos indicadores para avaliação da sustentabilidade ambiental, social e econômica de um hospital, foram selecionados os indicadores de Rocha (2019) que tinham relação com o tratamento de resíduos, de efluentes e com a gestão administrativa de hospitais.

Desta forma, alguns indicadores de Rocha (2019), que se relacionavam com o Gerenciamento Ambiental Hospitalar, a Central de Resíduos Sólidos e a Estação de Tratamento de Efluentes, foram adaptados para a composição dos subindicadores desta pesquisa.

Equação 2: Proposta de indicador de ambiental para a unidade hospitalar.

$$IAH = IGA + ICRS + IETE$$

Fonte: O Autor (2024).

Onde:

- IAH - Indicador Ambiental Hospitalar;
- IGA - Indicador de Gerenciamento Ambiental;
- ICRS - Indicador da Central de Resíduos Sólidos;
- IETE - Indicador da Estação de Tratamento de Efluentes.

Para o Indicador de Gerenciamento Ambiental foram propostos 5 subindicadores de monitoramento (Equação 3):

Equação 3: Proposta de subindicador de ambiental para a unidade hospitalar.

$$IGA = IPRA + IRL + IRA + IRE + IRI$$

Fonte: O Autor (2024)

Onde:

- IGA - Indicador de Gerenciamento Ambiental;
- IPRA - Subindicador da gestão dos perigos e riscos ambientais dentro do hospital;
- IRL - Subindicador da gestão dos requisitos legais ambientais, licenças e outorgas;
- IRA - Subindicador de iniciativas para prática do uso racional de água;
- IRE - Subindicador de iniciativas para prática do uso racional de energia elétrica;
- IRI - Subindicador de iniciativas para prática do uso racional dos demais insumos.

Para o Indicador da Central de Resíduos Sólidos foram propostos 10 subindicadores de monitoramento (Equação 4):

Equação 4: Proposta de indicador da central de resíduos sólidos para a unidade hospitalar.

$$ICRS = IPGRSS + ICF + IARS + IIRS + ICC + IDRS + ICTI + ISARS + IAIT + ICTE$$

Fonte: O Autor (2024).

Onde:

- ICRS - Indicador da Central de Resíduos Sólidos;
- IPGRSS - Subindicador do Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Saúde;
- ICF - Subindicador da capacitação do Funcionários sobre Resíduos Sólidos de Saúde;
- IARS - Subindicador do uso de sacos plásticos específicos para acondicionamento dos Resíduos Sólidos de Saúde infectantes;
- IIRS - Subindicador da identificação dos Resíduos Sólidos de Saúde acondicionados;
- ICC - Subindicador da classificação e controle da geração dos Resíduos Sólidos de Saúde;
- IDRS - Subindicador da destinação final ambientalmente adequada dos Resíduos Sólidos de Saúde;

- ICTI - Subindicador da coleta e transporte interno dos Resíduos Sólidos de Saúde acondicionados;
- ISARS - Subindicador da realização da Segregação e Acondicionamento dos Resíduos Sólidos de Saúde;
- IAIT - Subindicador do armazenamento interno temporário dos Resíduos Sólidos de Saúde;
- ICTE - Subindicador da coleta e transporte externo dos Resíduos Sólidos de Saúde.

Para o Indicador da Estação de Tratamento de Efluentes foram propostos 5 subindicadores de monitoramento (Equação 5):

Equação 5: Proposta de indicador da ETE para a unidade hospitalar.

$$IETE = ITE + IDQO + IDBO + IDP + IM$$

Fonte: O Autor (2024).

Onde:

- IETE - Indicador da Estação de Tratamento de Efluentes
- ITE - Subindicador da realização de tratamento do efluente gerado;
- IDQO - Subindicador da redução de DQO;
- IDBO - Subindicador da redução de DBO;
- IDP - Subindicador da redução dos demais parâmetros;
- IM - Subindicador do monitoramento adequado da ETE.

4.4.1 Definição dos Pesos dos Indicadores

No intuito de fornecer aos gestores públicos do hospital, informações suficientes para planejar e tomar decisões mais eficientes, os indicadores ambientais hospitalares foram analisados, pois são métricas utilizadas para avaliar e monitorar o desempenho ambiental de instalações de saúde. Esses indicadores são importantes para identificar oportunidades de melhoria e implementar medidas para reduzir o impacto ambiental das operações hospitalares. Além disso, eles podem auxiliar na conformidade com regulamentações ambientais e na promoção da sustentabilidade dentro do setor de saúde. Desta forma, a elaboração dos indicadores levou em consideração as entradas e saídas da unidade hospitalar.

Para que sua aplicação ocorra, foi necessário aplicar o *Ranking Ordered Centroid - ROC*, (Equação 6):

Equação 6: ROC.

$$w_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{j}$$

Fonte: Edwards & Barron (1994).

Onde w é o peso; n é o número de períodos de tempo; e j a posição do período na ordenação, que consiste na transformação da informação de ordem dos critérios em “pesos”, não sendo necessária uma avaliação adicional do decisor (EDWARDS & BARRON, 1994). Este método foi escolhido pois exige menor esforço cognitivo do decisor e permite uma sequência crescente dos pesos.

5. RESULTADOS

5.1 Análise Bibliométrica

5.1.1 Bibliometria SGA-H

Quantificação dos artigos encontrados após cada etapa:

- Identificação: 1300 documentos.
- Seleção: 90 artigos.
- Elegibilidade: 23 artigos.
- Inclusão: 8 artigos.

Os autores do Apêndice B resumem de forma concisa, as percepções extraídas de 8 obras que exploram a complexa interseção entre saúde e meio ambiente. Essa análise evidencia a significativa relevância que a importância dos Sistemas de Gestão Ambiental Hospitalar (SGA-H) assume em uma escala global. Ao se debruçar sobre as perspectivas de diferentes países, os autores do Apêndice B revelam padrões e disparidades, destacando as abordagens variadas adotadas para lidar com essa questão crítica.

Ainda em relação a estes autores, eles fornecem uma visão abrangente e detalhada das complexidades ambientais enfrentadas no contexto hospitalar. Destacando-se as interconexões e semelhanças entre eles, evidencia-se a grande importância em tomar medidas imediatas e eficazes para resolver os problemas ambientais das unidades hospitalares.

No texto de Alharbi, Alhaji & Qattan (2021), é abordada a problemática do descarte inadequado de resíduos, revelando a ausência de processos de reciclagem para materiais como papel, plástico, alimentos, vidro e metal. Essa lacuna na gestão de resíduos é aprofundada por Zamparas *et al* (2019), que oferece uma análise minuciosa dos diferentes tipos de resíduos hospitalares produzidos, incluindo resíduos urbanos, infecciosos e tóxicos, proporcionando uma compreensão abrangente da complexidade do desafio.

A importância da gestão eficiente dos resíduos é destacada pelos autores, como Mazar *et al* (2019), que discutem as estratégias ambientais para alcançar os padrões hospitalares conforme especificados pela ISO 14000. Srivastava & Rawal (2021) descrevem a classificação e eficiência dos sistemas de gestão de resíduos em hospitais específicos, enfatizando a necessidade de abordagens robustas e bem estruturadas para enfrentar essa questão crítica.

A conscientização e o treinamento dos profissionais de saúde sobre a gestão adequada dos resíduos emergem como temas recorrentes, presentes no estudo de Motlatla & Maluleke (2021), que relatam o conhecimento dos profissionais sobre diferentes tipos de resíduos e suas disposições adequadas. Também no trabalho de Srivastava & Rawal (2021), que destacam a falta de treinamento adequado dos funcionários em certos hospitais, ressaltando a importância de programas educacionais e de capacitação para garantir a conformidade e eficácia na gestão de resíduos.

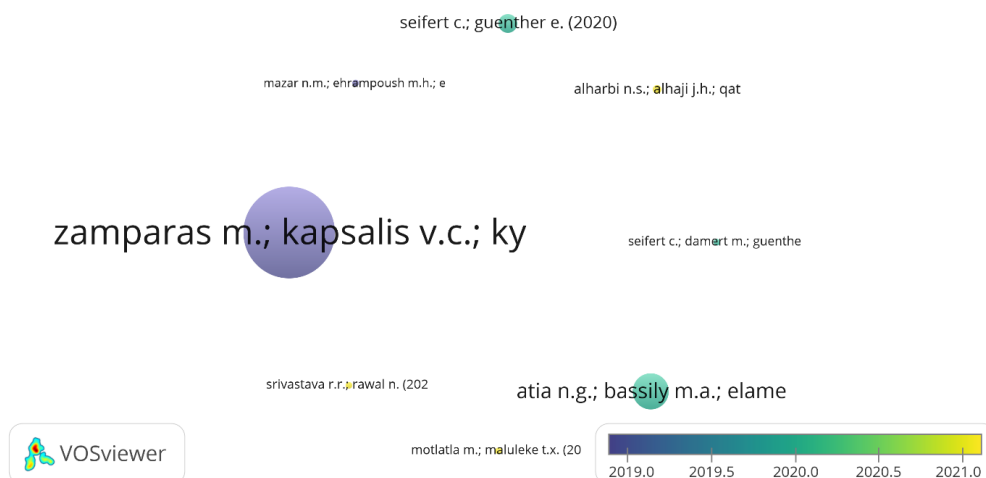
A pressão interna e externa para a implementação de práticas ambientais também é discutida na bibliografia. Como Seifert & Guenther (2020), que abordam o interesse variável das partes interessadas na gestão ambiental hospitalar e Seifert, Damert & Guenther (2020), que classificam os hospitais com base em suas abordagens ambientais, demonstrando a necessidade de alinhamento estratégico e engajamento de várias partes interessadas para impulsionar mudanças significativas.

O artigo de Atia, Bassily & Elamer (2020) se relaciona com os demais ao abordar a necessidade de uma abordagem integrada para lidar com as questões ambientais nos hospitais. Essa integração da análise de ciclo de vida ambiental ao longo da cadeia de valor hospitalar reflete a complexidade das questões ambientais enfrentadas e destaca a importância de considerar não apenas os aspectos ambientais, mas também os econômicos na tomada de decisões.

Os textos convergem com a presente pesquisa ao destacar a importância crítica da gestão ambiental eficaz nos hospitais, enfatizando a necessidade de implementação de práticas de reciclagem, treinamento adequado dos funcionários, conformidade com padrões e regulamentações ambientais. Assim, como o engajamento de diversas partes interessadas para promover uma abordagem sustentável na prestação de serviços de saúde, delineando um conjunto de desafios e oportunidades que requerem esforços estratégicos para resolução.

Na figura 3, observou-se uma variação de 1-73 citações. Além disso, também não se formaram redes de ligação entre os artigos. O diâmetro do círculo representa a quantidade de citações que o documento recebeu e as cores representam o ano de publicação. É possível observar que os trabalhos de Zamparas *et al* (2019) e Atia, Bassily & Elamer (2020) foram os mais citados, com respectivamente 73 e 29 menções. Os dados exportados do *software* VOSviewer, mostram que os 8 autores não apresentam nenhuma conexão entre si.

Figura 3: Citações por documento relacionadas a SGA-H.

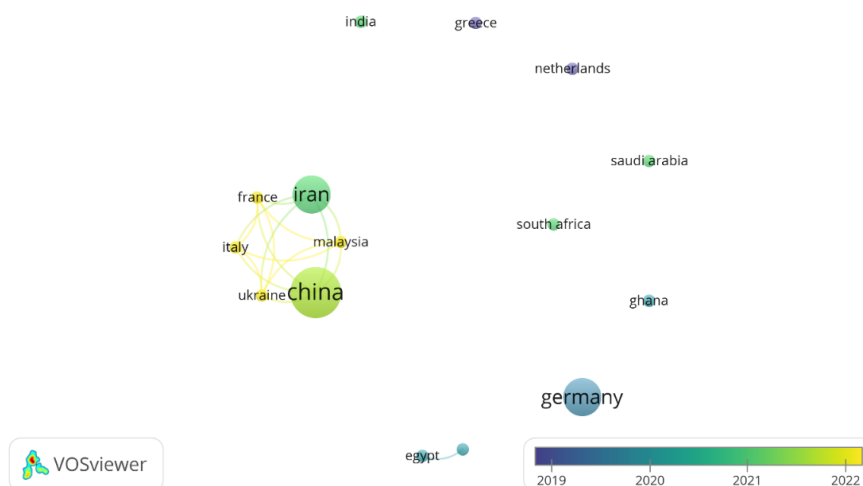


Fonte: O Autor (2024).

Na figura 4, houve maior ênfase nos países aos quais os autores pertencem. Os círculos coloridos exemplificam a quantidade de documentos que foram publicados pelas instituições daquele país. Uma relação direta proporcional é observada, onde o aumento do diâmetro do círculo reflete uma maior quantidade de artigos publicados na respectiva nação.

As conexões representadas pelas linhas entre os círculos indicam colaborações estabelecidas entre autores de diferentes países. Observa-se que os países que mais publicaram são: China; Alemanha e Irã. Já os países com mais citações foram: Grécia (73); China (56); Irã (53); França (52); Itália (52); Malásia (52) e Ucrânia (52). O mesmo mapa também mostra que existe uma rede composta por pesquisadores da China, Irã, Itália, Ucrânia, França e Malásia e outra composta por pesquisadores do Reino Unido e Egito.

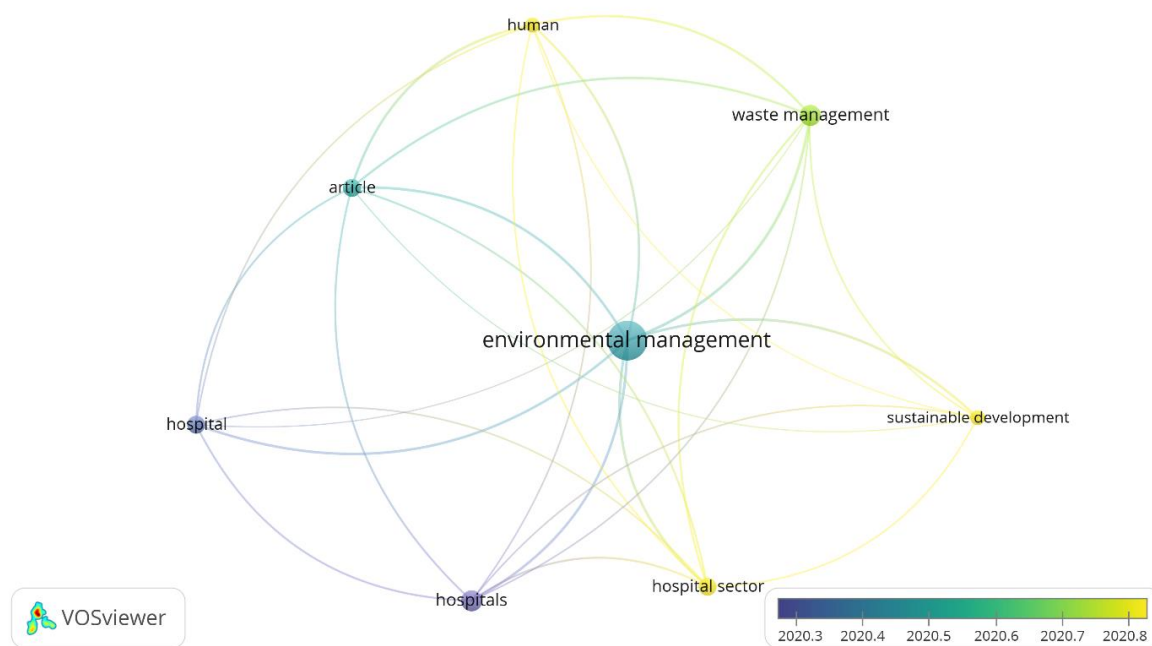
Figura 4: Publicações relacionadas a SGA-H por países.



Fonte: O Autor (2024).

Para elaboração do mapa das palavras-chave (Figura 5), foi realizado um filtro, onde só entraram na análise no *VOSviewer* palavras com pelo menos 1 citações nos trabalhos. Observa-se que todas as palavras estão conectadas e a mais citada foi *Environmental Management* (13).

Figura 5: Palavras-chave relacionadas a SGA-H.



Fonte: O Autor (2024).

5.1.2 Bibliometria Efluentes Hospitales

Após cada fase do processo de pesquisa, foi realizada a contagem dos artigos encontrados, proporcionando uma avaliação quantitativa do progresso da revisão bibliográfica. Essa quantificação sistemática dos artigos identificados em cada etapa permitiu uma análise detalhada da evolução da pesquisa, mostrando a relevância dos materiais encontrados ao longo do processo de busca e seleção:

- Identificação: 178 artigos;
- Seleção: 38 artigos;
- Elegibilidade: 14 artigos;
- Inclusão: 10 artigos.

Os trabalhos do Apêndice C resumem a visão de 10 obras sobre a interseção entre saúde e meio ambiente, que destaca a importância do tratamento dos efluentes hospitalares em diversos países. Os autores apresentam os desafios e abordagens relacionadas ao tratamento de águas residuais hospitalares e à remoção de contaminantes, como antibióticos e compostos indesejados. Inicialmente, destaca-se o uso de técnicas como tratamento por oxidação não catalítica para tratar águas residuais hospitalares, visando remover compostos em concentrações significativas. No entanto, apesar da eficácia na remoção de contaminantes, como mostrado por Boucher *et al* (2021), o tratamento com tratamento por oxidação não catalítica pode aumentar a toxicidade da água devido à geração de subprodutos decorrentes da transformação.

Chiemchaisri *et al* (2022) e Kanmalai *et al* (2023) abordam a presença e a remoção de antibióticos nas águas residuais hospitalares. Embora os processos de tratamento, como as Estações de Tratamento de Efluentes, sejam eficazes na remoção de alguns antibióticos, eles enfrentam desafios na remoção completa desses compostos, isso sugere a necessidade de tecnologias avançadas de tratamento para melhorar a eficiência de remoção (CHIEMCHAISRI *et al*, 2022; KANMALAI *et al*, 2023).

Segundo Chiemchaisri *et al* (2023), a resistência bacteriana é outra preocupação importante, pois microrganismos resistentes a antibióticos podem persistir nos efluentes tratados e representar um risco para o meio ambiente e a saúde pública. Além disso, Palazon *et al* (2022) explicam que a presença de fármacos nos efluentes, pode influenciar a comunidade microbiana nos sistemas de tratamento, destacando a importância da temperatura operacional na estabilidade desses sistemas.

Já Mydlarczyk, Haddad & Abdullah (2020) e Maleki, Momeni & Monajemi, (2022), exploram aspectos específicos do tratamento biológico das águas residuais hospitalares, como a remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a eficiência de remoção de sulfeto e amônio. Eles sugerem condições operacionais ideais para alcançar efluentes de alta qualidade e atender aos padrões de qualidade ambiental.

Mydlarczyk, Haddad & Abdullah (2020) e Chiemchaisri *et al* (2023) abordam a presença de microrganismos resistentes em águas residuais hospitalares e a eficácia dos processos de tratamento na remoção desses microrganismos. Em tal abordagem, destaca-se a importância de tratamentos específicos para evitar a disseminação de microrganismos patogênicos no ambiente. Custodio *et al* (2022) destacam a eficiência geral do tratamento de águas residuais hospitalares, mostrando a conformidade com os padrões de qualidade ambiental.

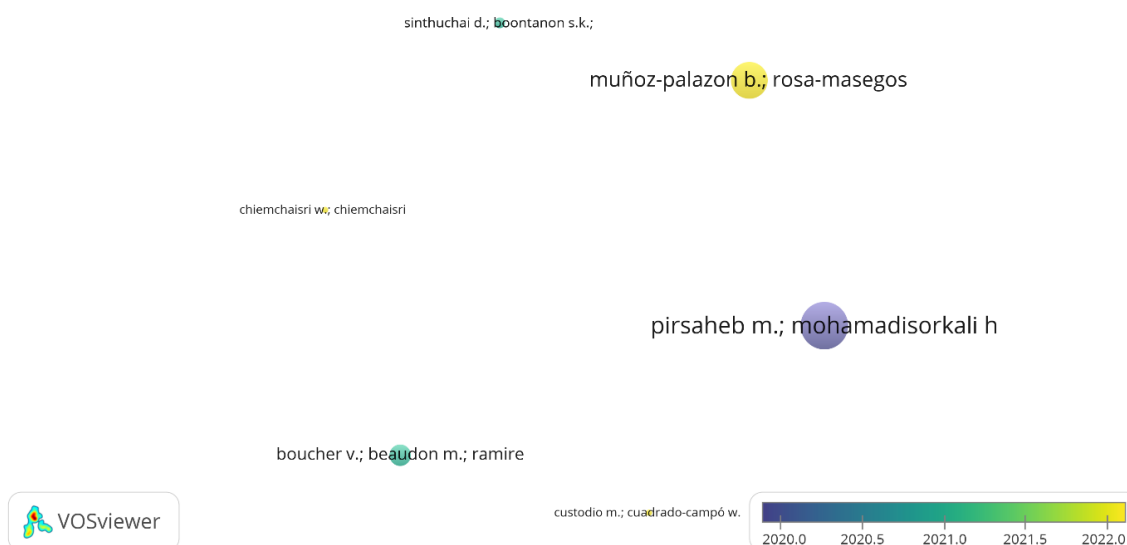
Pirsaheb *et al* (2020) examinam a eficiência de diferentes sistemas de tratamento, como lodo ativado, na remoção de antibióticos e na avaliação da toxicidade ecológica dos efluentes tratados. Isso torna evidente a importância de abordagens integradas para garantir a remoção eficaz de contaminantes e a proteção do meio ambiente.

Sinthuchai *et al* (2021), Palazon *et al* (2022) e Kanmalai *et al* (2023) evidenciam a presença e a remoção de antibióticos nas águas residuais hospitalares, bem como os desafios associados à eficácia dos tratamentos convencionais, eles apontam a necessidade de tecnologias avançadas para melhorar a remoção de poluentes persistentes. Maleki, Momeni & Monajemi, (2022) fornece informações sobre os parâmetros de tratamento de águas residuais, como demanda química de oxigênio (DQO) e índice de volume de lodo (IVS), para otimizar o processo de tratamento.

Em conjunto, esses autores oferecem uma visão abrangente dos desafios e estratégias relacionados ao tratamento de efluentes hospitalares, salientando a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para garantir a eficiência e a segurança dos processos de tratamento.

Na Figura 6, observa-se uma variação de 0-13 citações. Também não se formaram redes de ligação entre os artigos. O diâmetro do círculo representa a quantidade de citações que o documento recebeu e as cores representam o ano de publicação das obras. É possível observar que os trabalhos de Pirsaheb *et al* (2020) e Palazon *et al* (2022) foram os mais citados. Com 13 e 10 menções, respectivamente.

Figura 6: Citações por documento relacionados a Efluentes Hospitalares.

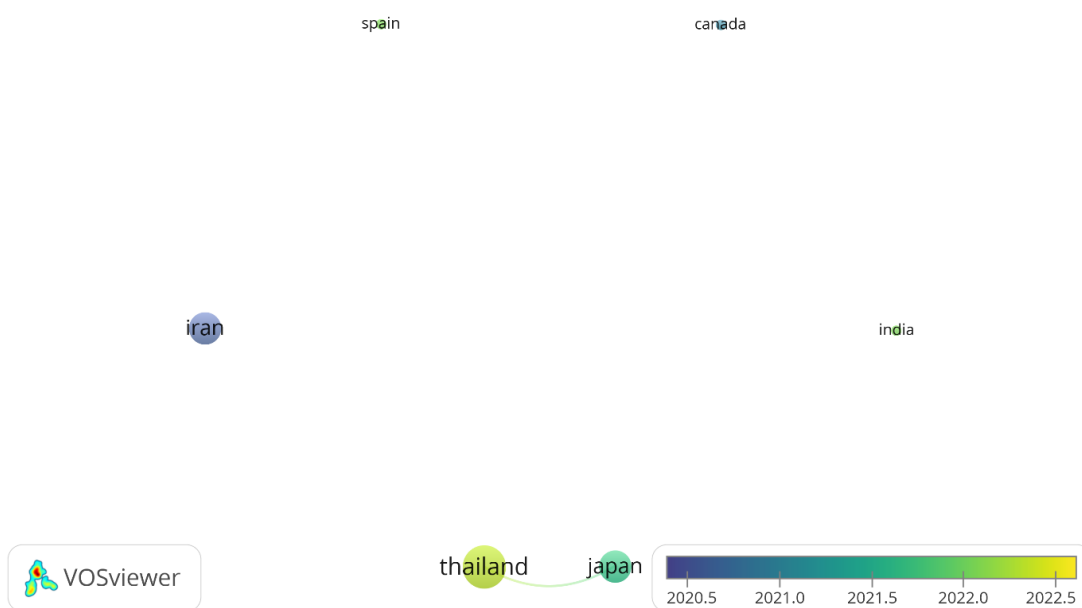


Fonte: O Autor (2024).

De maneira análoga à análise bibliométrica dos artigos relacionados a SGA-H, houve ênfase nos países aos quais as instituições dos autores pertencem. Os círculos coloridos presentes na Figura 7 exemplificam a quantidade de documentos que foram publicados pelas instituições daquele país. Uma relação direta proporcional é observada, onde o aumento do diâmetro do círculo reflete uma maior quantidade de artigos publicados no respectivo país. As conexões representadas pelas linhas entre os círculos indicam colaborações estabelecidas entre autores de diferentes países.

Observa-se que os países que mais publicaram são: Japão (3); Tailândia (4) e Irã (3). Já os países com mais citações foram: Irã (44); Japão (25) e Espanha (10). O mesmo mapa também mostra que os iranianos não publicam em conjunto com outros países. Pois não formaram redes de conexão, mesmo estando entre os que mais publicam e os mais citados. Também se visualiza uma rede composta por pesquisadores do Japão e da Tailândia.

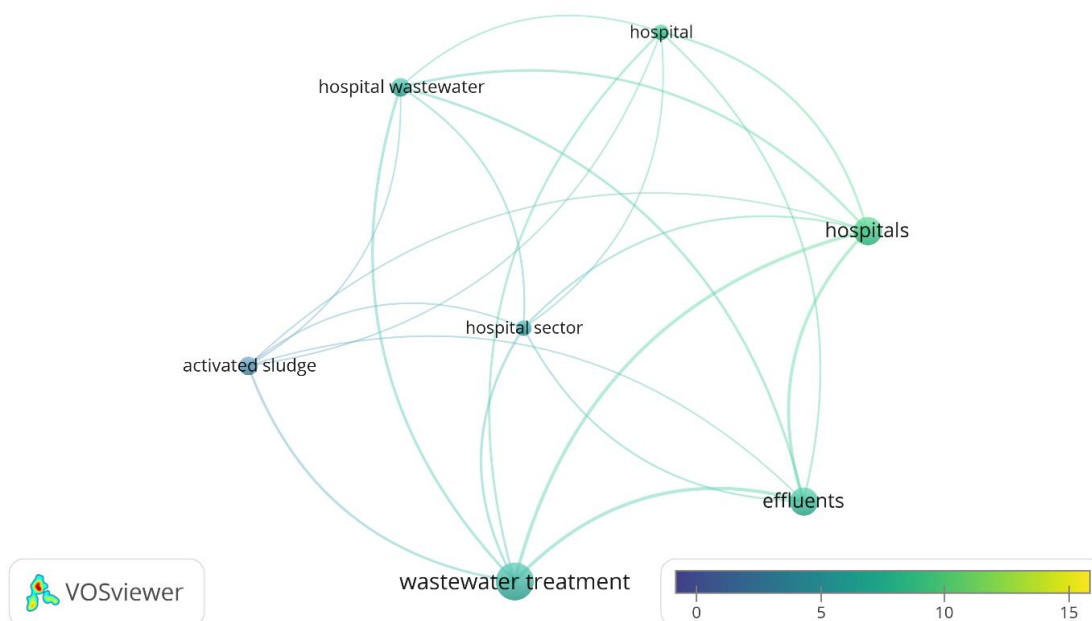
Figura 7: Publicações relacionadas a efluentes hospitalares por países.



Fonte: O Autor (2024).

Para elaboração do mapa de coocorrência das palavras-chave (Figura 8), foi realizado um filtro, onde só entraram na análise no VOSviewer palavras com pelo menos 5 citações nos trabalhos. Observa-se que todas as palavras estão conectadas e a mais citada foi *Wastewater Treatment* (12).

Figura 8: Palavras-chave relacionadas a efluentes hospitalares.



Fonte: O Autor (2024).

5.1.3 Bibliometria Resíduos Sólidos Hospitalares

- Identificação: 554 artigos;
- Seleção: 17 artigos;
- Elegibilidade: 17 artigos;
- Inclusão: 9 artigos.

Os estudos do Apêndice D oferecem uma visão resumida das observações obtidas a partir de 9 trabalhos que investigam a gestão dos resíduos sólidos hospitalares em escala global. Ao examinar as visões provenientes de distintos países, o Apêndice D revela padrões distintos e divergências, realçando as diversas abordagens adotadas para enfrentar essa questão de crucial importância.

Ahmad *et al* (2019), Dang, Dang & Tran (2021) e Mareai, Khafaji & Husseinawi (2023) e Khan *et al* (2023) apresentam uma análise detalhada sobre a geração e as características dos resíduos hospitalares, destacando diferenças significativas entre instalações públicas e privadas, bem como entre diferentes categorias de hospitais. Já Mareai, Khafaji & Husseinawi (2023), Osman *et al* (2023) e Oyeboode *et al* (2023) exploram questões relacionadas à gestão e ao tratamento desses resíduos, examinando a eficácia das práticas de

coleta, segregação e eliminação, assim como seus impactos na saúde pública e no meio ambiente.

Complementando este pensamento, Santos, Gonçalves & Mol (2019), oferecem uma análise mais específica das estratégias de manejo de resíduos adotadas em ambientes hospitalares, evidenciando lacunas na triagem e no tratamento adequado, além de abordar desafios relacionados à formação dos colaboradores e à aderência às normativas governamentais. Essas interligações ressaltam a complexidade e a importância da gestão eficaz dos resíduos hospitalares, abrangendo aspectos como a produção, a regulação, as práticas de administração e os efeitos ambientais e sanitários associados.

Ahmad *et al* (2019), Dang, Dang & Tran (2021) e Mareai, Khafaji & Husseinawi (2023) oferecem uma visão sobre a quantidade e a natureza dos resíduos gerados por hospitais, identificando diferenças marcantes entre instituições públicas e privadas. Em geral, os hospitais públicos tendem a produzir uma quantidade significativamente maior de resíduos em comparação com os hospitais privados. Tais disparidades podem ser atribuídas não apenas às diferenças no volume de pacientes atendidos, mas também às variações nas práticas de gestão de resíduos e nas regulamentações aplicáveis a cada tipo de instituição. Além disso, os textos ressaltam as diferenças na composição dos resíduos, evidenciando a presença de resíduos perigosos em hospitais de maior porte e complexidade.

Já Mareai, Khafaji & Husseinawi (2023), Osman *et al* (2023) e Oyeboode *et al* (2023) aprofundam a discussão ao abordar questões relacionadas à gestão e ao tratamento dos resíduos hospitalares. Esses textos destacam a importância da implementação de práticas eficazes de coleta, segregação e eliminação de resíduos para mitigar os impactos negativos na saúde pública e no meio ambiente. Além disso, ressaltam a necessidade de conformidade com as normativas e regulamentações pertinentes para garantir a segurança e a eficácia dos processos de gestão de resíduos. No entanto, apontam também para desafios significativos, como a falta de recursos adequados, a capacitação insuficiente dos funcionários e a falta de conscientização sobre a importância da gestão adequada de resíduos.

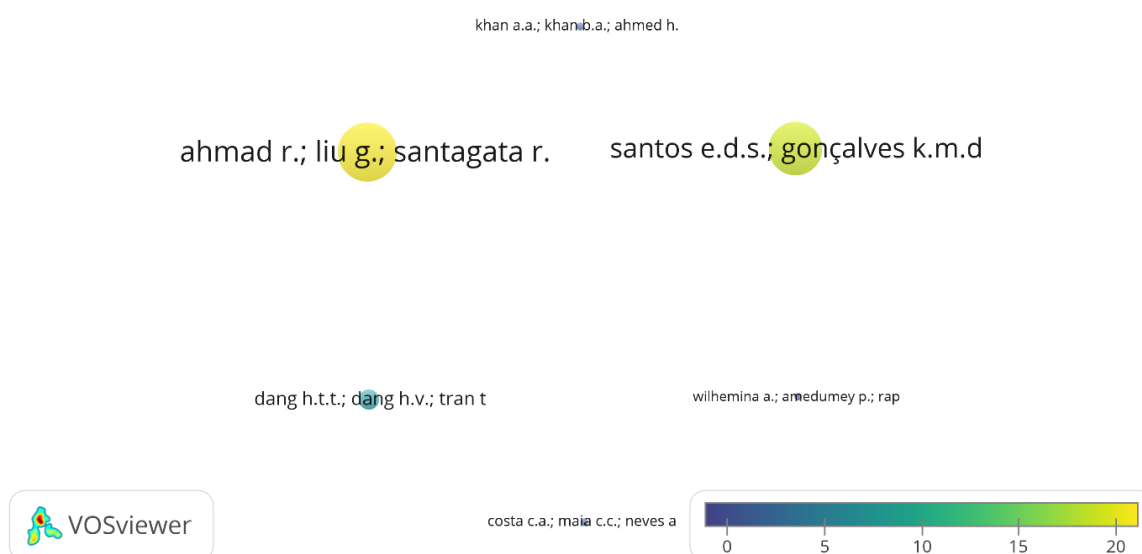
De acordo com Santos, Gonçalves & Mol (2019) que traz uma análise detalhada das práticas de gestão de resíduos em hospitais, destacando questões específicas relacionadas à triagem, tratamento e disposição final dos resíduos, identifica-se também a falta de triagem e tratamento adequados como uma preocupação central, bem como as limitações na capacitação dos funcionários responsáveis pela gestão de resíduos. Além disso, ressalta a importância da conformidade com as regulamentações governamentais para garantir a segurança e a eficácia dos processos de gestão de resíduos.

Costa *et al* (2019) oferecem uma perspectiva sobre as diferenças nos tipos de resíduos infecciosos gerados em diferentes categorias de hospitais, sugerindo padrões semelhantes de geração de resíduos infecciosos por categorias hospitalares, embora com algumas variações decorrentes da ampliação das atividades hospitalares. Por outro lado, Wilhemina, Amedumey & Raphael (2022) discutem a eficácia de diferentes sistemas de tratamento de resíduos, destacando a capacidade do sistema combinado de lodo ativado-biofiltro na remoção de antibióticos em níveis mais baixos em comparação com sistemas de lodo ativado individuais.

Essas conexões entre os textos destacam a complexidade e a importância da gestão eficaz dos resíduos sólidos hospitalares, enfatizando a necessidade de uma abordagem integrada que leve em consideração não apenas a quantidade e a natureza dos resíduos, mas também as práticas de gestão, os recursos disponíveis e os impactos ambientais e de saúde associados. Embora existam desafios significativos a serem enfrentados, uma abordagem proativa e baseada em evidências, é essencial para mitigar os impactos negativos dos resíduos hospitalares e promover práticas de gestão mais sustentáveis e seguras.

Observa-se uma variação de 1-20 citações (Figura 9). Também não se formaram redes de ligação entre os artigos. O diâmetro do círculo representa a quantidade de citações que o documento recebeu e as linhas representam as ocorrências de citações. Os trabalhos de mais citados, foram: Ahmad *et al* (2019) e Santos, Gonçalves & Mol (2019). Respectivamente com 20 e 18 menções.

Figura 9: Citações por documento relacionados a resíduos sólidos hospitalares.

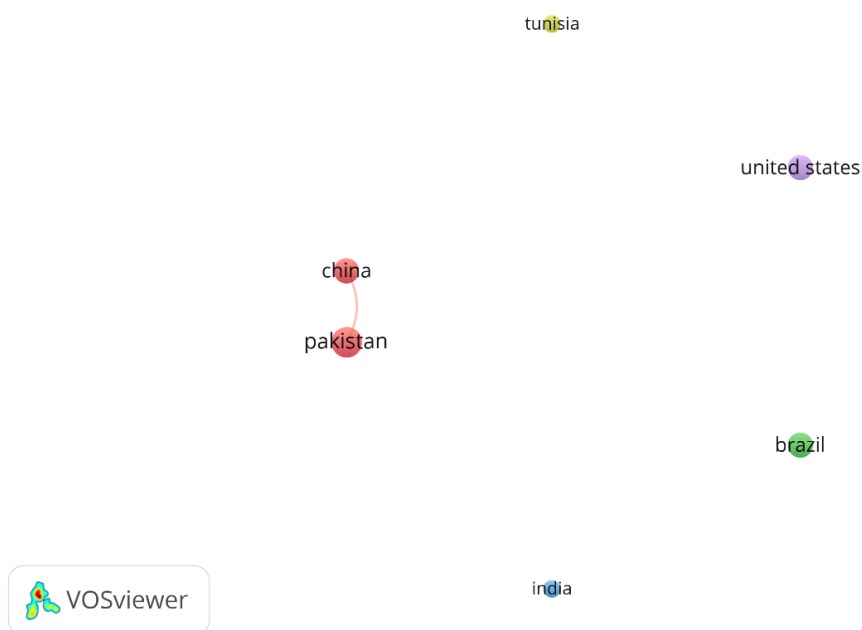


Fonte: O Autor (2024).

Os círculos coloridos presentes na Figura 10 exemplificam a quantidade de documentos que foram publicados pelas instituições daquele país. Uma relação direta proporcional é observada, onde o aumento do diâmetro do círculo reflete uma maior quantidade de artigos publicados na respectiva nação. As conexões representadas pelas linhas entre os círculos indicam colaborações estabelecidas entre autores de diferentes países.

A partir da Figura 10, observa-se que os países que mais publicam são Brasil, China e Paquistão com 2 publicações cada. Sendo o Brasil não publicou em conjunto com outros países, pois não formaram redes de conexão. O mesmo mapa também mostra 1 rede de pesquisadores da China e do Paquistão. Já os países com mais citações são: China (22); Paquistão (22); Brasil (20) e Estados Unidos (17).

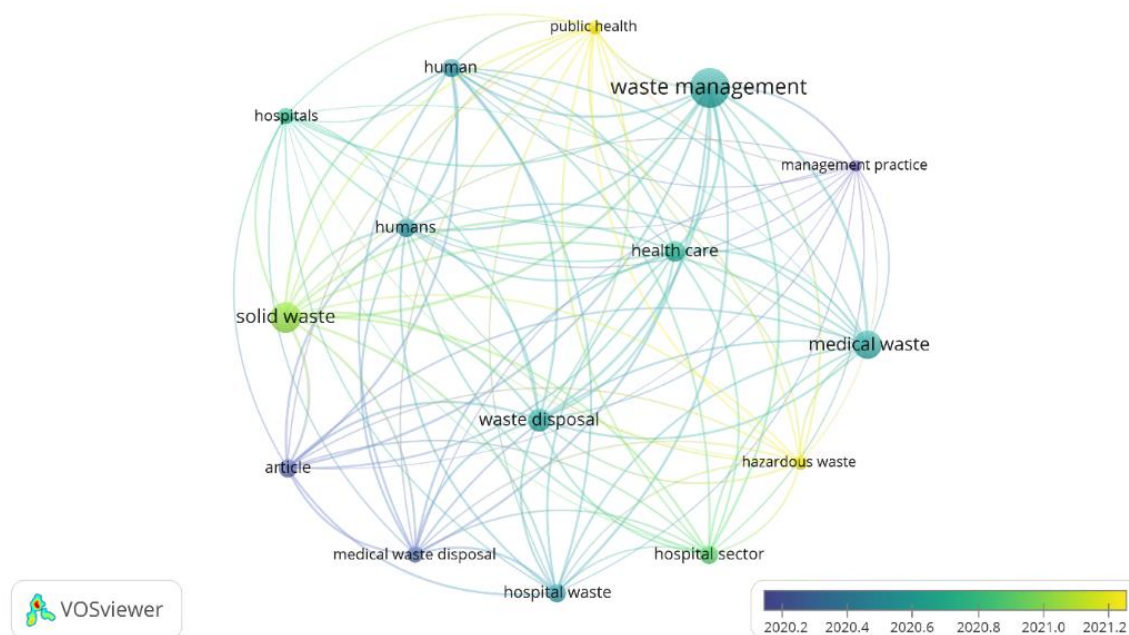
Figura 10: Publicações relacionadas a resíduos sólidos hospitalares por países.



Fonte: O Autor (2024).

Para elaboração do mapa da Figura 11, foi realizado um filtro, onde só entraram na análise no VOSviewer palavras com pelo menos 5 citações nos trabalhos. Observa-se que todas as palavras estão conectadas e a mais citada (17) foi *Waste Management*.

Figura 11: Palavras-Chave relacionadas a resíduos sólidos hospitalares.



Fonte: O Autor (2024).

5.2 Inventário de Ciclo de Vida

5.2.1 Setores da Unidade de Saúde

De acordo com Brasil (2022b), hospitais como a unidade de estudo, são classificados de média/alta complexidade por causa dos serviços altamente especializados oferecidos em instituições hospitalares e clínicas especializadas. Essa modalidade de assistência médica é focada em cuidados direcionados a áreas médicas específicas, tais como: pediatria; ortopedia; cardiologia; oncologia; neurologia; psiquiatria; ginecologia; oftalmologia e outras especialidades similares.

Já os estabelecimentos que contam com unidades de terapia intensiva (UTI) e complexos centros cirúrgicos, caracterizam-se como unidades de alta complexidade (BRASIL, 2022B). Estes hospitais englobam procedimentos que requerem tecnologia de ponta e altos investimentos, como: tratamentos oncológicos; procedimentos cardiovasculares; transplantes e partos de alto risco.

Após entrevista aos gestores, foi possível tabular os dados. No Quadro 5 estão os setores ligados a administração do hospital. Já a Quadro 6 mostra os setores ligados à procedimentos médicos e ambulatoriais.

Quadro 5: Setores administrativos.

QTD	SETORES
1	Área Administrativa
1	Apoio Operacional
1	Almoxarifado
1	Cozinha
1	Rouparia
1	ETE
1	Central de Resíduos
1	Central de GLP
1	Central de Ar-Condicionado
1	Central de Gases Medicinais
1	Subestação Elétrica

Fonte: O Autor (2024).

O Quadro 6 mostra os setores ligados à procedimentos médicos e ambulatoriais do hospital:

Quadro 6: Setores médicos e ambulatoriais.

QTD	SETORES
2	Internação Clínica Cirúrgica
2	Internação Clínica Cardiológica
2	Internação Clínica Médica
1	Internação Clínica Neurológica
1	Internação Clínica Oncológica
1	Internação Clínica Pediátrica
3	UTI
1	UTI Coronária
1	UTI Pediátrica
1	UTI SRAG
1	Bloco Cirúrgico
1	Hemodinâmico
1	Emergência Adulta

1	Emergência Pediátrica
1	Setor de Bioimagem
1	Laboratório
1	Central de Material Esterilizado
1	Ambulatório
1	Agência Transfusional (Sangue)
1	Unidade de Hemodiálise
1	Unidade Oncológica

Fonte: O Autor (2024).

Os setores administrativos e ambulatoriais do hospital desempenham funções distintas, mas igualmente essenciais, no funcionamento da instituição de saúde.

O setor administrativo é responsável pela gestão e organização geral do hospital. Isso inclui a supervisão de operações diárias, alocação de recursos, planejamento estratégico e desenvolvimento de políticas internas. Nesse setor, são realizadas atividades financeiras, como orçamento e contabilidade, a equipe administrativa trabalha para garantir que as operações financeiras estejam em conformidade com regulamentações e que os recursos sejam utilizados eficientemente.

No setor de gestão de pessoas, ocorre o recrutamento, treinamento, remuneração, desenvolvimento de carreira e cumprimento de regulamentações trabalhistas que são atribuições do setor administrativo. O abastecimento de materiais médicos, equipamentos e suprimentos também é uma responsabilidade do setor administrativo do hospital, isso inclui a gestão de estoque e a garantia de que os itens necessários estejam disponíveis para os diversos departamentos.

Já o setor ambulatorial, lida com os pacientes que não estão internados no hospital. Isso inclui consultas médicas, exames de diagnóstico, terapias e procedimentos que não requerem internação, assim como gerenciar as consultas, exames e outros serviços para os pacientes. Eles trabalham para otimizar o fluxo de pacientes e minimizar o tempo de espera para os serviços especializados, como cardiologia e outras áreas médicas. Esses serviços atendem a necessidades específicas dos pacientes.

Os setores administrativos e ambulatoriais do hospital desempenham papéis complementares para garantir que a instituição funcione de maneira eficiente. Proporcionando cuidados de saúde de qualidade aos pacientes. Ao mesmo tempo em que gerenciam as operações, finanças e aspectos logísticos da organização.

Como o foco da pesquisa é auxiliar o hospital na gestão ambiental, o setor escolhido para aplicação do questionário foi o de Apoio Operacional, ele é responsável pelos seguintes setores: Almoxarifado, que realiza a distribuição de todos os medicamento e insumos médicos; ETE, responsável pela Estação de Tratamento de Efluentes; Central de Resíduos, que recolhe, realiza a triagem e destinação de todos os resíduos; Central de GLP, que compra e gerencia o uso do GLP no hospital; Central de Ar-Condicionado, setor que consome muita energia elétrica; Central de Gases Medicinais, responsável pela geração e distribuição de gases utilizados no tratamento dos paciente e a Subestação Elétrica, que é um setor vital para o funcionamento de todos os equipamentos.

Nesse viés, foi realizada a entrevista com o responsável técnico do setor de Apoio Operacional, sem a necessidade de identificação dos entrevistados e nem identificação dos pacientes, uma vez que as perguntas foram direcionadas a administração do hospital. No levantamento de dados, após a escolha do setor a ser analisado, houve a entrevista ao gestor e os dados solicitados foram tabulados para formar o ICV. Ao interpretar os dados do ICV, foi possível verificar a presença de insumos líquidos e gasosos (Quadro 7):

Quadro 7: ICV dos principais itens do hospital.

Descrição	Quantidade	Unidade	Fluxo
Água	16.790	m ³ /ano	Entrada
Oxigênio Líquido	323.361	m ³ /ano	Entrada
GLP	36.215,2	kg/ano	Entrada
Oxigênio Gasoso	550	kg/ano	Entrada
Gás Hélio	0,1	m ³ /ano	Entrada
Energia Elétrica	4.610.647,05	kw/ano	Entrada

Fonte: O Autor (2024).

A composição gravimétrica foi determinada através do PGRSS do hospital, que estima a geração dos resíduos dos grupos A (15,06 %), B (0,58 %), D (83,64 %) e E (0,72 %). Sendo um pré-requisito para obtenção da licença ambiental (Quadro 8):

Quadro 8: ICV da geração de resíduos.

Descrição	Quantidade	Unidade	Fluxo
Grupo A	13.500	kg/ano	Saída
Grupo B	520	kg/ano	Saída
Grupo D	75.000	kg/ano	Saída
Grupo E	650	kg/ano	Saída
Transporte	120.080,64	tkm/ano	Entrada

Fonte: O Autor (2024).

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos hospitalares pode variar significativamente entre diferentes hospitais e regiões. Como no estudo de Souza, Morales & Alves (2020), que realizou a composição gravimétrica de uma unidade hospitalar no estado do Amazonas. Os resíduos gerados dos Grupos A, B, D e E em 2016 foram, respectivamente: 36 %; 0 %; 55 % e 9 %. Em 2017, após a implementação a análise gravimétrica e confecção do PGRSS, os resultados dos grupos A, B, D e E foram, respectivamente: 29 %, 0,30 %, 62 % e 8,7 %. Já o estudo de Sá & Fonseca-Zang (2020) analisou o período de 2014-2017 e apresentou os percentuais de 20,83% do grupo A, 0,57% ao B, 75,98% ao D e 2,63% ao E.

Os estudos refletem que as práticas locais de gestão de resíduos, o tipo de serviços de saúde prestados, como atendimento geral, especializado e cirúrgico podem alterar as composições gravimétricas, mas os resíduos comuns (grupo D), serão os mais gerados seguidos pelos grupos A, E e B. Portanto variações percentuais podem ocorrer entre diferentes unidades hospitalares e os dados da licença ambiental do hospital corroboram com os resultados da gravimetria de Moreira, Yamane & Siman (2015) na Figura 1.

Em relação ao transporte, ele é um parâmetro importante na análise, pois o modal rodoviário é um dos maiores emissores de gases do efeito estufa (ONU, 2020; ROCHA *et al*, 2023). Para isto, foi utilizado a unidade de medida em Toneladas*Quilômetros Rodados, do hospital até a central de triagem no município de Caruaru. Como ela fica a 9,3 Km de distância e os resíduos são coletados 3 vezes por semana, multiplicando o total percorrido do hospital até a central de resíduos pela massa total do resíduo, chega-se ao valor de 120080,64 TKm.

Já em relação a ETE, foram disponibilizados os resultados mensais dos exames laboratoriais, com parâmetros de saída da ETE. Estes dados foram tabulados e escolhidos de acordo com a média anual de geração (Quadro 9):

Quadro 9: ICV da ETE.

Descrição	Quantidade	Unidade	Fluxo
Energia Elétrica	11.520	kw/ano	Entrada
Cloro Desinfecção da Saída	2.400	kg/ano	Entrada
Cloro Residual Livre	2,01	kg/ano	Saída
DBO	1.298,83	kg/ano	Saída
DQO	3.679,41	kg/ano	Saída
Lodo	1.289,20	kg/ano	Saída
Metano	3.295,35	kg/ano	Saída

Fonte: O Autor (2024).

A partir destes dados, é possível afirmar que a manutenção de um reator anaeróbio UASB em um hospital é crucial para garantir seu funcionamento eficiente e seguro (MALEKI, MOMENI & MONAJEMI, 2022). Estas ETEs utilizam processos biológicos sem oxigênio para tratar o esgoto, são utilizadas bactérias que consomem os nutrientes do efluente, mas nem sempre podem ser eficientes. Como no estudo de Chaparro & Bayona (2021), que analisou o uso de um reator UASB e concluiu que o reator biológico utilizado não foi eficaz na remoção dos poluentes. Recomendando a adição de um processo oxidativo avançado para degradá-los, como o foto-fenton utilizado por Silva (2021).

Para Mydlarczyk, Haddad & Abdullah (2020), a gestão eficiente e o monitoramento constante são essenciais para garantir o tratamento eficaz do efluente e a Análise de Ciclo Vida desta operação pode quantificar seus impactos ao meio ambiente.

5.2.2 Análise de Incertezas

A partir da aplicação da Equação 1, foi possível determinar o desvio padrão para cada parâmetro do ICV. Assim como as pontuações atribuídas aos fatores pela Matriz Pedigree e a Incerteza Básica. A pontuação do Desvio Padrão reflete a incerteza percentual associada ao aspecto ambiental avaliado. De acordo com Baiochi & Silva (2021), a incerteza de parâmetro é elevada, pois está diretamente influenciada pela extensão da informação de incerteza fornecida pelas bases de dados, adaptações e estimativas necessárias. Por exemplo, uma pontuação de 1,1 para o desvio padrão indica uma incerteza de 10%. Desta forma, através da definição do Vetor Pedigree e da Incerteza básica, observou-se que as incertezas

dos parâmetros variaram entre 5 % e 10 % para as áreas hospitalares e administrativas (Quadro 10).

Quadro 10: Valores do Desvio Padrão para cada parâmetro avaliado no ICV das instalações administrativas e hospitalares.

Descrição	Quantidade	Unidade	U1	U2	U3	U4	U5	U6	UB	Desvio Padrão
Água	16.790	m³/ano	1	1	1	1	1	1,05	1,05	1,05
Oxigênio Líquido	323.361	m³/ano	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,1
GLP	36.215,2	kg/ano	1	1	1	1	1	1,1	1,5	1,1
Oxigênio Gasoso	550	kg/ano	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,1
Gás Hélio	0,1	m³/ano	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,1
Energia Elétrica	4.610.647,05	kw/ano	1	1	1	1	1	1,05	1,05	1,05

Fonte: O Autor (2024).

Este inventário foi o que apresentou as menores incertezas, isto ocorreu porque todos os parâmetros são materiais de primeira necessidade para as operações do hospital e sua movimentação de entrada e saída no estoque é atualizada diariamente. Logo, a qualidade dos dados é boa, pois representa bem a realidade de consumo. A variação das incertezas, dos dados do inventário, oscilou entre 5-10 %, ela ocorreu porque o volume de dados era tão grande que o gestor reduziu o número de amostras para poder repassar os valores a esta pesquisa. Já o inventário que reflete os resíduos dos grupos A, B, D e E, variaram 23 % e o transporte deste material ao local de disposição final apresenta 37 % de incerteza (Quadro 11).

Quadro 11: Valores do Desvio Padrão para cada parâmetro avaliado no ICV da Central de Resíduos Sólidos.

Descrição	Quantidade	Unidade	U1	U2	U3	U4	U5	U6	UB	Desvio Padrão
Grupo A	13.500	kg/ano	1,1	1,02	1	1	1	1,2	1,5	1,23
Grupo B	520	kg/ano	1,1	1,02	1	1	1	1,2	1,5	1,23
Grupo D	75.000	kg/ano	1,1	1,02	1	1	1	1,2	1,5	1,23
Grupo E	650	kg/ano	1,1	1,02	1	1	1	1,2	1,5	1,23
Transporte	120.080,64	tkm/ano	1,2	1,2	1	1	1	1,2	2	1,37

Fonte: O Autor (2024).

A variação de 23 % de todos os resíduos, pode ser explicada pela fonte de origem destes dados. Todos foram extraídos do licenciamento ambiental do hospital junto a CPRH. O transporte exibiu o maior valor porque foram dos extraídos através de pesquisa junto a empresa de coleta e destinação, não podendo afirmar a real fidedignidade destes dados.

Em relação aos parâmetros de DBO, DQO e Cloro Residual Livre, as incertezas foram de 7 %. A Energia Elétrica possui 20 %, o Cloro de Desinfecção 30 %. Já o Lodo e o Metano estão com os índices mais altos de incerteza, com 40 % (Quadro 12).

Quadro 12: Valores do Desvio Padrão para cada parâmetro avaliado no ICV da Estação de Tratamento de Efluentes.

Descrição	Quantidade	Unidade	U1	U2	U3	U4	U5	U6	UB	Desvio Padrão
Energia Elétrica	11.520	kw/ano	1	1,02	1	1	1	1,2	1,05	1,20
Cloro Desinfecção da Saída	2.400	kg/ano	1,2	1,02	1	1	1	1,2	1,05	1,30
Cloro Residual Livre	2,01	kg/ano	1,05	1	1	1	1	1,05	1,2	1,07
DBO	1.298,83	kg/ano	1,05	1	1	1	1	1,05	1,5	1,07
DQO	3.679,41	kg/ano	1,05	1	1	1	1	1,05	1,5	1,07
Lodo	1,05	kg/ano	1,2	1,05	1,1	1,02	1,2	1,2	1,5	1,40
Metano	1,05	kg/ano	1,2	1,05	1,1	1,02	1,2	1,2	1,2	1,40

Fonte: O Autor (2024).

O Inventário da ETE foi o que apontou a maior variação entre os 3 ICV. As incertezas variaram de 7-40 % (33 %). DBO, DQO e Cloro Residual Livre demonstraram que possuem os menores valores de incerteza porque são aferidos rotineiramente, com seus resultados guardados em local de fácil acesso e disponível para consulta. Já o Lodo e o Metano apresentam valores tão altos porque são dados extraídos da literatura, pois não existem dados no hospital sobre esta geração.

5.3 Análise de Ciclo de Vida

A simulação *software SimaPro* revelou uma série de resultados significativos sobre o desempenho ambiental do hospital. Entre os principais resultados destacam-se a identificação e quantificação dos impactos ambientais mais representativos. Os resultados podem trazer pequenas distorções em relação ao cenário real e precisam ser interpretadas pelo pesquisador

para a compreensão do fato. Estas distorções estão associadas a forma com o cálculo do *CML Baseline* e ao amplo inventário da base de dados (COSTA *et al*, 2021).

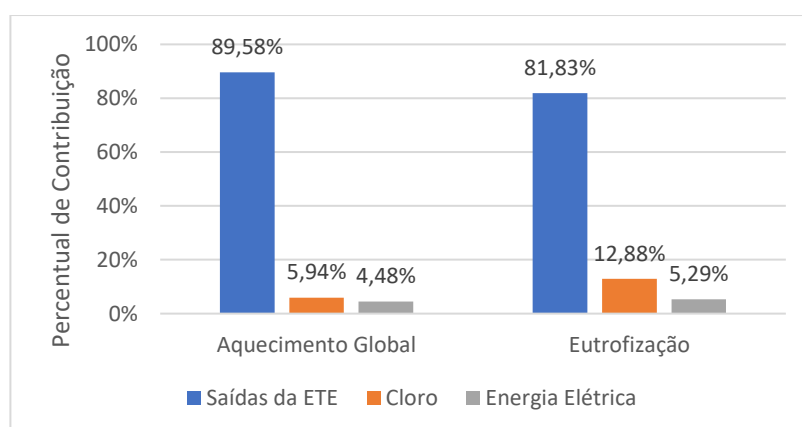
A Figura 12 e o Quadro 13 apresentam os resultados da Análise de Ciclo de Vida da estação de tratamento de efluentes, seguido das interpretações e lastreamento bibliográfico.

Quadro 13: ACV da Estação de Tratamento de Efluentes.

Categoria	Saídas da ETE	Cloro	Energia Elétrica	Total	Unidade
Aquecimento Global	5,49552	0,36435	0,274788	6,13465	kg CO ₂ eq
Eutrofização	0,00482	0,00076	0,00031188	0,00589	kg PO ₄ eq

Fonte: O Autor (2024).

Figura 12: Gráficos da ACV da Estação de Tratamento de Efluentes.



Fonte: O Autor (2024).

A ACV permitiu a identificação precisa das principais fontes de impacto ambiental ao longo de todo o ciclo de vida da ETE em 1 ano de operação. Como a análise é de “portão-a-portão”, a poluição do corpo receptor ainda não ocorreu. Desta forma, os resultados da simulação trazem os potenciais poluidores, no momento do contato imediato do efluente com corpo receptor. O método CML Baseline condensou os parâmetros de saída: DBO; DQO; Lodo e Metano em apenas 1 resultado, denominado “Saídas da ETE”. Já os parâmetros de entrada foram calculados individualmente e nomeados com seus respectivos nomes: “Cloro” e “Energia Elétrica”. O mesmo ocorreu com o estudo de Aguiar *et al* (2023), que também aplicou este método para analisar os impactos ambientais em uma ETE de uma lavanderia de beneficiamento de jeans.

Na categoria de Aquecimento Global, as Saídas da ETE apresentaram as maiores contribuições (89,58 %), porque está associado às altas taxas de geração de gás metano e

(ONU, 2022). De acordo com os estudos de Pinto *et al* (2022) e Sousa & Rizzatto (2022), as emissões do biogás causam poluição atmosférica), cuja composição possui 60% de metano (dependendo da eficiência do processo, o biogás chega a conter entre 60% e 70% de metano); 30-40% de dióxido de carbono e; até 10% de uma mistura de outros gases (hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, amônia, oxigênio e aminas voláteis). Desses, o metano junto com o gás carbônico é um dos principais Gases do Efeito Estufa (GEE) (SCHIRMER *et al*, 2022). Já as contribuições relativas as entradas de Cloro e Energia Elétrica apresentam valores menores, 5,94 % e 4,48 % respectivamente. Nesta categoria, com as fronteiras de “portão-a-portão”, os impactos da energia elétrica e pelo cloro dentro do processo são pequenos em relação àqueles que antecederam o processo.

A Eutrofização apresenta influências das Saídas da ETE (81,83 %), do Cloro (12,88 %) e da Energia Elétrica (5,29 %). Essa situação pode ser explicada pela extensa utilização de produtos químicos orgânicos nas operações diárias, que podem causar o enriquecimento do meio aquático (DUARTE & SILVA, 2020). Tal consumo energético indiretamente afeta o potencial de aquecimento global devido à liberação de dióxido de carbono proveniente da decomposição de plantas nas áreas alagadas das usinas hidrelétricas (AGUIAR *et al*, 2023). O cloro utilizado na desinfecção da saída, apesar de não contribuir com a eutrofização, pode, por meio da reação com outras substâncias presentes nos corpos hídricos, formar trihalometanos, (STEIN, 2020). De acordo com os estudos de Pinto & Balthazar (2020), ainda pode provocar nos seres humano câncer da bexiga, reto e pâncreas. Além do mais esses processos podem ter impactos negativos na qualidade da água e na saúde dos ecossistemas aquáticos.

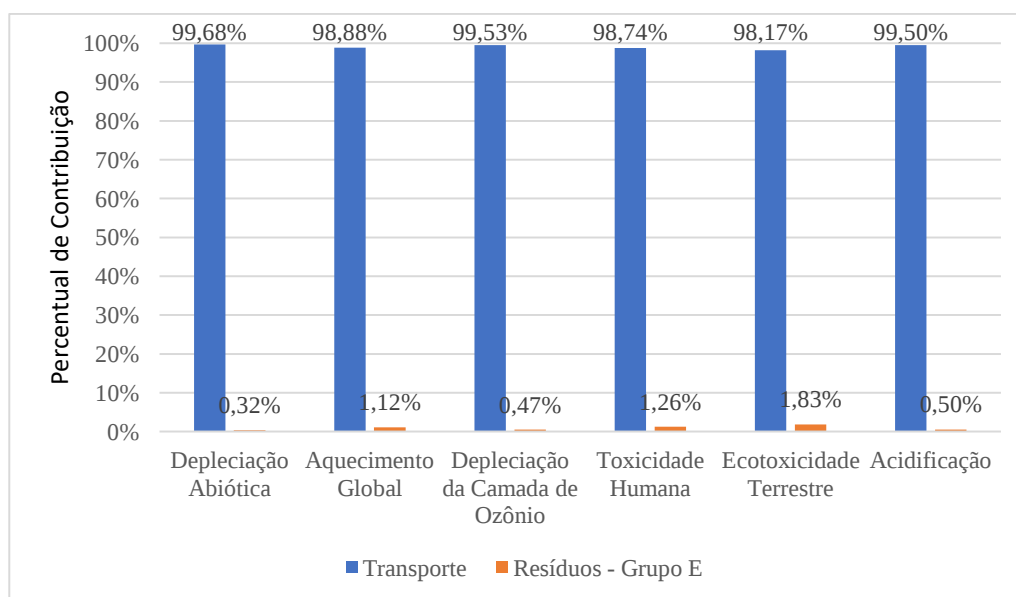
Já a Figura 13 e o Quadro 14 apresentam os resultados da simulação da central de resíduos do hospital:

Quadro 14: ACV da Central de Resíduos Sólidos.

Categoria	Transporte	Resíduos – Grupo E	Total	Unidade
Depleção Abiótica	2.082.520	6.590	2.089.110	mj
Aquecimento Global	152.106	1.724	153.830	kg CO ₂ eq
Depleção da Camada de Ozônio	0,02652	0,0001253	0,02664	kg CFC-11 eq
Toxicidade Humana	32.139,8	410	32.549,8	kg 1,4-db eq
Ecotoxicidade Terrestre	63,6614	1,187	64,8484	kg 1,4-db eq
Acidificação	711,755	3,605	715,36	kg SO ₂ eq

Fonte: O Autor (2024).

Figura 13: Gráficos da ACV da Central de Resíduos Sólidos.



Fonte: O Autor (2024).

Esta análise permitiu a identificação das fontes de impacto ambiental ao longo de todo o ciclo de vida da destinação dos resíduos sólidos do hospital ao longo de 1 ano de operação. Em todas as categorias de impacto, o transporte para a destinação final dos resíduos foi o maior contribuidor dos impactos ambientais, sempre acima de 95 %. Algo que se explica pelo fato dos resíduos, apesar de apresentarem alto potencial poluidor, estarem sendo descartados de forma adequada. Logo, as emissões causadas pelo transporte são principais causadoras de danos ao meio ambiente (ONU, 2022). O trabalho de Pinto *et al* (2020), corrobora com estes resultados, pois os veículos de transporte, especialmente os movidos a combustíveis fósseis, como os caminhões de “lixo”, liberam vários gases que acentua o efeito estufa, como dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos. Com exceção dos resíduos do grupo E, os demais não apresentaram impactos nesta simulação.

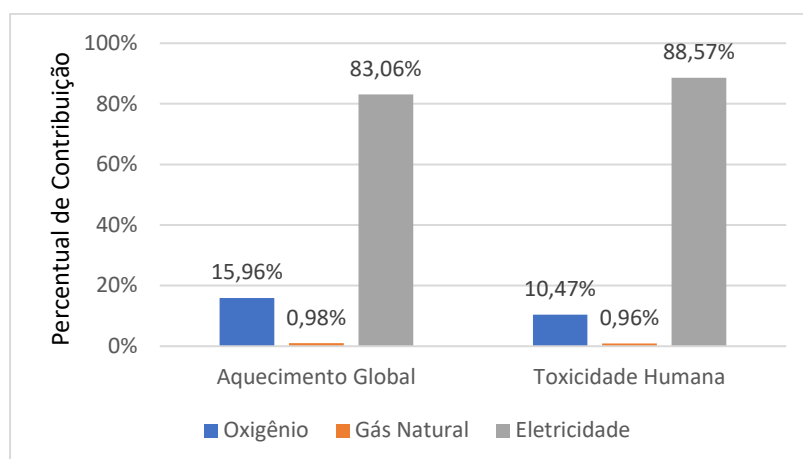
Agora, em relação as demais instalações do hospital, a Figura 14 e o Quadro 15 apresentam os resultados obtidos no *SimaPro*:

Quadro 15: ACV das Instalações Administrativas e Hospitalares.

Categoria	Oxigênio	Gás Natural	Eleticidade	Hélio	Total	Unidade
Aquecimento Global	354.891	21.649,4	1.846.540	0,84182	2.223.080	kg CO ₂ eq
Toxicidade Humana	146.241	13.327,5	1.236.940	0,48932	1.396.510	kg 1,4-db eq

Fonte: O Autor (2024).

Figura 14: Gráficos da ACV das Instalações Administrativas e Hospitalares.



Fonte: O Autor (2024).

A ACV permitiu a identifica  o precisa das principais fontes de impacto ambiental ao longo de todo o ciclo de vida das demais áreas do hospital em 1 ano de opera  o. Na categoria de Aquecimento Global, as emissões da Energia Elétrica apresentaram a maior contribui  o (83,06 %). Porque está associado ao alto consumo de máquinas e equipamentos médico-hospitalares 24h/dia (VIEIRA, 2022). O alto consumo de energia elétrica também    um problema em diversas unidades de saúde no país, isto vai de encontro    Brasil (2019), que busca reduzir o uso deste recurso através de boas práticas ambientais na gestão hospitalar. Já as contribui  es relativas as entradas de Oxi  nio Líquido e Gás Natural apresentam valores menores, 15,96 % e 0,98 % respectivamente.

A categoria de Toxicidade Humana apresentou valores similares a anterior, onde aumentou a participa  o da Energia Elétrica (88,57 %), reduziu a do Oxi  nio (10,47 %) e houve uma leve redu  o em Gás Natural (0,96 %). Com alta participa  o do fator energia elétrica, que pode ser explicado novamente em rela  o ao consumo dos equipamentos do hospital (BRASIL, 2019). As emissões do hélio e do oxigênio foram tão baixas (menor de 0,001%) que podem ser desprezadas em rela  o ao total.

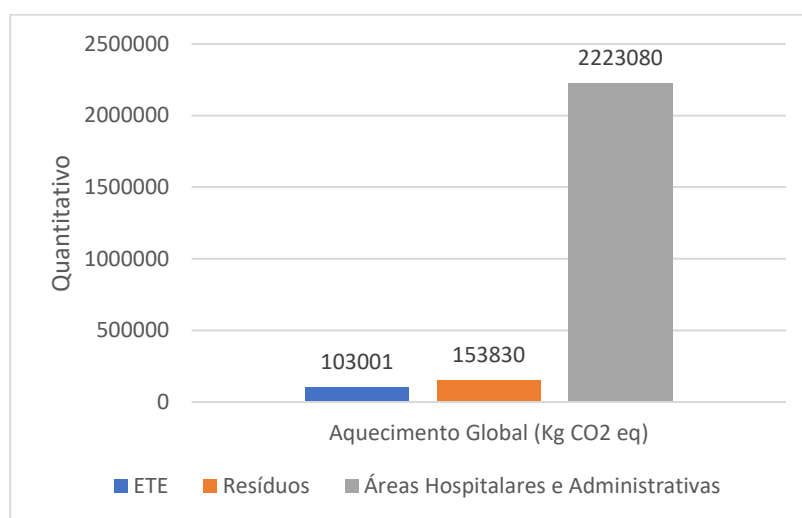
Nessa perspectiva, também foi feita uma ACV comparativa entre os 3 setores do hospital que são o foco desta pesquisa, ela permitiu a quantifica  o precisa dos impactos ambientais associados a cada etapa do ciclo de vida, possibilitando compara  es entre diferentes cenários (SOARES, MIYAMARU & MARTINS, 2017). Isso foi essencial para priorizar áreas de interven  o e identificar oportunidades de melhoria que poderiam resultar em redu  es significativas nos impactos ambientais. Para isto, foi selecionada a categoria de Aquecimento Global, pois foi estudada nos 3 cenários. Os resultados encontram-se na Figura 15 e no Quadro 16:

Quadro 16: ACV comparativa entre os 3 cenários.

Categoria	ETE	Resíduos	Áreas Hospitalares e Administrativas	Unidade
Aquecimento Global	103.001	153.830	2.223.080	kg CO ₂ eq

Fonte: O Autor (2024).

Figura 15: Gráficos da ACV comparativa entre os 3 cenários.



Fonte: O Autor (2024).

A simulação mostra que em todos os cenários analisados, as maiores contribuições para os impactos ambientais pertencem às instalações hospitalares e administrativas do hospital. Isso se deve ao elevado consumo de energia elétrica dos equipamentos e GLP, que superam significativamente os impactos gerados pela Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). O uso intensivo de energia elétrica é fundamental para o funcionamento dos equipamentos médicos, sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, além da iluminação necessária para a operação segura e eficiente do hospital com (GALVÃO *et al*, 2023). O GLP, por sua vez, é utilizado em diversas atividades, como cozinhas, contribuindo significativamente para a emissão de gases de efeito estufa.

A central de resíduos foi identificada como a segunda maior causadora dos impactos ambientais do hospital. Sua maior contribuição ocorreu na categoria de Aquecimento Global, principalmente devido ao transporte de resíduos (ABREU, 2023). A logística envolvida no transporte dos resíduos hospitalares para locais de tratamento ou disposição final implica no uso de veículos, que em sua maioria, consomem combustíveis fósseis, resultando na emissão de CO₂ e outros poluentes (CHEN & CASSANDRAS, 2020). Além disso, a gestão

inadequada ou insuficiente dos resíduos pode levar a problemas adicionais, como a contaminação do solo e da água, caso os resíduos não sejam devidamente tratados ou armazenados.

Por outro lado, a ETE é a que menos contribui para os impactos ambientais em todas as categorias avaliadas. Esta unidade, embora essencial para o tratamento adequado dos efluentes hospitalares, possui um impacto ambiental relativamente baixo em comparação com as outras áreas do hospital. Isso se deve, em parte, à eficiência dos processos de tratamento adotados, que conseguem minimizar a carga poluente dos efluentes antes de sua liberação no meio ambiente (AMARAL *et al*, 2021). A ETE desempenha um papel crucial na prevenção da contaminação hídrica e na proteção da saúde pública, ao garantir que os efluentes tratados atendam aos padrões regulamentares (AMARAL *et al*, 2021).

A análise dos dados de simulação permite concluir que as instalações hospitalares e administrativas, devido ao seu alto consumo de energia elétrica e GLP, são as principais áreas que requerem intervenções para reduzir os impactos ambientais. Segundo Roza *et al* (2023), políticas de eficiência energética, como o A3P que incentivam:

- A implementação de sistemas de iluminação LED;
- O uso de equipamentos médicos mais eficientes;
- A adoção de práticas de gerenciamento de energia;
- Uso de energias renováveis (Energia Solar utilizando Placas Fotovoltaicas).

Estas ações praticamente eliminariam os impactos do uso da Energia Elétrica, pois podem contribuir significativamente para a redução do consumo e consequentemente, das emissões associadas (ROZA *et al*, 2023).

Para a central de resíduos, a otimização do transporte de resíduos é uma área crítica. A adoção de veículos de transporte mais eficientes, como aqueles movidos a eletricidade ou biocombustíveis, pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa (ROCHA *et al*, 2024). Além disso, a implementação de programas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos pode minimizar a quantidade de resíduos gerados e, portanto, reduzir a necessidade de transporte e tratamento.

No caso da ETE, embora os impactos sejam menores, ainda é importante manter e aprimorar as tecnologias, com ênfase especial no aproveitamento do biogás gerado pelo tratamento dos efluentes. Atualmente ele não é aproveitado pela unidade hospitalar, mas pode ser utilizado como uma fonte de energia renovável para a aumentar a eficiência energética

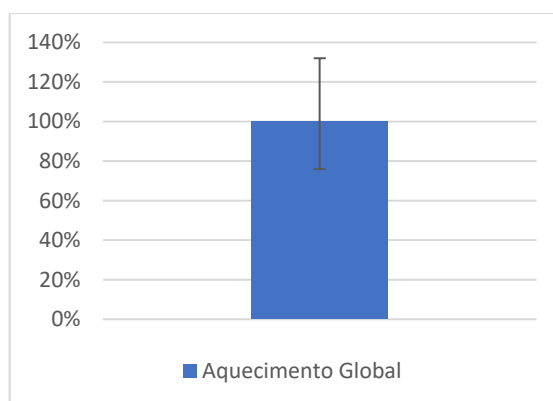
(CAVALCANTI *et al*, 2020). Para assegurar a máxima eficiência deste setor, é necessário investir continuamente em inovação tecnológica e em processos de tratamento avançados. Esses investimentos podem não apenas reduzir ainda mais os impactos ambientais da ETE, mas também transformar a gestão de efluentes em uma fonte de energia sustentável, promovendo uma operação mais ecológica e eficiente.

Com base nos resultados da ACV, foram identificadas várias oportunidades de melhoria em diferentes estágios do ciclo de vida. Isso incluiu a otimização de processos para reduzir o consumo de energia elétrica e o reuso de água. Assim como foi proposto no estudo de Seifert & Guenther (2020), verificar, com a empresa que recolhe os resíduos, a possibilidade de implementar práticas de transporte mais eficientes, para minimizar as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a adoção de materiais alternativos mais sustentáveis para reduzir a pegada ecológica.

5.3.1 Análise da Incerteza Absoluta

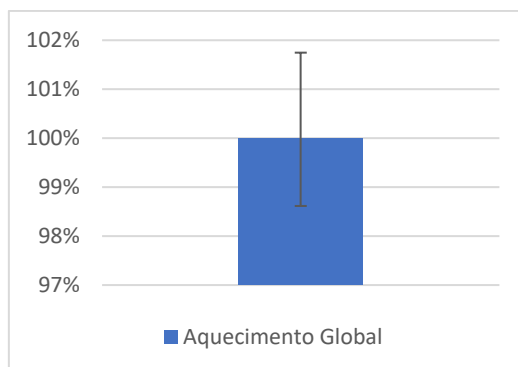
Os resultados obtidos com a técnica de Monte Carlo revelam a incerteza absoluta na descrição do inventário nos 3 cenários, referentes a categoria de Aquecimento Global. O valor das barras em 100 % representa o resultado da ACV presentes na Figura 16 para a Central de Resíduos; Figura 17 para a ETE e Figura 18 para as áreas Administrativas e Hospitalares. As linhas verticais representam o intervalo de confiança de 95%, ou seja, 95% dos dados estão contidos nesse intervalo.

Figura 16: Incerteza Absoluta do Inventário da Central de Resíduos Sólidos para a caracterização.



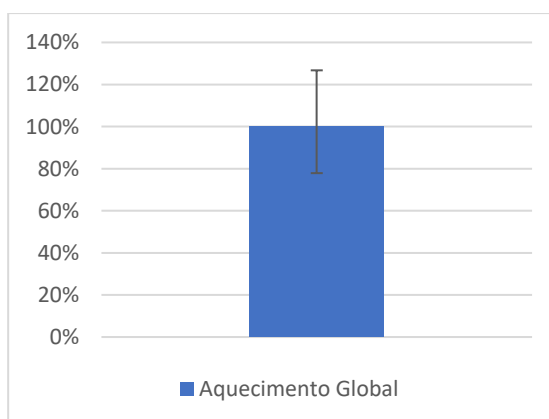
Fonte: O Autor (2024).

Figura 17: Incerteza Absoluta do Inventário da Estação de Tratamento de Efluentes para a caracterização.



Fonte: O Autor (2024).

Figura 18: Incerteza Absoluta do Inventário das Áreas Administrativas e Hospitalares para a caracterização.



Fonte: O Autor (2024).

Nas Figuras 16, 17 e 18, evidencia-se que a menor fonte de incerteza se encontra no cenário da ETE. A categoria exibe um grau menor de incerteza devido a qualidade dos dados, pois são aferidos periodicamente. Os resultados do cenário da Central de Resíduos vão de encontro ao estudo de Ferreira & Neto (2022), que avaliou os impactos ambientais da coleta, transporte e disposição dos resíduos e encontrou valores similares ao desta pesquisa. Assim como o de Lopes (2014) que também apresentou valores de incerteza inferiores aos demais.

5.4 Proposta de indicadores para a gestão ambiental eficiente da unidade hospitalar

5.4.1 Pesos

Todos os indicadores possuem a mesma característica: quanto maior for o seu valor no índice, melhor será avaliado este indicador. Assim, foi possível hierarquizar os pesos de acordo com as preferências do gestor e quantificá-los através da Equação 6 (Quadro 17):

Quadro 17: Pesos dos indicadores pela metodologia ROC.

Indicador	Peso	Indicador	Peso
ICRS	0,611111	IPGRSS	0,292897
		ICF	0,192897
		IIRS	0,142897
		ICTI	0,109563
		ISARS	0,084563
		IARS	0,064563
		ICC	0,047897
		IDRS	0,033611
		IAIT	0,021111
		ICTE	0,01
IETE	0,277778	ITE	0,456667
		IDQO	0,256667
		IDBO	0,156667
		IDP	0,09
		IM	0,04
IGA	0,111111	IPRA	0,456667
		IRL	0,256667
		IRA	0,156667
		IRE	0,09
		IRI	0,04

Fonte: O Autor (2024).

O indicador mais relevante para o gestor é o Indicador da Central de Resíduos Sólidos (ICRS), com uma ponderação de 61,11%. Isso o coloca em destaque entre os três indicadores propostos, evidenciando sua preeminência na gestão ambiental da unidade de saúde. No ICRS, os subindicadores mais importantes são o Subindicador do Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Saúde (IPGRSS) e o Subindicador da Capacitação do Funcionários sobre Resíduos Sólidos de Saúde (ICF), ressaltando a importância crucial da execução adequada do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Saúde (PGRSS). O PGRSS é um documento obrigatório que deve ser apresentado ao órgão de licenciamento ambiental, sendo essencial para garantir a conformidade com as normas vigentes (BRASIL, 2004; BRASIL, 2005).

Além disso, a capacitação dos colaboradores para a correta execução do PGRSS é fundamental. De acordo com Santos, Gonçalves & Mol (2019) essa preparação não apenas assegura o cumprimento das normas, mas também contribui para a eficiência operacional e a

minimização dos riscos ambientais associados ao manejo inadequado dos resíduos. Esses dois subindicadores representam praticamente 50% do peso total do ICRS, reforçando a sua importância estratégica na gestão ambiental da unidade de saúde.

Por outro lado, o Subindicador do Armazenamento Interno Temporário dos Resíduos Sólidos de Saúde (IAIT) e o Subindicador da Coleta e Transporte Externo dos Resíduos Sólidos de Saúde (ICTE) ocupam as posições de penúltimo e último lugar na prioridade do gestor, respectivamente. Esses subindicadores destacam que a administração está mais concentrada nos possíveis impactos ambientais diretos dentro da unidade de saúde, e menos focada na gestão integrada com os *stakeholders* externos. Ao traçar um paralelo com Seifert & Guenther (2020) pode-se afirmar que a colaboração com partes interessadas fora da unidade, como fornecedores e parceiros de gestão de resíduos, não está sendo considerada uma prioridade.

O armazenamento temporário dos resíduos também está em uma posição inferior no ranking de prioridades. Segundo Santos, Gonçalves & Mol (2019) este aspecto pode indicar uma área potencial de melhoria, visto que o armazenamento adequado é vital para evitar contaminações e outros riscos ambientais.

Vale mencionar que a gestão ambiental integrada enfrenta desafios semelhantes em hospitais europeus, conforme observado no estudo de Seifert, Damert & Guenther (2020). Esse estudo revela que muitos hospitais enfrentam dificuldades em harmonizar a gestão interna com as exigências externas, destacando a complexidade da gestão ambiental no setor de saúde.

A unidade de saúde desta pesquisa apresenta características de um hospital tradicionalista em relação à gestão ambiental. Enquanto dá ênfase significativa à conformidade com regulamentos internos e ao manejo de resíduos, a integração com *stakeholders* externos e a inovação em práticas de gestão ambiental ainda não são prioridades evidentes (SEIFERT & GUENTHER, 2020). Este cenário sugere uma oportunidade para evoluir para uma abordagem mais holística e integrada, visando não apenas a conformidade regulatória, mas também a excelência em sustentabilidade ambiental.

Para o IETE (27,77 %), o segundo indicador com maior peso, o maior subindicador foi o ITE, com 45,66 % de contribuição neste indicador, que é um tratamento obrigatório pela legislação ambiental (BRASIL, 2011B). Já o menor peso destes subindicadores, é do IM (4 %), pois é uma responsabilidade terceirizada a uma empresa privada.

No último indicador, o Indicador de Gerenciamento Ambiental (IGA), que possui o menor peso total de 11,11%, os subindicadores seguem a mesma distribuição de pesos

observada no IETE. O subindicador mais significativo é o Subindicador da Gestão dos Perigos e Riscos Ambientais dentro do Hospital (IPRA), também com 45,66% de contribuição. Este índice alinha-se com Srivastava & Rawal (2021), que reflete a importância do planejamento estratégico e da responsabilidade ambiental na gestão da unidade de saúde, destacando ações e políticas que promovem a sustentabilidade.

Em contrapartida, o subindicador menos relevante no IGA é o Subindicador de Iniciativas para Prática do Uso Racional dos Demais Insumos (IRI), com apenas 4% de contribuição. Este índice pode estar relacionado à implementação de práticas e políticas internas que, apesar de essenciais, têm menor peso comparativo na avaliação geral do IGA. A baixa contribuição do IRI pode sugerir que há uma percepção de que as ações internas, são complementares às estratégias mais amplas de planejamento e responsabilidade ambiental.

A análise dos pesos e contribuições dos subindicadores dentro do IETE e do IGA revela uma ênfase significativa nas áreas de tratamento de efluentes e planejamento ambiental, conforme exigido pela legislação vigente. Ao mesmo tempo, aspectos como monitoramento e responsabilidade interna, embora essenciais, têm uma menor contribuição relativa, refletindo suas estruturas de gestão terceirizada ou complementar.

5.4.2 Indicadores

A partir das respostas do gestor (Apêndice E), foi possível calcular o valor dos indicadores e subindicadores. Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 18:

Quadro 18: Valor dos indicadores.

Indicador	Nota	Indicador	Peso	Nota do Indicador	Indicador	Peso	Nota do Indicador
IAH	4,74179	ICRS	0,611111	4,957777778	IPGRSS	0,2929	5
					ICF	0,1929	5
					IIRS	0,1429	5
					ICTI	0,10956	5
					ISARS	0,08456	5
					IARS	0,06456	5
					ICC	0,0479	5
					IDRS	0,03361	5
					IAIT	0,02111	3
					ICTE	0,01	5

		Indicador	Peso	Nota do Indicador	Indicador	Peso	Nota do Indicador
		IETE	0,27778	4,496666667	ITE	0,45667	5
					IDQO	0,25667	4
					IDBO	0,15667	4
					IDP	0,09	4
					IM	0,04	5
		IGA	0,11111	4,166666667	IPRA	0,45667	4
					IRL	0,25667	5
					IRA	0,15667	4
					IRE	0,09	3
					IRI	0,04	4

Fonte: O Autor (2024).

Observa-se que o Indicador Ambiental Hospitalar (IAH) alcançou uma excelente avaliação na escala adotada, atingindo 93,54%. Esse resultado positivo se deve à alta avaliação dada pelo gestor, refletindo uma percepção de eficiência e conformidade nas práticas hospitalares. Além do IAH, outros indicadores também apresentaram altos valores na escala, destacando-se o Indicador da Central de Resíduos Sólidos (ICRS) com 98,94%, o Indicador da Estação de Tratamento de Efluentes (IETE) com 87,42% e o Indicador de Gestão Ambiental (IGA) com 79,17%. Esses valores indicam um desempenho robusto em áreas críticas da gestão ambiental e operacional da unidade de saúde.

Os subindicadores com as menores notas foram o Subindicador do Armazenamento Interno Temporário dos Resíduos Sólidos de Saúde (IAIT) e o Subindicador de Iniciativas para Prática do Uso Racional de Energia Elétrica (IRE), ambos recebendo nota 3 do gestor. Dentro da escala adotada, essa nota equivale a um resultado mediano ou regular. No entanto, a influência desses subindicadores no resultado geral é reduzida devido ao seu baixo peso relativo, sendo 2,11% para o IAIT e 9% para o IRE. Essa baixa influência implica que, embora tenham recebido avaliações medianas, seu impacto no desempenho global da unidade de saúde é limitado (ROCHA, 2019).

Por outro lado, o Subindicador da Gestão dos Perigos e Riscos Ambientais Dentro do Hospital (IPRA), que recebeu nota 4, possui o maior peso dentro do IGA. Isso sinaliza um ponto crítico de melhoria dentro deste indicador. Sugerindo que esforços adicionais no planejamento e na responsabilidade ambiental, assim como no estudo de Mazar *et al* (2019),

podem elevar significativamente a performance geral do IGA. Dentro dos critérios do IETE, o Subindicador da Redução de DQO (IDQO) apresenta a maior oportunidade de melhoria, pois, embora tenha recebido a menor nota (4), é o subindicador com o maior peso relativo. Segundo Pirsahab *et al* (2020), melhorias neste aspecto poderiam, portanto, ter um impacto positivo substancial na eficiência do tratamento de efluentes.

Ao comparar os resultados da Análise do Ciclo de Vida (ACV) com os indicadores, observa-se que as áreas administrativas e hospitalares são as que apresentam os maiores impactos ambientais. Curiosamente, essas áreas também apresentam o menor índice de preferência entre a gestão, com um peso de apenas 11,11%. Este dado destaca uma dissonância entre a percepção de importância e a realidade dos impactos ambientais, que segundo a ABNT (2009a), sugere a necessidade de uma mudança de visão dentro da unidade de saúde.

Uma abordagem mais integrada à gestão dos processos e rotinas administrativas, aliada às boas práticas ambientais, pode promover melhorias significativas. Essa gestão integrada deve envolver todos os *stakeholders*, assegurando que as práticas ambientais sejam incorporadas de forma eficaz em todas as atividades da unidade de saúde. Adotar uma visão mais abrangente e colaborativa pode não apenas melhorar os indicadores de desempenho ambiental, mas também promover uma cultura de sustentabilidade que beneficia a organização como um todo (SEIFERT, DAMERT & GUENTHER, 2020; SEIFERT & GUENTHER, 2020).

5.4.3 Análise de Sensibilidade

Valores tão altos nos indicadores podem passar a sensação que os processos não precisam de melhorias. Por isso é necessário realizar a análise de sensibilidade das alternativas do estudo. No estudo de Furetti (2021), foi relatado pelo decisor a dificuldade para alocar pesos aos critérios, o que levou a igualar os pesos e verificar se haveria mudanças significativas nos resultados. De forma análoga, os pesos dos indicadores foram ajustados igualitariamente e logo após, os pesos dos subindicadores também foram igualados (Quadro 19 e Quadro 20). A fim de notar possíveis mudanças nos resultados, será possível identificar quais são os indicadores e subindicadores que alteraram o valor (ARAGÃO, SILVA & GARCEZ, 2022):

Quadro 19: Valor dos indicadores com pesos parcialmente igualitários.

Indicador	Nota	Indicador	Peso	Nota do Indicador	Indicador	Peso	Nota do Indicador
IAH	4,494967	ICRS	0,33	4,957777778	IPGRSS	0,2929	5
					ICF	0,1929	5
					IIRS	0,1429	5
					ICTI	0,10956	5
					ISARS	0,08456	5
					IARS	0,06456	5
					ICC	0,0479	5
					IDRS	0,03361	5
					IAIT	0,02111	3
					ICTE	0,01	5
		Indicador	Peso	Nota do Indicador	Indicador	Peso	Nota do Indicador
		IETE	0,33	4,496666667	ITE	0,45667	5
					IDQO	0,25667	4
					IDBO	0,15667	4
					IDP	0,09	4
					IM	0,04	5
		Indicador	Peso	Nota do Indicador	Indicador	Peso	Nota do Indicador
		IGA	0,33	4,166666667	IPRA	0,45667	4
					IRL	0,25667	5
					IRA	0,15667	4
					IRE	0,09	3
					IRI	0,04	4

Fonte: O Autor (2024).

Quadro 20: Valor dos indicadores com pesos igualitários.

Indicador	Nota	Indicador	Peso	Nota do Indicador	Indicador	Peso	Nota do Indicador
IAH	4,356	ICRS	0,33	4,8	IPGRSS	0,1	5
					ICF	0,1	5
					IIRS	0,1	5
					ICTI	0,1	5
					ISARS	0,1	5
					IARS	0,1	5

					ICC	0,1	5
					IDRS	0,1	5
					IAIT	0,1	3
					ICTE	0,1	5
		Indicador	Peso	Nota do Indicador	Indicador	Peso	Nota do Indicador
		IETE	0,33	4,4	ITE	0,2	5
					IDQO	0,2	4
					IDBO	0,2	4
					IDP	0,2	4
					IM	0,2	5
		Indicador	Peso	Nota do Indicador	Indicador	Peso	Nota do Indicador
		IGA	0,33	4	IPRA	0,2	4
					IRL	0,2	5
					IRA	0,2	4
					IRE	0,2	3
					IRI	0,2	4

Fonte: O Autor (2024).

Na primeira análise (Quadro 19), a nota do IAH reduziu de 4,74 (93,54 %) para 4,49 (87,25 %) que é explicado pelo aumento dos pesos dos indicadores de IETE e IGA, onde a unidade de saúde conseguiu as menores notas. Agora, com a alteração nos pesos dos subindicadores (Quadro 20), a nota de todos os indicadores reduziu. O IAH reduziu para 4,356 (83,90 %), o ICRS foi de 4,95 (98,75 %) para 4,80 (95 %); o IETE de 4,49 (87,25 %) para 4,40 (85 %) e o IGA de 4,16 (79 %) para 4 (75 %). É possível observar que o IGA apresentou os menores valores em todos os cenários e dentro deste indicador, o IRE apresenta a menor nota. Desta maneira, a gestão deve propor medidas corretivas para aumentar as notas deste indicador, como:

- Capacitação e Treinamento: Implementar programas de capacitação e treinamento contínuo para colaboradores, com foco nas melhores práticas de gestão ambiental e na importância da responsabilidade externa;

- Monitoramento e Avaliação Contínuos: Estabelecer um sistema de monitoramento contínuo para avaliar regularmente o desempenho dos indicadores e subindicadores, permitindo ajustes rápidos e eficazes conforme necessário;
- Engajamento dos *Stakeholders*: Envolver todos os *stakeholders* na definição e avaliação dos indicadores, garantindo que os pesos atribuídos reflitam a realidade e as necessidades de todos os envolvidos (SEIFERT, DAMERT & GUENTHER, 2020);
- Investimento em Tecnologias Sustentáveis: Investir em tecnologias e práticas sustentáveis que possam melhorar o desempenho ambiental da unidade de saúde, especialmente nas áreas identificadas como críticas;
- Aperfeiçoamento dos Processos Internos: Revisar e otimizar os processos internos para aumentar a eficiência e reduzir os impactos ambientais, focando nas áreas com menores notas.

6. CONCLUSÃO

A revisão da literatura permitiu a compreensão das melhores práticas e tendências atuais em gestão ambiental hospitalar, fundamentando a formulação do estado da arte que contribuirá para a disseminação do conhecimento nessa área, em relação aos países. São eles: os países asiáticos, China, Tailândia e Paquistão. Estes, foram os que mais publicaram nas 3 temáticas do estudo, fato ocasionado pelos elevados investimentos da iniciativa pública e privada em pesquisa.

No ICV foi possível identificar as características dos insumos e resíduos do hospital, como a composição gravimétrica grupos A – 13.500 kg/ano (15,06 %), B – 520 kg/ano (0,58 %), D – 75.000 kg/ano (83,64 %) e E – 650 kg/ano (0,72 %), sendo que variações percentuais podem ocorrer entre diferentes unidades hospitalares, mas através da definição do Vetor Pedigree e da Incerteza básica, foi encontrado que a incerteza dos dados variaram entre 5 % e 10 % para as áreas hospitalares e administrativas, 23 % e 37 % para central de resíduos, parâmetros variaram entre 7 % e 40 % para a ETE.

Em todos os cenários da ACV, os maiores impactos ambientais estão nas instalações hospitalares e administrativas do hospital, isso se deve ao elevado consumo de energia elétrica dos equipamentos que é fundamental para o funcionamento dos equipamentos médicos, sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado. Em relação à categoria de Aquecimento Global, as emissões de CO₂, nas Saídas da ETE apresentaram as maiores contribuições, com 103.001 kg CO₂ eq (89,58 %), pois está associado às altas taxas de geração de gás metano, já a central de resíduos mostrou que o transporte para a destinação final dos resíduos foi o maior contribuidor dos impactos ambientais, com 153.830 kg CO₂ eq acima de 95 %, pois a emissão de GEE pelo transporte do resíduo é o principal causador danos ao meio ambiente nesta categoria, já para as demais áreas do hospital, as emissões da Energia Elétrica foram de 2.223.080 kg CO₂ eq (83,06 %), porque está associado ao uso ininterrupto de máquinas e equipamentos médico-hospitalares.

Com relação a proposta de indicadores de gestão ambiental hospitalar, o mais relevante para o gestor é o Indicador da Central de Resíduos Sólidos, com uma ponderação de 61,11%. No ICRS, os subindicadores mais importantes foram os subindicadores do Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Saúde e da Capacitação do Funcionários sobre Resíduos Sólidos de Saúde, ressaltando a importância da execução adequada do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Saúde. O Indicador Ambiental Hospitalar alcançou 93,54 % da nota máxima na escala adotada, esse resultado positivo se deve à alta avaliação

dada pelo gestor, refletindo uma percepção de eficiência e conformidade nas práticas hospitalares. Já os outros indicadores também apresentaram altos valores, destacando-se o Indicador da Central de Resíduos Sólidos, com 98,94%, o Indicador da Estação de Tratamento de Efluentes, com 87,42% e o Indicador de Gestão Ambiental com 79,17%. Ao comparar os resultados da Análise do Ciclo de Vida com os indicadores, áreas administrativas e hospitalares apresentam os maiores impactos ambientais, mas possuem o menor índice de preferência entre a gestão, com peso 11,11%, destacando uma dissonância entre a percepção de importância e a realidade dos impactos ambientais, havendo a necessidade de uma mudança de visão dentro da unidade de saúde.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12808:2020 - Resíduos de serviços de saúde – Plano de gerenciamento de resíduos de serviço de saúde – Requisitos. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001:2015 - Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS Técnicas. NBR ISO 14040:2009 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044:2009 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009b.

ABREU, V. H. S. Logística urbana: tendências atuais, eletrificação do transporte urbano de carga e impacto da pandemia do COVID-19. IBTS, 1 ed, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://encurtador.com.br/9Yfbv>. Acesso em: 8 jun 2024.

AGUIAR, G. J. A.; ALMEIDA, L. R.; FERNANDES, B. S.; GAVAZZA, S.; SILVA, G. L.; MACHADO SANTOS, S. Use of life cycle assessment as a tool to evaluate the environmental impacts of textile effluents: a systematic review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 1, p. 1-16, 2023.

AHMAD, R.; LIU, G.; SANTAGATA, R.; CASAZZA, M.; XUE, J.; KHAN, K.; NAWAB, J.; ULGIATI, S.; LEGA, M. LCA of hospital solid waste treatment alternatives in a developing country: The case of District Swat, Pakistan. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11133501>.

ALHARBI, N. S.; ALHAJI, J. H.; QATTAN, M. Y. Toward sustainable environmental management of healthcare waste: A holistic perspective. *Sustainability (Switzerland)*, v. 13, n. 9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13095280>.

ALSAWAFI, A.; LEMKE, F.; YANG, Y. The impacts of internal quality management relations on the triple bottom line: A dynamic capability perspective. *International Journal of Production Economics*, v. 232, 2021.

AMARAL, K. G. C.; SOARES, J. S.; RIETOW, J. C.; AISSE, M. M. ACV ambiental de ETE que emprega lodos ativados como pós tratamento de reator UASB. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 3, p. 312-322, 2021. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.003.0026.

ARAGÃO, J. V. S.; SILVA, G. L.; GARCEZ, T. V. Análise da Criticidade do Trânsito em Caruaru-PE Através da Metodologia Promethee-ROC. *XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.14488/ENEGEP2022_TN_ST_389_1931_43339.

ATIA, N. G.; BASSILY, M. A.; ELAMER, A. A. Do life-cycle costing and assessment integration support decision-making towards sustainable development? *Journal of Cleaner Production*, v. 267, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122056>.

BAIOCHI, A. G.; SILVA, V. G. Análise de incerteza de parâmetros com base em processos críticos em avaliação do ciclo de vida de edificações. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v. 12, p. e021027-e021027, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v12i00.8661478>.

BONFIM, G. M.; Vasconcelos, P. S.; Nogueira, M. A. F. S. Implantação do sistema de gestão ambiental como instrumento educacional na UFGD. *Revista DELOS*, v. 13, n. 37, p. 374-391, 2020.

BOUCHER, V.; BEAUDON, M.; RAMIREZ, P.; LEMOINE, P.; VOLK, K.; YARGEAU, V.; SEGURA, P. A. Comprehensive evaluation of non-catalytic wet air oxidation as a pretreatment to remove pharmaceuticals from hospital effluents. *Environmental Science: Water Research and Technology*, v. 7, n. 7, p. 1301–1314, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1039/d1ew00203a>.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 698, de 13 de maio de 2022. *Diário Oficial da União*, nº 93, de 18 de maio de 2022. Dispõe sobre os produtos saneantes categorizados como água sanitária e seu registro. 2022a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC Nº 306, de 7 de dezembro de 2004 - Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. 2004.

BRASIL. Atenção Primária e Atenção Especializada: Conheça os níveis de assistência do maior sistema público de saúde do mundo, 2022b. Disponível em: < <https://aps.saude.gov.br/noticia/16496> >.

BRASIL. Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares. Hospital da Ebserh em MG economiza R\$ 532 mil anuais com energia. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ebserh/pt-br/comunicacao/noticias/hospital-da-ebserh-em-mg-economizar-532-mil-anuais-com-energia>. Acesso em: 10 mai 2024.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. 2011a.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 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. 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. 2011b.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 222, de 28 de março de 2018. Dispõe sobre as boas práticas de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde e dá outras providências. 2018.

BRUM, T. T.; MODOLO, R. C. E.; MORAES, C. A. M. Implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) no Hospital Municipal de Novo Hamburgo/RS. *Ambiência*, v. 15, n. 2, 2019.

CAVALCANTI, O. E. R.; POSSA, R. D.; LIMA, A. B. G.; FERREIRA, T. G.; CAMPOS, L. M. A.; CARVALHO, L. S. Produção de biogás a partir da Biodigestão Anaeróbia do lodo da Estação De Tratamento De Esgotos (ETE) da UFRN. *RedBioLAC*, 4, 44-49, 2020.

CHAPARRO, T. R.; BAYONA, J. R. Desempeño de un reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente para tratamiento de aguas residuales hospitalarias en Colombia: Estudio preliminar. *INGE CUC*, v. 17, n. 1, p. 8, 2021. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.04>.

CHEN, R.; CASSANDRAS, C. G. Optimal Assignments in Mobility-on-Demand Systems Using Event-Driven Receding Horizon Control. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2020. DOI:10.1109/TITS.2020.3030218

CHIEMCHAISRI, W.; CHIEMCHAISRI, C.; HAMJINDA, N. S.; JEENSALUTE, C.; BURANAPAKDEE, P.; THAMLIKITKUL, V. Field investigation of antibiotic removal efficacies in different hospital wastewater treatment processes in Thailand. *Emerging Contaminants*, v. 8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2022.07.002>.

CHIEMCHAISRI, W.; CHIEMCHAISRI, C.; WITTHAYAPHIROM, C.; MAHAVEE, K.; WATANABE, T. Surveillance of antibiotic persistence adaptation of emerging antibiotic-resistant bacteria in wastewater treatment processes: Comparison between domestic and hospital wastewaters. *Environmental Technology and Innovation*, v. 31, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103161>.

COSTA, A. F.; ARAGÃO, J. V.; DUARTE, A. D.; MACEDO, J. S.; GALDINO JR, C. J.; MILANEZ, V. F.; SARUBBO, L. A. Analysis of the environmental life cycle of dyeing in textiles. *Chemical Engineering Transactions*, v. 86, 2021.

COSTA, C. A.; MAIA, C. C.; NEVES, A. C.; DE VASCONCELOS BARROS, R. T.; MOL, M. P. G. Profile of highly infected wastes generated by hospitals: A case in Belo Horizonte, Brazil. *Waste Management and Research*, v. 37, n. 6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X19846296>.

CUSTODIO, M.; CUADRADO-CAMPÓ, W.; PEÑALOZA, R.; VICUÑA-ORIHUELA, C.; TORRES-GUTIÉRREZ, E.; ORELLANA, E. Treatment of Hospital Wastewater Using Activated Sludge with Extended Aeration. *Journal of Ecological Engineering*, v. 23, n. 11, p. 24–32, 2022. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/152991>.

DANG, H. T. T.; DANG, H. V.; TRAN, T. Q. Insights of healthcare waste management practices in Vietnam. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 10, p. 12131–12143, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10832-x>.

DUARTE, A. D.; SILVA, G. L. Aplicação da ferramenta de Análise de Ciclo de Vida (ACV) no processo de tratamento de efluentes em uma lavanderia de beneficiamento de jeans. *Exacta*, v. 18, n. 2, p. 355-367, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.v18n2.8370>.

EDWARDS, W.; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v. 60, n. 3, p. 306–325, 1994.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OF THE USA. Management of Hazardous Waste Pharmaceuticals. 2023. Disponível em: <https://www.epa.gov/hwgenerators/management-hazardous-waste-pharmaceuticals#standards>. Acesso em: 5 Jan de 2024.

FERREIRA, F. F. M.; NETO, G. D. A. Avaliação do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Goioerê/PR. *Engenharia Urbana em Debate*, v. 3, n. 1/2, p. 44-63, 2022.

FURETTI, L. G. S. Aplicação do PROMETHEE-ROC para Priorização de Fundos de Investimento Imobiliário. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso.

GALVÃO, D. M.; CEZAR-VAZ, M. R.; XAVIER, D. M.; PENHA, J. G. M.; LOURENÇÃO, L. G. Indicadores de sustentabilidade hospitalar e redução de impactos socioambientais: uma revisão de escopo. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 57, p. e20220364, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2022-0364pt>.

KANMALAI, P.; SUMA, Y.; POLPRASERT, C.; EAKTASANG, N. Occurrence and Removal of Antibiotics in Hospital Wastewater Treatment Plants. *EnvironmentAsia*, v. 16, n. 2, p. 118–126, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14456/ea.2023.26>.

KHAN, N. H.; AZIZ, A.; KHAN, M.; ILYAS, M.; SAEED, T.; BASHIR, A. The Current Status and Steps Towards Hospital Waste Management in the Public and Private Sector Hospitals of District Swabi, KP, Pakistan | Současný stav a kroky k nakládání s nemocničním odpadem v nemocnicích veřejného a soukromého sektoru v okrese Swabi. *Waste Forum*, v. 1, 2023. p. 45–57.

LOPES, T. A. D. S. Avaliação do ciclo de vida de uma ETE composta por reator UASB seguido de Wetlands construídos. 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

LOPES, T. A. D. S. Desempenho ambiental e energético do tratamento de esgotos sanitários por meio da associação do processo anaeróbio e Wetlands construídos. 2021. 87 f.. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências, Energia e Ambiente, Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

MALEKI, S.; MOMENI, Y.; MONAJEMI, P. Contact stabilization process for hospital wastewater treatment: effects of colloidal organic matter. *Water Practice and Technology*, v. 17, n. 4, p. 930–939, 2022. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.035>.

MAREAI, B. M.; KHAFAJI, Z. S. A.; HUSSEINAWI, F. A. Bio-Medical Waste Management and Analysis for Selected Hospitals in Southern and middle parts of Iraq | Nakládání s biomedicínským odpadem a analýza pro vybrané nemocnice v jižní a střední části Iráku. *Waste Forum*, v. 1, 2023. p. 58–68.

MATTEI, T. F.; PARRÉ, J. L. Panorama do setor de energia elétrica no Brasil e no Paraná: políticas e desafios para energias alternativas. *Revista Faz Ciência*, v. 23, n. 38, 2021.

MAZAR, N. M.; EHRAPOUSH, M. H.; EBRAHIMI, A. A.; GHANEIAN, M. T.; DOLATABADI, M.; ASKARI, R. Investigatinon of Green Hospital Standards in Jiroft Hospitals. *Journal of Environmental Health and Sustainable Development*, v. 4, n. 1, p. 701–709, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18502/jehsd.v4i1.483>.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. The PRISMA Group-Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement”. *PLoS Med*, 2009.

MOREIRA, I. G; YAMANE, L. H.; SIMAN, R. R. Análise quali-quantitativa dos resíduos gerados em enfermaria do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Vitória, Espírito Santo. *Revista de Ciências Ambientais*, Vitória, v. 9, n. 2, p. 23-35, 2015.

MOTLATLA, M.; MALULEKE, T. X. Assessment of knowledge about healthcare risk waste management at a tertiary hospital in the northern Cape Province, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18020449>.

MYDLARCZYK, A.; HADDAD, A. A.; ABDULLAH, H. Removal of odorous compounds from hospital wastewater. *Desalination and Water Treatment*, v. 176, p. 375–382, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25547>.

OELE, M.; DOLFING, R. *SimaPro* 9.1.1 | Full update instructions. PRé Sustainability B.V, 2020.

OLIVEIRA, C. R. Regulação do Saneamento Básico: Do Poder Normativo à Norma de Referência. *Revista Digital de Direito Administrativo*, n. 9, vol. 2, p. 82-98, 2022.

OLIVEIRA, C. R.; GRANZIERA, M. L. M. Novo Marco do Saneamento Básico no Brasil, 2021.

ONU - Organização das Nações Unidas. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. 2022. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>>. Acesso em: 10 mai 2024.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. OPAS adverte contra uso de produtos à base de cloro como tratamento para COVID-19. 2020. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/5-8-2020-opas-adverte-contra-uso-produtos-base-cloro-como-tratamento-para-covid-19>>.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Toneladas de resíduos de serviços de saúde para a COVID-19 expõem a necessidade urgente de melhorar sistemas de gerenciamento de resíduos. 2022. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/1-2-2022-toneladas-residuos-servicos-saude-para-covid-19-expoem-necessidade-urgente>>.

OSMAN, A. M.; UKUNDIMANA, Z.; WAMYIL, F. B.; YUSUF, A. A.; Telesphore, K. Quantification and characterization of solid waste generated within Mulago national referral hospital, Uganda, East Africa. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v. 7, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100334>.

OYEBODE, O. J.; OKPALA, C. C.; AJIBADE, S. M.; OGAREKPE, N. M.; AFOLALU, S. A.; COKER, A. O.; UDEAGBARA, S. G.; ADENIYI, A. T. Comparative Assessment of Medical Waste Management in Multi-System and Selected Teaching Hospitals in Ekiti State, Nigeria. *Nature Environment and Pollution Technology*, v. 22, n. 2, p. 653–669, 2023. DOI: <https://doi.org/10.46488/NEPT.2023.v22i02.009>.

PALAZON, B. M.; MASEGOSA, A. R.; VARGAS, R. V.; LINK, A.; GORRASI, S.; LOPEZ, J. G.; MARTINEZ, A. G. Biological removal processes in aerobic granular sludge for treating synthetic hospital wastewater: Effect of temperature. *Journal of Water Process Engineering*, v. 47, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102691>.

PERNAMBUCO. Secretaria de Saúde de Pernambuco: A Secretaria, 2024. Disponível em: <https://portal.saude.pe.gov.br/secretaria>. Acesso em: 8 Jan 2024.

PINTO, M. L.; BALTAZAR, A. L. Presença de Trihalometanos na água: Potenciais riscos. *Acta Portuguesa de Nutrição*, v. 21, p. 32-37, 2020.

PINTO, T. P.; LIMA, C. Z.; ESTEVAM, C. G.; PAVÃO, E. M.; ASSAD, E. D. Panorama das emissões de metano e implicações do uso de diferentes métricas. *Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia*, Fundação Getúlio Vargas - FGV-EESP, São Paulo, SP, Brasil, 2022. Disponível em: <https://eesp.fgv.br/centros/observatorios/bioeconomia>.

PINTO, W. L. H.; DE MORAES, C. S. B.; CAPPAROL, D. C. A.; DE OLIVEIRA, J. C.; DE MATTOS ANSANELLI, S. L.; DOLPHINE, L. M. Gestão municipal de resíduos sólidos e proposta de indicadores de sustentabilidade. *Brazilian Applied Science Review*, v. 4, n. 1, p. 70-111, 2020.

PIRSAHEB, M.; MOHAMADISORKALI, H.; HOSSAINI, H.; HOSSINI, H.; MAKHDOUMI, P. The hybrid system successfully to consisting of activated sludge and biofilter process from hospital wastewater: Ecotoxicological study. *Journal of Environmental Management*, v. 276, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111098>.

PRÉ CONSULTANTS. *Introduction to LCA with SimaPro*. Califórnia: [Pré Consultants], 2016.

ROCHA, G. F.; NADAE, J.; HUGO, A. A.; FAVARETTO, F. Caminhão Elétrico ou Movido a Diesel? Uma Proposta de Método para Tomada de Decisão Multicriterial. *Anais Do Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Santos, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/anpet-2023/trabalhos/caminhao-eletrico-ou-movido-a-diesel-uma-proposta-de-metodo-para-tomada-de-decis?lang=pt-br>. Acesso em: 8 Jun 2024.

ROCHA, S. P. B. Avaliação da sustentabilidade do setor hospitalar que presta serviços públicos. Tese (Doutorado) – Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

ROZA, J. L. S.; NUNES, I. M. G.; DUARTE, K. C. S. S.; SANTIAGO, A. M. S.; SANTOS, M. H. P. Sustentabilidade em Instituições Federais de Ensino Superior do Consórcio Pernambuco Universitatis: A3P e práticas afins. ID on line. Revista de psicologia, 17(66), 78-95. 2023. DOI: <https://doi.org/10.14295/online.v17i66.3765>.

SÁ, A. A. C.; FONSECA-ZANG, W. A. Coleta Seletiva de Resíduos em um Serviço Público De Saúde. Revista de Trabalhos Acadêmicos-Universo–Goiânia, v. 1, n. 8, 2022.

SANTOS, E. D. S.; GONÇALVES, K. M. D. S.; MOL, M. P. G. Healthcare waste management in a Brazilian university public hospital. Waste Management and Research, v. 37, n. 3, p. 278–286, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X18815949>.

SCHIRMER, Waldir Nagel et al. Biofiltração de metano em biogás de aterro sanitário: um estudo de campo. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica, p. 1174-1190, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.3.80840>

SEIFERT, C.; DAMERT, M.; GUENTHER, E. Environmental management in German hospitals - A classification of approaches. Sustainability (Switzerland), v. 12, n. 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12114428>.

SEIFERT, C.; GUENTHER, E. Who cares? - Stakeholder relevance for voluntary environmental management in hospitals. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, v. 27, n. 4, p. 1786–1799, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/csr.1925>.

SILVA, G.; NETO, J.; ARAGÃO, J.; SILVA, D. Agenda 2030: Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável como Ferramenta para Gestão de Recursos Hídricos. Água e sustentabilidade. São Paulo: Com-Arte; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; Programa de Pós graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais, 2023. PDF (215 p.). ISBN 978-65-89321-25-5.

SILVA, L. A.; PEREIRA, W. A. Gestão Ambiental na Administração Hospitalar: um estudo de caso sobre a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde (PGRSS) em um hospital de Patos de Minas-MG. *Scientia Generalis*, v. 1, n. 2, p. 49-65, 2020.

SILVA, R.; ARAGÃO, J. V.; MATOS, P. H.; MILANEZ, V. F.; MACEDO, J. S.; DUARTE, A. D.; SILVA, G. L.; COSTA, A. Life Cycle Analysis of Dye Degradation Using Advanced Oxidative Processes. *Chemical Engineering Transactions*, v. 86, p. 589-594, 2021.

SINTHUCHAI, D.; BOONTANON, S. K.; PIYAVIRIYAKUL, P.; BOONTANON, N.; JINDAL, R.; POLPRASERT, C. Fate and mass loading of antibiotics in hospital and domestic wastewater treatment plants in Bangkok, Thailand. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, v. 11, n. 6, p. 959–971, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/washdev.2021.092>.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON R. Administração da Produção. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SOARES, F. R.; MIYAMARU, E. S.; MARTINS, G. Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na Central de Tratamento de Resíduos-Caieiras. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, p. 993-1003, 2017.

SOUSA, A. L.; RIZZATTO, M. L. Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos: uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, v. 15, n. 2, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/15220221511>.

SOUZA, I. G. O.; MORALES, B. F.; ALVES, R. C. Análise do Sistema de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde do Hospital Regional de Itacoatiara-AM. *Novos Cadernos NAEA*, v. 23, n. 3, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v23i3.7190>.

SOUZA, J. D. S.; BEZERRA, S. T. M.; OLIVEIRA, A. A. A.; CORRÊA, S. S. Aplicação do método Promethee II para gestão de perdas reais em sistemas de abastecimento de água. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 3553-3566, 2020.

SOUZA, V. B.; AZEVEDO, A. T. Proposta de um Modelo de Análise de Decisão na Manutenção Utilizando o Diagrama de Ishikawa com o Método Multicritério Promethee em

Equipamentos. Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha. Rio de Janeiro, 2019.

SRIVASTAVA, R. R.; RAWAL, N. Approach for the Assessment and Ranking of Hospitals Based on Waste Management Practices Using RIAM, Sustainability, and EPI Techniques. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, v. 25, n. 2, 2021. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HZ.2153-5515.0000583](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000583).

STEIN, V. Caracterização físico-química, detecção de trihalometanos e metais em águas cloradas das instituições de ensino de Pinhalzinho-SC. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, 2020.

UEHARA, S. C. D. S. A.; VEIGA, T. B.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em hospitais de Ribeirão Preto (SP), Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, p. 121-130, 2019.

VIEIRA, E. F. Gestão de energia em hospitais: estudo de caso no Hospital São Marcos. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Itumbiara, 126p. 2022.

WILHEMINA, A.; AMEDUMEY, P.; RAPHAEL, G. B. H. Solid waste management in hospitals: A comparative assessment in some selected hospitals in Obuasi Municipality of Ghana. *Cleaner Waste Systems*, v. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100025>.

ZAMPARAS, M.; KAPSALIS, V. C.; KYRIAKOPOULOS, G. L.; ARAVOSSIS, K. G.; KANTERAKI, A. E.; VANTARAKIS, A.; KALAVROUZOTIS, I. K. Medical waste management and environmental assessment in the Rio University Hospital, Western Greece. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2019.100163>.

ANEXO A – Matriz Pedigree

Pontuação do Indicador	1	2	3	4	5
U1 Confiança na fonte	Dados verificados baseados em medidas	Dados verificados parcialmente baseados em estimativas ou dados não verificados baseados em medidas	Dados não verificados parcialmente baseados em estimativas qualificadas	Estimativa qualificada ou dados derivados de informações teóricas	Estimativa não qualificada
	1,00	1,05	1,10	1,20	1,50
U2 Completeza	Dados representativos para um número relevante de empresas durante um período que permita eliminar flutuações	Dados representativos de > 50% do mercado durante um período que permita eliminar flutuações	Dados representativos para uma fatia pequena de empresas, mas relevante para o mercado em estudo ou dados de mais de 50% de empresas por um curto período de tempo	Dados representativos para somente uma empresa relevante para o mercado considerado	Representatividade desconhecida ou dados de um pequeno número de empresas em um curto período de tempo
	1,00	1,02	1,05	1,10	1,20
U3 Correlação Temporal	Menos de 3 anos de diferença para o ano de referência	Menos de 6 anos de diferença para o ano de referência	Menos de 10 anos de diferença para o ano de referência	Menos de 15 anos de diferença para o ano de referência	Data desconhecida ou mais de 15 anos de diferença para o ano de referência
	1,00	1,03	1,10	1,20	1,50
U4 Correlação Geográfica	Dados da área em estudo	Dados médios de uma área maior que a área de estudo	Dados de uma área menor que a do estudo ou dados de uma área similar	Dados de área com condições de produção ligeiramente semelhantes	Dados desconhecidos ou dados de área distinta a área de estudo
	1,00	1,01	1,02	1,05	1,10
U5 Correlação Tecnológica	Dados de empreendimentos, processos e matérias do estudo	Dados sobre processos e materiais em estudo (ou seja, tecnologia idêntica), mas de empresas diferentes	Dados de processos ou materiais correlatos, mas mesma tecnologia ou dados de processos e materiais do estudo, mas de diferente tecnologia	Dados de processos ou materiais correlatos, mas diferente tecnologia ou dados de escala laboratorial e mesma tecnologia	Dados de processos ou materiais correlatos, mas com diferente tecnologia e em escala laboratorial
	1,00	1,05	1,20	1,50	2,00
U6 Número de amostras	>100 medidas contínuas, balanço de produtos comprados	>20	10, Figuras de relatórios ambientais	≥ 3	Desconhecido
	1,00	1,02	1,05	1,10	1,20

Fonte: Pré (2016).

APÊNDICE A – Entrevista ao Gestor

<u>INDICADORES</u>	<u>DIMENSÕES</u>	<u>NOTAS</u>				
Indicador da Central de Resíduos Sólidos (ICRS)	QUESTIONAMENTOS	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
	Existência de Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Saúde - RS (IPGRSS)					
	Capacitação do Funcionários sobre RS (ICF)					
	Uso de sacos plásticos específicos para acondicionamento dos RS infectantes (IARS)					
	Identificação dos RSS acondicionados (IIRS)					
	Classificação e controle da geração dos RS (ICC)					
	Destinação final ambientalmente adequada dos RS (IDRS)					
	Coleta e transporte interno dos RSS acondicionados (ICTI)					
	Realização da Segregação e Acondicionamento dos RS (ISARS)					
	Armazenamento interno temporário dos RS (IAIT)					
	Coleta e transporte externo dos RS (ICTE)					
Indicador da Estação de Tratamento de Efluentes (IETE)	QUESTIONAMENTOS	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
	Realização de tratamento do efluente gerado (ITE)					
	Redução de DQO (IDQO)					
	Redução de DBO (IDBO)					
	Redução dos demais parâmetros (IDP)					
	Monitoramento adequado da ETE (IM)					
Indicador de Gerenciamento Ambiental (IGA)	QUESTIONAMENTOS	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
	Gestão dos requisitos legais ambientais, licenças, outorgas etc (IRL)					
	Iniciativas para prática do uso racional de água (IRA)					
	Iniciativas para prática do uso racional de energia elétrica (IRE)					
	Iniciativas para prática do uso racional dos demais insumos (IRI)					
	Gestão dos perigos e riscos ambientais dentro do hospital (IPRA)					

Fonte: O Autor (2024).

APÊNDICE B – Resumo da Bibliografia Relacionada a SGA-H

AUTORES	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
Alharbi, Alhaji & Qattan (2021).	Análise do sistema de gestão de resíduos de saúde da Arábia Saudita.	Estudo de caso na Arábia Saudita, com abordagem multimétodos, análise das políticas públicas, observação direta dos processos, entrevistas para explorar o sistema de gestão de resíduos de saúde do país.	Todos os anos o país destina para aterros sanitários 27 mil toneladas de papel, 15 mil toneladas de plástico, 10 mil toneladas de alimentos, 8 mil toneladas de vidro e 7 mil toneladas de metal. Sem nenhum processo de reciclagem envolvido.
Atia, Bassily & Elamer (2020).	Verificar a integração das análises de ciclo de vida econômica e ambiental, com base na cadeia hospitalar.	Estudo de caso do setor médico de hospitais egípcios. 209 pessoas foram entrevistadas: funcionários de contabilidade e auditoria.	A integração da análise de ciclo de vida econômica e da avaliação do ciclo de vida ambiental, ao longo da cadeia de valor reduz custos, melhora o desempenho e eficiência ambiental.
Mazar <i>et al</i> (2019).	O estudo mostra que as condições do gerenciamento de água, gerenciamento de contaminantes, bem como as estratégias ambientais para atingir os padrões ambientais nos hospitais Jiroft, estão de acordo com a ISO 14000.	Trata-se de um estudo transversal descritivo-analítico. A população em estudo inclui os gestores e funcionários dos hospitais de Jiroft. Os dados necessários são coletados por meio de questionários padrão do sistema de gestão ambiental de 118 gerentes e funcionários em diversas seções dos hospitais Jiroft.	Os resultados do estudo mostram que as condições do laboratório, da lavanderia, da cozinha, a gestão da água, a gestão de contaminantes. Assim como as estratégias ambientais para atingir os padrões hospitalares de acordo com a ISO 14000.
Motlatla & Maluleke (2021).	O objetivo foi avaliar o conhecimento sobre gerenciamento de resíduos de risco de saúde entre os profissionais da saúde, de acordo com a lei de gestão ambiental de resíduos da África do Sul e os objetivos de desenvolvimento sustentável.	É um estudo quantitativo, utilizando questionários autoaplicáveis e amostragem aleatória estratificada. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e inferencial. Cento e quarenta e quatro participantes foram incluídos no estudo.	A maioria 90,28% dos participantes tinha entre 19 e 50 anos, eram mulheres (71%), eram enfermeiras (36%) e tinham de 1 a 10 anos de experiência (71%). Os profissionais de saúde tinham conhecimento sobre resíduos perfurocortantes (89%), pouco mais (52%) conheciam resíduos anatômicos, enquanto (27%) e (17%) conheciam resíduos radioativos e citotóxicos, respectivamente. Os profissionais de saúde (92%) concordaram que o recipiente para resíduos perfurocortantes deveria ser descartado em um recipiente amarelo, pelo menos (63%) e (27%) concordaram que o forro e a caixa vermelhos deveriam ser usados tanto para resíduos infecciosos não anatômicos quanto para resíduos infecciosos não anatômicos. para resíduos citotóxicos.
Seifert & Guenther (2020).	Avaliar a percepção gestores hospitalares e dos <i>stakeholders</i> para a implementação de um sistema de gestão ambiental hospitalar.	Foram selecionados de 22 hospitais da Alemanha que estão credenciados no EMAS (Cadastro de Sistemas de Gestão Ambiental da União Europeia) e foram realizadas entrevistas presenciais com os <i>stakeholders</i> envolvidos nas atividades dos hospitais.	Os resultados mostraram que existe uma pressão interna dos proprietários e do conselho de administração para esta implementação. Outras partes interessadas preocupam-se menos com o EMAS, sugerindo que têm outras prioridades e não veem necessidade de os hospitais se envolverem em esforços de gestão ambiental. Este baixo interesse das partes interessadas reduz o valor do registro no EMAS para os hospitais e limita os futuros esforços

			de gestão ambiental.
Seifert, Damert & Guenther (2020).	Este artigo analisa o desempenho ambiental organizacional e as abordagens de gestão ambiental em hospitais alemães.	Os hospitais são categorizados em três grupos: tradicionalistas, pragmáticos e ambientalistas	23,5% dos hospitais são tradicionalistas, ou seja, as medidas ambientais agregam valor a operação da unidade, mas não atuam de forma integrada com as demais operações, pois o foco é a gestão hospitalar tradicional. 33,5% são pragmáticos, pois as medidas ambientais são bastante utilizadas, mas ainda não estão totalmente integradas as operações da unidade. 43,5% das unidades de saúde são ambientalistas e as atividades ambientais e hospitalares estão totalmente integradas. De acordo com o estudo, os <i>stakeholders</i> mais relevantes são os proprietários das unidades hospitalares.
Srivastava & Rawal (2021).	Neste estudo, foi utilizada uma ferramenta de análise dos impactos ambientais, para avaliar as práticas de gestão de resíduos em hospitais da cidade de Prayagraj, na Índia.	Foi utilizada uma matriz de avaliação rápida de impacto, que serve para avaliações quantitativas de qualquer projeto. Ela foi utilizada para avaliar as práticas de gestão de resíduos de 13 hospitais na cidade de Prayagraj, na Índia. Com base nestes dados, foram definidos dois indicadores de desempenho ambiental para hierarquizar os hospitais. O modelo de sustentabilidade consiste em dois parâmetros que levam valores PC/BE e SC/EO separadamente e compará-los. O modelo EPI atribui vetores prioritários a diferentes componentes aplicando o AHP.	Neste estudo, 13 hospitais foram pesquisados em Prayagraj para classificação com base nos seus sistemas de gestão de resíduos eficientes e estáveis. O hospital classificado em primeiro lugar é, de acordo com o autor, bastante eficiente. É um dos os maiores hospitais de Prayagraj desempenha um papel vital para os pacientes, instalou uma estação de tratamento de água em boas condições de funcionamento, possui espaços de separação de resíduos e eliminação através da incineração. Já no hospital com o pior desempenho entre os pesquisados. Faltam instalações básicas, como armazenamento adequado de resíduos. Os funcionários não possuem treinados para o tratamento adequado destes resíduos O hospital mantém apenas as condições básicas de higiene.
Zamparas <i>et al</i> (2019).	Examinar os procedimentos, técnicas e métodos disponíveis para lidar com resíduos infecciosos no Hospital Geral Regional da Universidade de Patras, Grécia.	O estudo examinou: a legislação vigente e as diretivas emitidas para a gestão de resíduos na Grécia e entre outros membros da União Europeia, a contribuição da geração de resíduos de hospitalares em parâmetros sociais e econômicos de países europeus. Os procedimentos, técnicas e métodos de descarte de resíduos infecciosos nas unidades de saúde estudadas e as propostas para a gestão integrada desses resíduos perigosos.	Os resíduos hospitalares produzidos nas atividades de saúde foram classificados da seguinte forma: resíduos urbanos 79%, resíduos infecciosos 17%, tóxicos (químicos, farmacêuticos) 3% e outros 1%. Uma parcela de 35% do total de resíduos de saúde infecciosos está relacionada a pacientes de curta permanência, seguindo em ordem decrescente por laboratórios (17%), cirurgias (16%), unidade intensiva (11%), diálises (10%), ambulatorial (7%) e pronto atendimento (4%). Com base nos resultados mencionados, o autor afirma que a geração de resíduos hospitalares relatada neste estudo está de acordo com a literatura.

Fonte: O Autor (2024).

APÊNDICE C – Resumo da Bibliografia Relacionada a Efluentes Hospitalares

AUTORES	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
Boucher <i>et al</i> (2021).	Avaliar a eficiência e os custos do tratamento por oxidação não catalítica para remover produtos farmacêuticos presentes em efluentes hospitalares	uma unidade de lote em escala laboratorial foi usada para otimizar a oxidação temperaturas e tempos de residência para alcançar alta eliminação de dez produtos farmacêuticos de interesse em água deionizada fortificada. Em seguida, foram aplicadas condições ideais para tratar águas residuais hospitalares efluentes.	Os resultados mostraram que mesmo com baixos valores de demanda química de oxigênio (< 600 mg O ₂ L ⁻¹), WAO a 290 °C com tempo de residência de 15 min removido entre 95,0% e 99,1% do alvo compostos aumentados em 10 µg L ⁻¹ em águas residuais hospitalares. Bioensaios de toxicidade aguda usando o crustáceo <i>Daphnia magna</i> e a bactéria <i>Aliivibrio fischeri</i> mostraram que a toxicidade do as águas residuais hospitalares aumentaram após o tratamento WAO devido à geração de transformação produtos. Contudo, como o uso pretendido do WAO é como pré-tratamento de efluentes hospitalares antes tratamento de água municipal, ainda não está claro se os efluentes tratados com WAO podem afetar bactérias em lodo ativado.
Chiemchaisri <i>et al</i> (2022).	Verificou-se a eficácia de remoção de 19 antibióticos em diferentes processos de tratamento de águas residuais hospitalares. Foram pesquisados 60 hospitais da Tailândia.	A amostragem de águas residuárias foi realizada de janeiro a setembro de 2018. O tempo de amostragem em cada ETE hospitalar foi planejado cuidadosamente com a equipe/técnico da ETE. Antes de visitar a ETAR, verificou-se se a ETAR funcionava bem, sem outros problemas relacionados, como arejamento não funcional e não cloração, etc. Normalmente, as águas residuais hospitalares são recolhidas em fossas e depois bombeadas com caudal constante para a estação de tratamento em um dia de período de trabalho. Assim, todas as amostras poderiam ser coletadas por amostragem aleatória devido à baixa flutuação do caráter das águas residuais alimentadas na estação de tratamento. Notavelmente, a coleta de amostras foi realizada no período da manhã até o meio-dia, o que comumente apresenta grandes aflúências ao reservatório de águas residuais. Foram coletadas pelo menos quatro amostras de cada estação de tratamento incluindo afluente, biomassa no processo (exceto CW/FP), efluente e efluente pós-clorado (se houver). Nos casos dos sistemas de lagoas, os sedimentos das lagoas foram coletados adicionalmente. As amostras de biomassa foram acondicionadas em garrafas âmbar de 500 ml, enquanto as amostras de águas residuais foram acondicionadas em garrafas âmbar de 5 L. Eles foram	O desempenho geral do tratamento de vários tamanhos de ETAR mostrou ligeiras diferenças nos parâmetros básicos/remoções totais de antibióticos. No entanto, eles mostraram diferentes eficácias de remoções de antibióticos com os processos. Todas as ETAR recebem tipo e concentração de antibiótico próximos. De acordo com a comparação de processos, os processos de crescimento suspenso/biofilme apresentaram melhores eficiências de matérias orgânicas e compostos de nitrogênio do que os dos sistemas naturais. Por outro lado, mostraram uma biodegradação relativamente baixa de antibióticos em comparação com os processos naturais de tratamento. Os processos de tratamento natural proporcionaram melhor biodegradação de alguns antibióticos recalcitrantes, especialmente fluoroquinolonas, sulfametoxazol e trimetoprim. A pós-cloração pode ajudar na maior deterioração de alguns antibióticos efluentes, como amoxicilina e ampicilina.

		colocados em uma geladeira e entregues ao laboratório em até 24 horas para análise de 5 parâmetros básicos (DQO, TKN, amônia, sólidos suspensos e pH) e vários resíduos de antibióticos para avaliar o desempenho geral do tratamento e a capacidade de remoção de antibióticos do ETARs. Os resíduos de antibióticos foram analisados conforme descrito pelo Método EPA 1694: produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais em água, solo, sedimentos e biossólidos. Resumidamente, a amostra de águas residuais foi filtrada através de um filtro GF/C para separar sólidos e líquidos. Os resíduos de antibióticos ligados aos sólidos foram extraídos com tampão fosfato e acetonitrila. Em seguida, o pH foi ajustado por HCl para ser < 2. Em seguida, Na₄EDTA foi adicionado à amostra antes da filtração usando uma coluna de extração em fase sólida. Os antibióticos foram extraídos com metanol e depois a solução de lixiviação foi seca por purga com nitrogênio. Por fim, foram adicionados 3 ml de metanol e ajuste volumétrico com tampão ácido fórmico 0,1%. A amostra tratada foi filtrada através de uma membrana de náilon de 0,2 µm antes de ser injetada em LC/MS/MS (Thermo Scientific, TSQ Endura usando Polaris 3u C18-A com 50 × 2,0 mm, Varian). Duas fases móveis em diferentes proporções (0,1% de ácido fórmico em água e 0,1% de ácido fórmico em acetonitrila) no modo ESI + foram condicionadas para análise por LC/MS/MS. Foram selecionados para análise um total de 19 antibióticos: imipenem, ceftriaxona, lincomicina, trimetoprima, oxitetraciclina, ofloxacina, levofloxacina, norfloxacina, meropenem, colistina, ciprofloxacina, tetraciclina, ampicilina, clortetraciclina, sulfametoxazol, amoxicilina, doxiciclina, claritromicina e ácido nalidíxico. Eles estão em 10 grupos de antibióticos como penicilina, cefalosporina, carbapenem, (fluoro-) quinolona, tetraciclina, eritromicina, lincosamidas, polimixinas e sulfonamida (). Note-se que o nalidíxico não foi utilizado em pacientes, mas foi analisado devido à suposição de que poderia ser gerado a partir da biodegradação da fluoroquinolona no corpo humano e dos processos da ETAR. O teste T de amostras pareadas no Microsoft Excel (Microsoft, Redmont, WA, EUA) foi	
--	--	---	--

		aplicado para diferenciar as concentrações gerais de antibióticos de cada tamanho de ETAR e de cada processo em cada local de amostragem. A significância do teste t foi determinada ao nível de 5%.	
Chiemchaisri <i>et al</i> (2023).	Este estudo tem como objetivo investigar a sobrevivência e adaptação das bactérias resistentes a antibióticos em um processo comum de tratamento de águas residuais (lodo ativado + cloração) tratando águas residuais domésticas e hospitalares na Tailândia.	Os indicadores de RAM Gram-negativos selecionados foram <i>E. coli</i> (EC), coliformes (FC) e <i>Acinetobacter</i> spp. (AC) que resistem ao carbapenem e à beta-lactamase de espectro estendido (ESBL). Enquanto isso, os BRA Gram-positivos selecionados foram <i>Staphylococcus aureus</i> resistente à metilina (MRSA) e <i>Enterococcus</i> resistente à vancomicina (VRE). A população viável desses BRA foi enumerada através de contagem de placas padrão usando comparação de meios seletivos/diferenciais entre antibiótico adicionado (população resistente) e nenhum (população total).	Os resultados mostraram que <i>E. coli</i> , coliformes, <i>Acinetobacter</i> spp., <i>S. aureus</i> e <i>Enterococci</i> spp. apareceram em faixas semelhantes ($4,20 - 5,05 \log \text{UFC ml}^{-1}$) em ambos os tipos de águas residuais. A população de resistência ESBL de EC, CF, AC; e o MRSA apareceu de forma semelhante em ambos os tipos de águas residuais. No entanto, as porcentagens de resistência aos carbapenêmicos de CE, CF e AC incluindo VRE foram maiores nas águas residuais hospitalares. Nos processos de tratamento, todos os BRA poderiam sobreviver em processos de EA de maneira diferente, mas apenas <i>Acinetobacter</i> spp resistente a MRSA, carbapenem e ESBL. podem se reproduzir nos tanques de aeração. Além disso, <i>Acinetobacter</i> spp. resistente a carbapenem e ESBL, MRSA e VRE mostraram prevalências de RAM notavelmente altas no efluente clorado. As descobertas sugerem que <i>Acinetobacter</i> spp., MRSA e VRE resistentes a carbapenem e ESBL podem ser os indicadores de RAM de águas residuais descartadas em hospitais.
Custodio <i>et al</i> (2022).	Foi avaliado a eficiência de remoção de contaminantes orgânicos e biológicos de uma ETE hospitalar, utilizando lodo ativado de aeração estendida.	foi realizado em escala de estação de tratamento, com 14 horas de alimentação. A planta é composta por um pré-filtro, um tanque coletor e triturador, um tanque de homogeneização, dois tanques biológicos reatores com capacidade de 80 mil litros cada, dois decantadores e uma câmara de desinfecção de contato. Três taxas de fluxo de 3 L/s, Foram testados 4 L/se 5 L/s em cada reator biológico, com aplicação de três concentrações de cloro residual com hipoclorito de sódio ao efluente dos tanques de decantação (0,3 ppm, 0,4 ppm e 0,5 ppm)	A eficiência de remoção de sólidos suspensos variou de acordo com a vazão. O reator com vazão de 3 L/s e 0,5 ppm de o cloro residual obteve a maior remoção de sólidos suspensos (91,95%), demanda biológica de oxigênio (97,52%) e coliformes fecais (99,99%). Por último, a qualidade das águas residuais hospitalares está dentro dos limites da legislação nacional e limiares internacionais de qualidade ambiental.
Kanmalai <i>et al</i> (2023).	A pesquisa estudou a contaminação de antibióticos nas estações convencionais de tratamento de efluentes, que utilizam lodo, de três hospitais.	Os antibióticos foram concentrados em 3 grupos: betalactâmicos, quinolonas e tetraciclina, que incluíam 7 tipos de antibióticos (amoxicilina, ampicilina, ciprofloxacina, norfloxacina, levofloxacina, ofloxacina e doxiciclina). Os antibióticos foram extraídos por extração em fase sólida e analisados por cromatografia líquida-espectrometria de massa (LC-MS/MS)	A amoxicilina apresentou as maiores concentrações de H2, H1 e H3 no afluente (18.434 ± 99 , 11.541 ± 42 e $10.994 \pm 56 \text{ ng/L}$, respectivamente). Além disso, com 7.990 ± 53 , 5.879 ± 52 e $4.892 \pm 63 \text{ ng/L}$ de H2, H3 e H1, respectivamente, a amoxicilina pareceu ter as maiores concentrações no efluente. A eficiência de remoção foi maior para o norfloxacina (94,78%) no H1, seguido pela doxiciclina (93,99%) no H2. Porém, a ampicilina apresentou a menor eficiência de remoção (19,02%) no H2. Esta descoberta da pesquisa sobre contaminação por antibióticos em águas residuais hospitalares revela

			que o sistema convencional de tratamento de lodo ativado não conseguiu remover completamente todos os antibióticos nas águas residuais. Portanto, a tecnologia avançada de tratamento deve ser investigada para aumentar a eficiência de remoção de antibióticos.
Maleki, Momeni & Monajemi, (2022).	Foi investigada o tratamento de efluentes hospitalares usando um processo de estabilização de contato em escala laboratorial.	Foi selecionado um tempo de detenção de uma hora para decantação do lodo e separação do efluente tratado, e a eficiência de remoção foi medido em tempos de contato de 30, 60 e 90 min e tempos de estabilização de 4,5 e 5,5 h. Com base nas diferentes detenções vezes, 6 séries de experimentos foram projetadas.	Os resultados mostraram que após uma rápida remoção inicial de DQO nos primeiros 30 minutos, Os valores de DQO flutuam no intervalo de tempo de 30 a 90 minutos. No entanto, no caso em que os valores de DQO diminuem na segunda fase, esta recuperação é insignificante; assim, o tempo de 30 min é considerado o tempo de detenção ideal para o reator de contato. Valores de índice de volume de lodo (IVS) de 119,20 e 109,17 mL/g foram obtidos para tempos de estabilização de 4,5 e 5,5 horas, respectivamente.
Mydlarczyk, Haddad & Abdullah (2020).	Foi avaliada a eficiência de remoção de compostos odoríferos das águas residuais de hospitais no Kuwait.	As amostras foram coletadas de saída de esgoto da Maternidade. As amostras coletadas foram transferidas para o laboratório da Planta de Pesquisa Sulaibiya (SRP) do KISR. Cada amostra foi dividida em três partes: a primeira parte da amostra foi analisada para obter características do efluente hospitalar, enquanto a segunda parte e a terceira amostra foi misturada com lodo ativado da estação de tratamento de águas residuais de Kabd e foram submetidos a tratamento aeróbio por períodos de 12 e 24 horas em dois biorreatores com intensidade diferente de aeração. No primeiro biorreator, o oxigênio dissolvido (OD) foi mantido no nível de 2 mg/L, enquanto no segundo 4 mg/L. Amostras de águas residuais e efluentes foram analisadas para exame dos seguintes parâmetros: temperatura, pH, condutividade elétrica, demanda química de oxigênio (DQO), amônio, nitrito, nitrato, nitrogênio orgânico, nitrogênio total (TN) e sulfetos.	Resultados laboratoriais indicaram que após um tempo de retenção hidráulica (TRH) de 24 h, os valores médios de eficiência de remoção de sulfeto aumentaram de 82,54% para 93,85%, quando OD aumentou de 2 para 4 mg/L, respectivamente. Nas mesmas condições operacionais anteriores, a média o valor da eficiência de remoção de amônio aumentou de 85,96% para 97,44%. Para obter o melhor efluentes o processo biológico deverá ser do tipo aeração prolongada com TRH 24 h a OD 4 mg/L. O os resultados obtidos serão recomendados como base para o tratamento de águas residuais de hospitais em pacote unidades antes de descarregar na rede de esgoto.
Palazon <i>et al</i> (2022).	Foram utilizados 4 reatores aeróbios de lodo granular operados em batelada sequencial. Para entender o efeito da variação da temperatura na remoção de fármacos no efluente tratado.	Quatro reatores aeróbios de lodo granular operados em modo batelada sequencial foram implementados para entender o efeito da temperatura baixa (7 °C) e alta (26 °C) na remoção de produtos farmacêuticos no efluente tratado.	A demanda química de oxigênio e a taxa de remoção de nitrogênio foram afetadas durante o período de partida nos reatores alimentados com fármacos, mas os sistemas alcançaram estabilidade constante, alcançando valores semelhantes em termos de processos de biodegradação. Os produtos farmacêuticos foram sendo progressivamente retirados do efluente em alta temperatura, enquanto em baixa temperatura foram obtidas oscilações nos resultados. O naproxeno foi o composto mais recalcitrante e o trimetoprim obteve as melhores taxas de remoção para ambas as temperaturas. A comunidade microbiana era completamente

			dependente da temperatura operacional, embora a proliferação de OTUs específicas, <i>Flavobacterium</i> e <i>Leadbetterella</i> , tenha sido detectada em reatores modificados com medicamentos. A comunidade de bactérias metabolicamente ativas apresentou menor diversidade que a comunidade total. As análises estatísticas corroboraram que o efeito da temperatura na comunidade microbiana foi mais decisivo do que o tratamento dos fármacos.
Pirsaheb <i>et al</i> (2020).	Este artigo teve como objetivo demonstrar a solução para águas residuais hospitalares devido ao maior consumo de antibióticos, a preocupação pública aumentou significativamente com o uso, destinos e ocorrências desses compostos emergentes nos ambientes e na biota.	o potencial de um sistema de tratamento combinado em grande escala com biofiltro de lodo ativado e escória (ASSB) foi investigado para remoção de ceftriaxona (CEF) e amoxicilina (AMX). Para determinar a biodegradabilidade potencial do sistema proposto, foi calculado o coeficiente de distribuição de água sólida (Kd). Ao todo, foram coletadas 118 amostras em três pontos; entrada de águas residuais, saída do lodo ativado e saída do biofiltro. Para determinar a quantidade de antibióticos CEF e AMX, as amostras foram analisadas por HPLC-UV.	O sistema de lodos ativados foi capaz de eliminar os antibióticos AMX e CEF em cerca de 70,36 e 84,49%, respectivamente. Em comparação com o lodo ativado, as médias médias do sistema ASSB para a eficiência de remoção foram de 87,53% (para AMX) e 93,17% (para CEF), respectivamente. Como resultado, pode-se verificar que a eficiência do sistema combinado de lodo ativado-biofiltro na remoção dos baixos níveis de antibióticos foi maior do que o sistema ativado individual. O resultado do Kd revelou que o AMX (com um Kd de cerca de 0,172) tem menor tendência à biomassa do que o CEF (com um Kd de cerca de 0,512). A avaliação da toxicidade ecológica garantiu que não há risco para peixes e dáfias quando o lodo ativado e também os efluentes do ASSB forem lançados no meio ambiente mesmo sem qualquer diluição.
Sinthuchai <i>et al</i> (2021).	Investigou-se a ocorrência e o destino de oito antibióticos nos estágios de tratamento de 4 ETE quatro hospitalares. Bem como a influência destes lançamentos nos corpos receptores em Bangkok, Tailândia.	As amostras foram preparadas por extração em fase sólida e analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência – espectrometria de massa em tandem.	As concentrações de antibióticos foram maiores nas ETAH do que nas ETAd; aproximadamente 60 vezes para afluentes e 10 vezes para efluentes. A concentração de ciprofloxacina aumentou na maioria das ETAd, especialmente na unidade de aeração e lodo de retorno, sugerindo que ocorreu predominantemente na fase sólida. O sulfametoxazol ocorreu predominantemente na forma dissolvida, que é mais difícil de degradar, e exibiu altas concentrações no efluente. Além disso, as cargas de poluentes antibióticos foram aproximadamente 30-3.530 vezes maiores nas ETARd do que nas ETARh, devido às descargas diárias mais elevadas do setor doméstico. Estas plantas são uma importante fonte pontual de liberação de resíduos de antibióticos em ambientes aquáticos; portanto, a sua eficiência deve ser melhorada através da incorporação de processos de tratamento avançados para garantir a remoção eficaz dos antibióticos.

Fonte: O Autor (2024).

APÊNDICE D – Resumo da Bibliografia Relacionada a Resíduos Sólidos Hospitalares

AUTORES	RESUMO	METODOLOGIA	RESULTADOS
Ahmad <i>et al</i> (2019).	Avaliou os impactos ambientais, através da Análise de Ciclo de Vida (ACV), das práticas de gestão de resíduos hospitalares no distrito de Swath, Paquistão.	Dois cenários são usados para descrever as práticas alternativas atuais (Cenário A e Cenário B), referindo-se à incineração e a disposição de resíduos sem qualquer triagem dos materiais. O Cenário C, que inclui o uso de pirólise e desinfecção química, é considerado uma alternativa atualizada, com base nas recomendações internacionais atuais nesta área. Os dados foram coletados em hospitais públicos e privados no Distrito Swat. Houve a caracterização dos resíduos. Também foram realizadas entrevistas com os colaboradores dos hospitais. Foram definidos os limites do sistema e a unidade funcional, de acordo com as normas de ACV. A avaliação de impacto do ciclo de vida, considerou oito categorias de impacto: toxicidade humana, ecotoxicidade em água doce, ecotoxicidade aquática marinha, ecotoxicidade terrestre, potencial de acidificação, alterações climáticas, eutrofização e oxidação fotoquímica.	Os hospitais públicos produzem uma quantidade maior de resíduos (74%) em comparação com os hospitais privados (24%). O Cenário A e o Cenário B são os piores para todas as categorias. O maior impacto de todos é registado na toxicidade humana gerada pela incineração. O Cenário C gerou os menores impactos.
Costa <i>et al</i> (2019).	Caracterizou, quantitativamente, os resíduos infectantes	Foi realizado através de documentos acadêmicos e oficiais de 24 hospitais. Os hospitais foram agrupados em categorias de	Foram identificadas diferenças nos tipos de resíduos infecciosos gerados nas maternidades quando comparados com geral, baixa e alta

	gerados pelos hospitais da cidade de Belo Horizonte, Brasil.	acordo com a sua especialidade. Após agrupamento, foi possível estabelecer a caracterização dos resíduos gerados através da legislação brasileira. Os dados foram analisados por meio do <i>software</i> 'R', versão 3.5.0. O Teste de Fisher e o teste Qui-quadrado foram utilizados para variáveis categóricas. O Teste Exato de Fisher foi adotado para amostras pequenas, menores do que nove. Foi avaliado o valor 'p', com nível de confiança de 95%.	complexidade, o que pode ser explicado pela ampliação das atividades hospitalares. Essas informações sugerem um perfil semelhante de geração de resíduos infecciosos por categorias hospitalares, conforme esperado
Dang, Dang & Tran (2021).	Avaliar os conhecimentos da gestão de resíduos de saúde e propor prioridades para melhorar a situação dos resíduos	Visitas ao local de estudo, aplicação de questionários e entrevistas, em combinação com dados secundários revelou que a geração de resíduos de saúde (RSS) variou com diferentes especialidades (hospitais gerais ou pediátricos/obstétricos) e diferentes níveis de hospitais	A geração de resíduos de saúde dos diferentes tipos de hospitais pesquisados variou de 0,8 a 1,0 kg/leito/dia para resíduos domésticos, 0,15 a 0,25 kg/leito/dia para resíduos infecciosos e perigosos e menos de 0,1 kg/leito/dia para resíduos reciclados. 94,3% dos hospitais centrais, 92% dos hospitais provinciais e 82% dos hospitais distritais cumpriram a regulamentação nacional no tratamento de resíduos hospitalares perigosos. Para o tratamento de efluentes hospitalares, as taxas operacionais foram de 91%, 73% e 50% para hospitais centrais, provinciais e distritais, respectivamente. O custo com o tratamento dos resíduos representou 10-15% do orçamento total atribuído às instalações médicas. A maioria dos hospitais provinciais gastou cerca de 0,2 a 0,4 dólares/cama/ano na gestão de resíduos.
Khan <i>et al</i> (2023).	O objetivo foi descrever, qualitativamente, a situação dos resíduos sólidos em 4 hospitais públicos e	Os dados necessários foram obtidos através da aplicação de questionários a equipe médica e administrativa para conhecer a forma como gestão dos resíduos.	Quase todos os hospitais do setor público geram grandes volumes de resíduos sólidos (120-130 kg por dia) e não mantém a sua gestão destes resíduos como prioridade. As práticas de manuseio,

	privados de Swabi, KP, Paquistão.		separação, armazenamento, transporte e eliminação de resíduos estavam fora das regras de biossegurança do Paquistão. Os hospitais do setor privado geraram cerca de 30-50 kg de resíduos por dia e foram observados em melhores condições para manuseio e gestão destes resíduos. A eficiência de recuperação dos resíduos comercializáveis recolhidos foi calculada da seguinte forma: plástico 14-10%, papel 10-15%, vidro 12-17% e sucata/metal com 7-12%, respetivamente.
Mareai, Khafaji & Husseinawi (2023).	A pesquisa visa entender a realidade da gestão de resíduos hospitalares no Iraque.	Seis hospitais com diversas especialidades, foram selecionados e durante quatro meses foram coletados resíduos sólidos hospitalares destas unidades e eles foram caracterizados.	Os hospitais produzem resíduos sólidos a uma taxa média de 0,42 a 3,90 kg por paciente por dia. O Hospital Al-Sader teve a maior proporção de produção de resíduos entre todos os hospitais, atingindo 34,15% do total recolhido. Em contrapartida, o Hospital Al-Hakeem teve a percentagem mais baixa, apenas (6,67%) durante o seu funcionamento.
Osman <i>et al</i> (2023).	Houve a quantificação, caracterização e avaliação da gestão de resíduos em um hospital de Mulago, Uganda.	Durante 30 dias consecutivos, os resíduos sólidos foram recolhidos em diferentes departamentos do hospital Mulago. Eles foram separados, pesados e depois agrupados em resíduo comum e resíduo hospitalar.	O resíduo comum representam 72% do total, enquanto os resíduos hospitalares representam 28% do total de resíduos gerados na unidade. A taxa média de geração de resíduos sólidos foi de 111,4 kg por dia, com as enfermarias produzindo as maiores quantidades, seguidas pelas salas de cirurgia, cozinha, áreas públicas, lavanderia e administração. Utilizando a Ferramenta de Avaliação Rápida individualizada, constatou-se que as autoridades do hospital Mulago estão cientes das políticas que envolvem os métodos de manuseamento e eliminação de resíduos e foram observadas lacunas no cumprimento. A adesão

			média à coleta e triagem dos resíduos sólidos no hospital foi considerada muito baixa, 37,4%, com a maior adesão nas salas de cirurgia com 62,8%, seguida pela administração 51,7%, cozinha 32%, enfermarias 27,3%, áreas públicas 25,6% e lavanderia 25%. A análise dos resíduos líquidos descartados revelou que as concentrações de chumbo, nitrato, DQO e DBO estavam além dos limites permitidos.
Oyebode <i>et al</i> (2023).	Determinar as estratégias de gestão implementadas em três hospitais e avaliar a eficácia da gestão de resíduos.	Questionários, entrevistas, visitas locais e observações foram utilizados para determinar as estratégias de gestão implementadas nos três hospitais e avaliar a eficácia da gestão de resíduos. Os hospitais em análise são o Afe Hospital Multissistêmico da Universidade Babalola, o Hospital Universitário da Universidade Estadual de Ekiti e o Hospital Universitário Federal Ido-Ekiti. O Pacote Estatístico para Ciências Sociais foi utilizado para a análise estatística dos questionários, e a avaliação média foi utilizada para calcular o desperdício por leito a cada dia.	Os resíduos perfurocortantes, infecciosos e farmacêuticos dos três hospitais são os mais separados para triagem. Todos os hospitais incineram os resíduos hospitalares, mas descartam as cinzas em lixões. A avaliação média de todos os resíduos hospitalares de todos os hospitais foi ponderada para estabelecer a quantidade global gerada. A quantidade total de resíduos hospitalares gerados foi de mais de 200 Kg. Os resíduos gerados por leito em um dia em AMSH, EKSUTH e FETHI são de 0,61 kg, 0,74 kg e 0,73 kg, respectivamente. Foi determinado que a gestão e eliminação adequadas de resíduos é uma obrigação crítica das instalações de saúde
Santos, Gonçalves & Mol (2019).	Avaliou a gestão dos resíduos hospitalares em um hospital universitário brasileiro. Bem como os indicadores de resíduos, quantificando e qualificando a geração de resíduos.	A pesagem dos resíduos ocorreu por amostragem ocorreu amostragem de sete dias consecutivos ou diários, entre 2011 e 2017.	Os resíduos gerais representam mais de 55,6% do total gerado, seguidos pelos resíduos infectantes, perfurocortantes e químicos, respectivamente, 39,1%, 2,9% e 2,4. %. A taxa de geração em 2017 foi de 4,09 kg/leito em 1 dia, incluindo todos os tipos de resíduos. Os resíduos não perigosos representaram cerca de 93,3%, incluindo resíduos infecciosos com baixo risco potencial, enquanto os perigosos foram representados por alto risco

			infeccioso (1,4%), produtos químicos (2,4%) e perfurocortantes (2,9%)
Wilhemina, Amedumey & Raphael (2022).	Avaliar as práticas de gerenciamento e descarte de resíduos sólidos de hospitais de Obuasi, Gana.	Três hospitais em Obuasi foram selecionados para o estudo. Os nomes dos hospitais são representados pelas letras A, B e C. Dados e informações relevantes foram obtidos durante quatro semanas nos hospitais selecionados simultaneamente.	Foram gerados um total de 2.260,95 kg de resíduos nos três hospitais durante o período do estudo. Os resíduos plásticos foram 495 kg (21,89%), os papéis foram 398,7 kg (17,63%) e os resíduos putrescíveis foram 788,15 kg (34,86%) e 579,1 kg (25,61%) dos resíduos eram resíduos perigosos. Não foi realizada qualquer triagem, processamento ou tratamento de resíduos. Dois dos hospitais contrataram a uma empresa para descartar seus resíduos em um aterro, enquanto o outro hospital descarta os resíduos sólidos em uma cova a céu aberto e também incinera os resíduos. A observação feita durante o estudo foi que a maior parte dos colaboradores da área de gestão de resíduos possuíam baixos níveis de escolaridade. Segundo os autores, eles tinham uma baixa compreensão das práticas adequadas de gestão de resíduos. Além de possuírem baixas remunerações. As comparações feitas entre os hospitais em termos das suas práticas de gestão de resíduos e as diretrizes do Ministério da Saúde e Gana, mostram que os hospitais não atendem a legislação vigente.

Fonte: O Autor (2024).

APÊNDICE E – Respostas do Gestor ao Questionário

INDICADORES	DIMENSÕES	NOTAS				
Indicador da Central de Resíduos Sólidos	QUESTIONAMENTOS	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
	Existência de Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Saúde - RS (PGRSS)					x
	Capacitação do Funcionários sobre RS					x
	Uso de sacos plásticos específicos para acondicionamento dos RS infectantes					x
	Identificação dos RSS acondicionados					x
	Classificação e controle da geração dos RS					x
	Destinação final ambientalmente adequada (Tratamento) dos RS					x
	Coleta e transporte interno dos RSS acondicionados					x
	Realização da Segregação e Acondicionamento dos RS					x
	Armazenamento interno temporário dos RS			x		
	Coleta e transporte externo dos RS					x
Indicador da Estação de Tratamento de Efluentes	QUESTIONAMENTOS	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
	Realização de tratamento do efluente gerado					x
	Redução de DQO				x	
	Redução de DBO				x	
	Redução dos demais parâmetros				x	
	Monitoramento adequado da ETE					x
Indicador de Gerenciamento Ambiental	QUESTIONAMENTOS	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
	Gestão dos requisitos legais ambientais (licenças, outorgas etc)					x
	Iniciativas para prática do uso racional de água				x	
	Iniciativas para prática do uso racional de energia elétrica			x		
	Iniciativas para prática do uso racional dos demais insumos				x	
	Gestão dos perigos e riscos ambientais dentro do hospital				x	

Fonte: O Autor (2024).