



JULIA TEIXEIRA PIMENTA

**AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA E LAIA
DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM SHOPPING CENTERS:
COMPARAÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS**

**LAVRAS - MG
2024**

JULIA TEIXEIRA PIMENTA

**AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA E LAIA DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS EM SHOPPING CENTERS: COMPARAÇÃO DE DIFERENTES
CENÁRIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Ambiental, área de concentração em Saneamento
e Geotecnia Ambiental, para a obtenção do título
de Mestre.

Prof (a). Dr(a). Camila Silva Franco
Orientador(a)

**LAVRAS - MG
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pimenta, Julia Teixeira.

Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida e Laia dos Resíduos
Sólidos em Shopping Centers: Comparação de Diferentes Cenários /
Julia Teixeira Pimenta. - 2024.

69 p. : il.

Orientador(a): Camila Silva Franco.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Resíduos comerciais. 2. Emissão de gases de efeito estufa. 3.
Impactos ambientais. I. Franco, Camila Silva. II. Título.

JULIA TEIXEIRA PIMENTA

**AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA E LAIA DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS EM SHOPPING CENTERS: COMPARAÇÃO DE DIFERENTES
CENÁRIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Ambiental, área de concentração em Saneamento
e Geotecnia Ambiental, para a obtenção do título
de Mestre.

APROVADA EM 29 de agosto de 2024

Prof (a). Dr(a). Camila Silva Franco UFLA

Prof (a). Dr. Marcio Montagnana Vicente Leme UFLA

Prof (a). Dr(a). Lívia Cristina Pinto Dias UFOP

Prof (a). Dr(a). Camila Silva Franco
Orientador(a)

**LAVRAS - MG
2024**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu agradecimento a todos que tornaram possível a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar, agradeço à minha orientadora, Prof^a. Camila Silva, por seu apoio, orientação e paciência ao longo de todo o processo. Seu conhecimento e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também os meus colegas e amigos, por suas palavras de encorajamento e por estarem sempre disponíveis para discutir ideias e oferecer apoio moral.

Um agradecimento especial aos meus familiares, por sua compreensão, amor e incentivo constantes. Sem o suporte deles, este projeto não teria sido possível. Ao meu namorado por ter me ajudado nos momentos mais difíceis do mestrado e minhas amigas por toda a escuta.

Finalmente, agradeço a todos os participantes e colaboradores da pesquisa, cujas contribuições foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

A todos, meu sincero obrigada.

RESUMO

O aumento do consumo de bens e serviços é um dos principais fatores que contribuem para o crescimento da geração de resíduos sólidos (RS), especialmente no segmento de varejo, como os Shopping Centers (ShC), conhecidos por produzirem grandes volumes e uma diversidade de RS. Essa grande geração de resíduos se torna uma possível fonte de impactos ambientais (IA) o que faz com que esses estabelecimentos precisem minimizá-los por meio de um processo de gerenciamento de seus resíduos. O objetivo do estudo foi a avaliação do gerenciamento de resíduos por meio do inventário do ciclo de vida (ICV) e do levantamento de aspectos e impactos ambientais (LAIA) para diferentes cenários de composição de resíduos em um grande ShC na região metropolitana de Belo Horizonte, MG, Brasil. Três cenários foram analisados: o cenário do período covid gerado em 2020 e 2021, o cenário do período pós-covid gerado em 2022 e um cenário de gerenciamento de resíduos proposto para reduzir seu IA e aumentar a reciclagem e a compostagem, com base na meta nacional de reciclar 48% dos resíduos (28% de resíduos inorgânicos recicláveis e 20% de resíduos orgânicos compostados). A quantidade RS gerado em 2020 e 2021, marcado pela pandemia de covid-19, foi menor em comparação com 2022 que teve um aumento de 22,84%. Ainda assim, pouca alteração ocorreu em relação à destinação para o aterro sanitário, que foi maior em ambos os cenários. Na análise do ICV, o cenário proposto mostrou-se minimizador do IA, uma vez que as emissões de gases de efeito estufa (GEE) foram menores que os cenários do período covid e pós-covid (24,19% e 21,66%), devido ao aumento da compostagem, que substitui as emissões de CH₄ (mais poluente) por CO₂. Os lixiviados e o lodo também foram minimizados em 9,33%. Na análise do LAIA, o cenário com compostagem se mostrou novamente positivo na redução dos IA significativos. Assim, para minimizar adequadamente a IA da gestão de resíduos sólidos, o ShC precisa de aumentar a segregação na fonte, especialmente em áreas de alimentação, para aumentar a quantidade de resíduos que vai para a reciclagem e compostagem e diminuir o que vai para aterros sanitários.

Palavras-chave: Resíduos comerciais. Emissão de gases de efeito estufa. Impactos ambientais.

ABSTRACT

The increase in the consumption of goods and services is one of the main factors contributing to the growth of solid waste (SW) generation, especially in the retail sector, such as Shopping Centers (ShC), known for producing large volumes and a wide variety of SW. This large generation of waste becomes a potential source of environmental impacts (EI), which makes it necessary for these establishments to minimize them through a waste management process. The objective was to assess waste management through the life cycle inventory (LCI) and the survey of environmental aspects and impacts (EIA) for different waste composition scenarios in a large ShC in the metropolitan region of Belo Horizonte, MG, Brazil. Three scenarios were analyzed: the covid period scenario generated in 2020 and 2021, the post-covid period scenario generated in 2022, and a proposed waste management scenario to reduce its EI and increase recycling and composting, based on the national goal of recycling 48% of waste (28% of recyclable inorganic waste and 20% of composted organic waste). The amount of SW generated in 2020 and 2021, marked by the covid-19 pandemic, was lower compared to 2022, which saw a 22.84% increase compared to 2020. Nevertheless, little change occurred in the destination to the sanitary landfill, which was higher in both scenarios. In the LCI analysis, the proposed scenario proved to minimize EI, as greenhouse gas (GHG) emissions were lower than in the covid and post-covid scenarios (24.19% and 21.66%), due to the increase in composting, which replaces CH₄ emissions (more polluting) with CO₂. Leachates and sludge were also minimized by 9.33%. In the EIA analysis, the scenario with composting again showed positive results in reducing significant EIs. Thus, to adequately minimize the EI of solid waste management, the ShC needs to increase source segregation, especially in food court areas, to increase the amount of waste sent to recycling and composting and reduce what goes to landfills.

Keywords: Commercial waste. Greenhouse gas emission. Environmental Impacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/2004.....	3
Figura 2 - Organização dos órgãos ambientais em Minas Gerais.....	6
Figura 3 - Territórios do saneamento e limites das bacias hidrográficas do estado.....	7
Figura 4 - Distribuição dos shopping centers por região.....	11
Figura 5 - Esquema geral do ciclo de vida de um produto.....	17
Figura 6 - Esquema do ciclo de vida de um produto e sua interação com o meio ambiente....	18
Figura 7 - Estrutura da Avaliação de Ciclo de Vida.....	19
Figura 8 - Matriz de interações.....	21
Figura 9 – Delimitação dos cenários covid(a), pós-covid e proposto (b).....	25
Figura 10 - Quantidade de RS coletados no Shc de 2020 a 2022.....	30
Figura 11 - Destinação dos resíduos orgânicos e recicláveis nos anos de 2020 a 2022.....	31
Figura 12 - Comparação entre o que foi gerado nos três cenários de acordo com a destinação dos resíduos.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Territórios do Saneamento e suas respectivas cidades polo, quantidades de municípios e populações.....	8
Tabela 2 - Classificação dos shopping centers por tamanho.....	11
Tabela 3 - Ranking da quantidade de shopping centers por estado.....	12
Tabela 4 - Geração dos resíduos sólidos domiciliares dos principais municípios da mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.....	22
Tabela 5 - Composição gravimétrica (kg/kg) dos resíduos sólidos domiciliares dos principais municípios da mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.....	22
Tabela 6 - Caracterização dos estabelecimentos comerciais no shopping center.....	23
Tabela 7 - Emissão de GEE por atividade.....	27
Tabela 8 - Geração de lodo e lixiviado.....	28
Tabela 9 - Caracterização da unidade funcional dos cenários.....	33
Tabela 10 - Inventário do cenário covid.....	36
Tabela 11- Inventário do cenário pós-covid.....	37
Tabela 12 - Inventário do cenário proposto.....	38
Tabela 13 - Consolidado dos 3 cenários.....	39
Tabela 14 - Dados consolidados do cenário 1 e 2.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Planos e programas para gestão de resíduos em Minas Gerais.....	8
Quadro 2 - Gerenciamento de resíduos em varejo.....	14
Quadro 3 - Estudos nacionais e internacionais sobre o uso ACV na gestão de resíduos sólidos.	18
Quadro 4 - Situação operacional.....	28
Quadro 5 - Frequência do aspecto/impacto ambiental.....	28
Quadro 6 - Gravidade de um impacto ambiental.....	29
Quadro 7 - Grau de Risco.....	29
Quadro 8 - Levantamento de aspectos e impactos ambientais do cenário covid.....	41
Quadro 9 - Levantamento de aspectos e impactos ambientais do cenário pós-covid e proposto.....	43

INDICADORES DE IMPACTO

O trabalho caracterizou e apresentou os impactos do gerenciamento de resíduos em um shopping center na região metropolitana de Belo Horizonte e apresenta impactos significativos em diversas dimensões, com destaque para o impacto ambiental, diretamente vinculados a melhoria da destinação final de resíduos e diminuição de gases de efeito estufa, lodo e lixiviado. No âmbito tecnológico, a pesquisa incentiva o aumento da reciclagem de materiais e compostagem, beneficiando diretamente toda a cadeia de reciclagem e compostagem da região. Socialmente, o trabalho tem um papel extensionista envolvendo a conscientização das organizações de varejo em relação ao seu gerenciamento de resíduos e contou com o apoio de duas empresas para o fornecimento de dados do Sistema MTR.

Os impactos do trabalho são classificados nas áreas temáticas de meio ambiente, tecnologia e educação, promovendo práticas sustentáveis e adaptação às mudanças climáticas. Alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especialmente os ODS 12 (Consumo e produção responsáveis), a pesquisa contribui para um melhor gerenciamento de resíduos e para a redução dos impactos ambientais causados pela má gestão em varejo, especificamente em shopping centers.

IMPACT INDICATORS

The study characterized and presented the impacts of waste management in a shopping center located in the metropolitan region of Belo Horizonte, highlighting significant impacts across various dimensions, particularly in the environmental domain. These include improvements in waste disposal, reduction of greenhouse gas emissions, sludge, and leachate. From a technological perspective, the research promotes increased recycling of materials and composting, directly benefiting the entire recycling and composting chain in the region.

Socially, the study plays an extensionist role by raising awareness among retail organizations regarding their waste management practices. It also involved the support of two companies for providing data from the MTR System.

The impacts of this work are classified within the thematic areas of environment, technology, and education, fostering sustainable practices and adaptation to climate change. Aligned with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 12 (Responsible Consumption and Production), the research contributes to better waste management and reduces the environmental impacts caused by poor waste management in the retail sector, specifically in shopping centers.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	2
2.1 Objetivo geral.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3 REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1 Resíduos Sólidos.....	3
3.1.1 Definição e classificação	3
3.1.2 Aspectos Legais	4
3.1.3 Legislação Estadual	7
3.2 Gestão e Gerenciamento de Resíduos	10
3.3 Shopping Centers.....	12
3.3.3 Geração de Resíduos Sólidos em ShC.....	15
3.4. Avaliação de impacto ambiental	18
3.4. Metodologias de avaliação de impactos ambientais	20
3.4.1. Análise de Ciclo de Vida	20
3.4.2. Matrizes de interações.....	24
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 Caracterização da área de estudo	26
4.2. Coleta de dados e análise	28
4.2.1. Escopo, unidade funcional e limite do sistema.....	29
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	35
5.1 RS gerados e destino na caracterização do ShC	35
5.2 Destinação dos RS gerados no ShC.....	37
5.3 Caracterização dos cenários	39
5.4 Avaliação do inventário	42
5.5 Levantamento dos aspectos e impactos	47
6 CONCLUSÃO.....	56
7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	57

8 REFERÊNCIAS	58
ANEXO A - Dados coletados nas DMRs	62
APÊNDICE A - Dados de geração e destinação de RS.....	64

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da geração de resíduos sólidos (RS), crescem também os desafios na gestão e destinação ambientalmente adequada. Os geradores de RS são diversos e, entre os empreendimentos privados, os de varejo como os shoppings centers (ShC) se destacam pela alta circulação de pessoas e pela variedade de serviços oferecidos, como comércio, alimentação, entretenimento, beleza, saúde, entre outros.

Essa diversidade de atividades resulta em uma geração de resíduos heterogênea, que exige uma abordagem de gestão eficaz e sustentável, começando pela segregação adequada na fonte. No entanto, a maioria dos ShC não possui a ferramenta básica para minimizar os impactos ambientais de suas atividades: o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Sem os procedimentos de gerenciamento que possuem os PGRS, resíduos com características distintas são misturados e enviados para aterros sanitários para disposição final, sem considerar seu potencial de recuperação, tratamento e conseqüente minimização de impactos (MARSARO, 2009).

Os impactos ambientais da má gestão de resíduos são bem conhecidos e podem ser calculados via Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) ou por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A metodologia de LAIA surgiu para a análise de IA de projetos, já a ACV é uma metodologia usada para a análise de produtos, mas pode ser utilizada para a análise de impacto de serviços, como o gerenciamento de resíduos, desde que os cenários analisados tenham a mesma função (LEME, 2010).

Neste trabalho levantou-se as principais emissões de três cenários distintos, por meio da Análise de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) e o LAIA para definição de um cenário com menor IA. Na análise de ICV, foram analisadas as principais emissões de um processo de gerenciamento de resíduos que são as emissões de gases de efeito estufa GEE, lixiviado e lodo que são responsáveis pelo aquecimento global, depleção da camada de ozônio, danos ao solo e à água, e esgotamento de recursos renováveis (PÉREZ, 2020). Quando esses RS são enviados para aterros sanitários, o impacto ambiental é ainda maior, pois os aterros envolvem vários riscos ambientais. No entanto, esse método ainda é prevalente na maioria dos países devido ao custo relativamente baixo e aos requisitos técnicos reduzidos (VAVERKOVÁ, 2019).

Na análise do LAIA, levou-se em consideração a diferença de IA da presença ou não da compostagem no processo de gerenciamento de resíduos. Neste contexto, objetiva-se analisar os IA em um ShC da região metropolitana de Belo Horizonte, por meio da construção e análise de um ICV e do LAIA considerando seu cenário de gerenciamento no período da covid e o

período pós-covid, bem como propor cenário futuro que visa a minimização destes impactos pelo aumento da reciclagem e compostagem de acordo com a meta brasileira do Plano Nacional dos Resíduos Sólidos (PLANARES).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o impacto ambiental por meio da análise do inventário do ciclo de vida e do levantamento de aspectos e impactos ambientais (LAIA) da geração de RS em um ShC de grande porte em seu cenário de gerenciamento histórico, atual e propor um novo cenário de menor impacto.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a geração no período da covid e pós-covid de RS em um ShC de grande porte e propor um cenário de melhoria na destinação de orgânicos e recicláveis;
- Elaborar o inventário de ciclo de vida para os 3 diferentes cenários de gerenciamento de RS no ShC e avaliar seus impactos por meio da emissão de lodo, lixiviado e GEE;
- Elaborar e avaliar uma matriz de aspectos e impactos considerando o cenário com compostagem (cenário pós-covid e proposto) e sem compostagem (cenário covid);
- Sugerir práticas de gerenciamento de RS em SC que visam a minimização dos impactos ambientais causados por suas diversas atividades.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Resíduos Sólidos

3.1.1 Definição e classificação

Podemos aqui considerar duas definições para os resíduos sólidos. A primeira da PNRS (BRASIL, 2010), que define como:

“Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água,

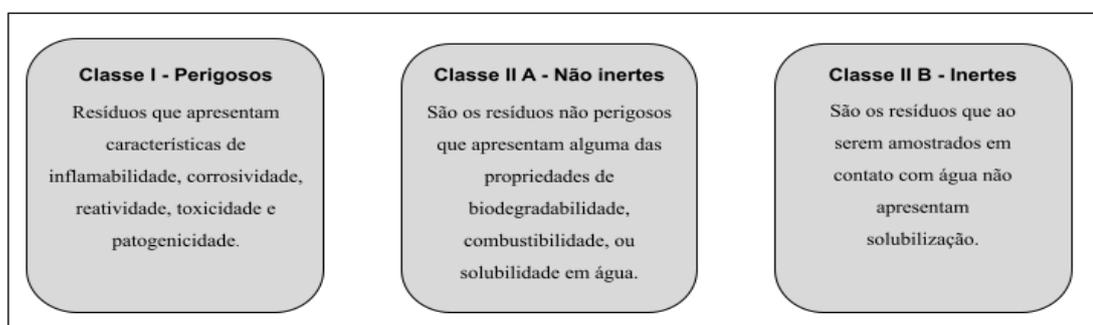
ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, Art. 3).”

A outra definição amplamente aceita é da NBR 10.004/2004, legislação técnica apresentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

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

Não existe uma diferença substancial entre as duas definições, por isso encontramos trabalhos e planos que usam uma ou outra. A principal diferença está na classificação dos resíduos sólidos feita pelas duas. A PNRS classifica os resíduos pela origem e pela periculosidade. Temos por origem, tal classificação: resíduos domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transporte e de mineração. E quanto a periculosidade eles são divididos entre perigosos e não-perigosos. Já a NBR 10.004/2004 classifica os resíduos sólidos conforme a Figura 1:

Figura 1- Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/2004.



Fonte: Adaptado de NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004).

3.1.2 Aspectos Legais

O crescimento dos resíduos sólidos fez com que os órgãos públicos tivessem que pensar em uma gestão mais eficiente (NETO; MOREIRA, 2010). Em uma década em que o Brasil produzia 183,5 mil toneladas de resíduos por dia e que de seus 5.564 municípios, apenas 27,7% destinavam seus resíduos para aterros sanitários (IBGE, 2002), se começa a estabelecer quais as vertentes das diretrizes políticas para a instrumentalização do sistema de gestão.

Muito antes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), durante o período colonial já existia uma preocupação jurídica com os recursos naturais brasileiros. No século XVIII existiam normas para o corte de madeira no Código Penal, mas que ainda estava muito ligada aos interesses de expansão da Coroa. Foi só no século XX, principalmente em 1930, que se iniciaram ações governamentais de preocupação ambiental com a elaboração do Código Florestal Brasileiro, Código das Águas e Código da Pesca. Mas as discussões legais ficaram 30 anos paradas e só voltaram em 1960 com a elaboração do Estatuto da Terra, do novo Código Florestal, da nova Lei de Proteção da Fauna e da Política Nacional do Saneamento Básico (FRITSCH, 2000). Em 1972 as discussões ganharam um cunho global com a Conferência de Estocolmo, evento importante para a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), decreto nº. 73.030/73, no ano seguinte (NETO; MOREIRA, 2010)

Ainda segundo Fritsch (2000), o impulso das questões ambientais no Brasil se deu na década de 80 com a Lei nº. 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), a Lei nº. 7.347/ 85 que disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente e Constituição Federal de 1988 (CF88).

Já as normatizações em relação aos resíduos antes da PNRS estavam dissolvidas em várias leis, decretos, portarias e resoluções da CONAMA e ANVISA. A situação dos resíduos foi agravada com a intensa urbanização que ocorreu entre as décadas de 40 e 70, onde também se via um aumento do PIB. Foi assim que na década de 80 o problema de disposição de resíduos sólidos entra nas discussões públicas e surgem os primeiros programas de coleta seletiva.

Mesmo assim, na esfera federal o que se tinha com caráter de lei sobre resíduos era o art. 23 da CF88, que definia a limpeza pública como de interesse local e de caráter essencial e a Lei de Crimes Ambientais (NETO; MOREIRA, 2010). Só com a PNRS, sancionada em agosto de 2010, que temos um marco regulatório na temática de resíduos sólidos.

A PNRS contém instrumentos para o avanço do país nas questões ambientais, econômicas e sociais e reúne os princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos, metas e ações para a gestão integrada e gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos. A mesma define a ordem de prioridade na gestão de resíduos como não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e sua disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, Art. 9), ou seja, disposição ordenada em aterros obedecendo as normas operacionais. No seu texto também é definida a responsabilidade de cada ente federativo. Fica a cargo dos municípios a gestão integrada dos resíduos pertencentes ao território, dos estados promover a integração da organização, do planejamento e da execução das funções públicas de interesse comum relacionadas à gestão dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, e controlar e fiscalizar as fontes geradoras de resíduos sujeitas a licenciamento ambiental. A federação é responsável pela construção do Plano Nacional de Resíduos Sólidos com duração de 20 anos e atualização a cada 4 anos (BRASIL, 2010, Art. 10, 11, 15).

Segundo a PNRS e confirmado por Menezes (2016), é importante se ter a caracterização dos resíduos para o gerenciamento adequado. Em seu Art 23º define como conteúdo mínimo para a elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) informações sobre a origem, caracterização, volume gerados, bem como o prazo para destinação. Sabe-se então que o estudo das características permite melhorar as estratégias de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos (SOARES, 2011).

A caracterização gravimétrica é feita de acordo com o objetivo da análise, mas segundo Leme (2010) existe uma dificuldade de obter essa informação por não existir procedimentos padrões de amostragem e pela heterogeneidade dos resíduos. Para empresas que têm de declarar no Sistema MTR-MG cada tipo de resíduo gerado e a quantidade, a informação da composição gravimétrica se torna mais fácil de ser consultada. Basicamente, a composição gravimétrica é formada pelos teores de matéria orgânica, papel e papelão, metais, vidros, plásticos e outros.

Um ponto importante abordado na Lei é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos entre os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

A responsabilidade compartilhada tem como objetivo compatibilizar interesses econômicos e sociais visando a sustentabilidade, promover a inserção dos resíduos sólidos de volta a cadeia produtiva, reduzir a geração de resíduos para a minimização de danos

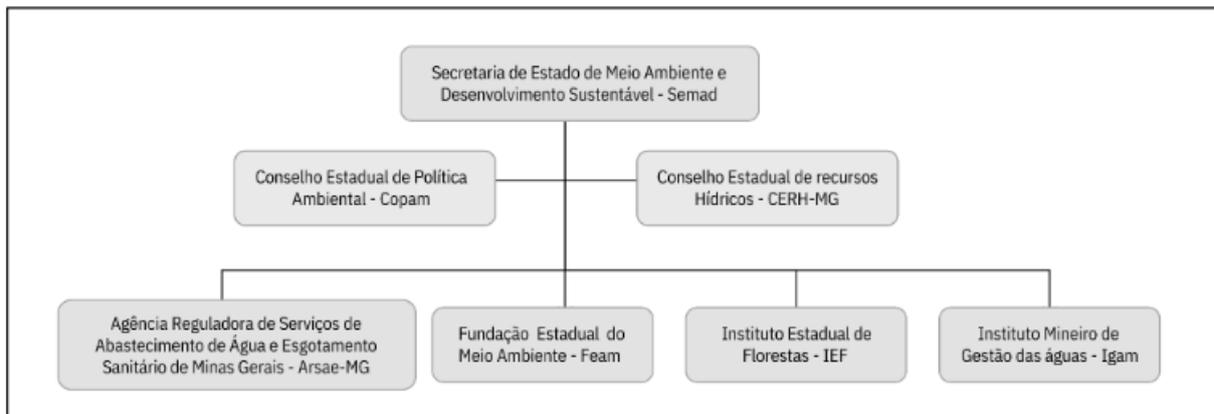
ambientais, incentivar o uso de insumos menos agressivos e mais sustentáveis, proporcionar que as atividades produtivas sejam sustentáveis, estimular o mercado de materiais recicláveis e reciclados, e garantir a responsabilidade socioambiental.

Após mais de 10 anos muito ainda precisa ser feito para se alcançar a gestão adequada de resíduos, começando por pontos que são abordados e ainda não foram adotados pela maioria dos municípios brasileiros, como a extinção dos lixões e a inclusão de catadores na cadeia da logística reversa.

3.1.3 Legislação Estadual

Assim como existem órgãos que compõem o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) no âmbito federal, existem os órgãos responsáveis pelo tema ambiental nos estados, como apresentado na Figura 2, e que desempenham funções diferentes e complementares que abrangem todas as demandas.

Figura 2 - Organização dos órgãos ambientais em Minas Gerais.



Fonte: elaborado pela autora.

As principais instituições responsáveis pelo manejo de resíduos sólidos no estado são:

- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad): que é responsável por propor, desenvolver e monitorar projetos, programas, estudos e ações relacionadas às etapas de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU); fiscalizar e aplicar sanções administrativas referentes à gestão de RSU; e montar banco de dados sobre RSU.
- Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM): responsável por prestar apoio técnico para os órgãos e entidades do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA); propor diretrizes para o cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e da

Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS); fomentar ações de boas práticas de gestão e gerenciamento de resíduos.

- Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam): é um órgão colegiado, normativo, consultivo e deliberativo. É responsável por gerar instrumentos normativos, como o estabelecimento de diretrizes para implementação da logística reversa no estado.

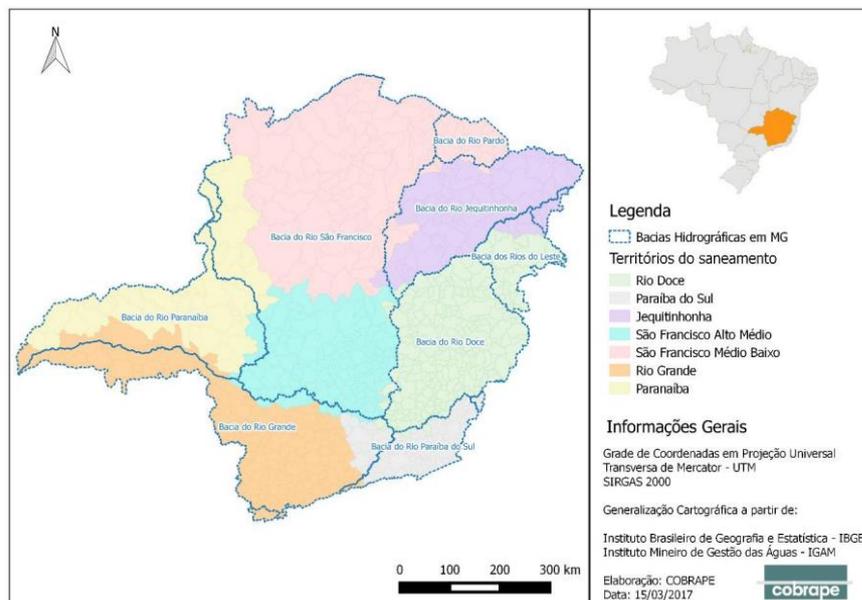
A SEMAD é o órgão que compõem o Sisnama e é responsável pelas políticas estaduais, como a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009. A criação desta política serviu para beneficiar os municípios com incentivos fiscais para a aquisição de equipamentos para a limpeza urbana, já que a obrigação de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos é da prefeitura de cada município.

A lei também prevê o incentivo às associações de catadores para dar apoio às famílias que catam material reciclável em torno dos lixões.

O estado de Minas Gerais não tem um Plano Estadual de Resíduos Sólidos, mas as questões de resíduos estão no Plano Estadual de Saneamento Básico (PESB) de 2020, que é apresentado por região.

A regionalização do PESB é feita por Territórios do Saneamento (TS) (Figura 3), cujos limites são dados pelas bacias hidrográficas dos rios: Jequitinhonha, Paraíba do Sul, Paranaíba, Doce, Grande e São Francisco, sendo que esta última foi subdividida em duas – alto/médio e médio/baixo.

Figura 3 - Territórios do saneamento e limites das bacias hidrográficas do estado.



Fonte: COBRAPE (2017).

Cada TS tem a sua cidade polo, que foram usadas para os eventos durante a construção do PESB. Na Tabela 1, se encontram as cidades polos e o número de municípios de cada TS.

Tabela 1- Territórios do Saneamento e suas respectivas cidades polos, quantidades de municípios e populações.

Território do saneamento	Cidade polo	Nº total de municípios	População (IBGE, 2019)
Jequitinhonha	Almenara	67	880.835
Paraíba do Sul	Juiz de Fora	101	1.825.061
Rio Paranaíba	Uberlândia	46	1.895.997
Rio Doce	Governador Valadares	221	3.611.693
Rio Grande	Poços de Caldas	182	3.576.122
São Francisco Alto Médio	Belo Horizonte	140	7.322.123
São Francisco Médio Baixo	Montes Claros	96	1.786.885

Fonte: COBRAPE (2017), IBGE (2019).

Uma das cidades pólo é a capital do estado, Belo Horizonte, que faz parte do TS do São Francisco Alto Médio, assim como toda a região metropolitana. Outros planos e programas que existem no território estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Planos e programas para gestão de resíduos em Minas Gerais.

Programa	Criação	Instituição	Objetivos
Programa Ambientação	2003	FEAM	Promover hábitos e atitudes sustentáveis dos servidores públicos estaduais, por meio da promoção do consumo consciente e da cooperação com a coleta seletiva de resíduos.
Programa Minas Sem lixões (PMSL)	2003	FEAM	Dar suporte aos municípios mineiros na implementação de políticas públicas coletadas para a gestão adequada dos RSU, em prol da melhoria da destinação dos resíduos no estado de MG, evitando danos ao meio ambiente e à saúde pública
Plano Preliminar de Regionalização para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	2009	FEAM	Desenvolver um estudo para a formação de consórcios de municípios, visando o manejo integrado de RSU, levando em consideração a

Urbanos em Minas Gerais			viabilidade técnico-econômica e o atendimento à legislação vigente.
Plano Estadual de Coleta Seletiva (PECS)	2011	FEAM	Orientar a atuação de MG na promoção do apoio à implantação ou ampliação dos serviços de coleta seletiva em seus 853 municípios, incentivando a inclusão socioprodutiva dos catadores de materiais recicláveis e o fortalecimento dos instrumentos determinados pelas Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos
Plano Metropolitan de Gestão Integrada de Resíduos (PMGIR) com Foco em RSS e RCCV	2016	Governo de Minas Gerais	Apontar possibilidades/alternativas, devidamente embasadas em normas e leis e fundamentadas na situação de gestão e gerenciamento dos RSS e RCCV, a fim de apoiar a tomada de decisões dos gestores municipais e do Estado de Minas Gerais
Programa de Economia Circular	2017	FIEMG	Evolução do Programa Mineiro de Simbiose Ambiental, o programa propõe planos de negócio coletivos para os resíduos gerados pelas indústrias.

Fonte: Adaptação COBRAPE (2020).

3.2 Gestão e Gerenciamento de Resíduos

A gestão de resíduos busca planejar, encontrar alternativas, organizar, controlar e monitorar os procedimentos a serem realizados no gerenciamento de resíduos. Já o gerenciamento é a operacionalização do processo, que envolve a implementação, sistematização e medição dos processos estabelecidos na gestão (CALDAS, 2017).

Definido pela PNRS, existe a seguinte ordem de prioridade para gestão e gerenciamento dos resíduos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Tirando a não geração de resíduos e a redução, as outras atividades do gerenciamento consistem em dar uma destinação ambientalmente correta para os resíduos gerados. A destinação inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes.

Para cada tipo de resíduo existe uma destinação adequada. Sendo a reutilização o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química. A reciclagem é um processo de transformação dos resíduos sólidos que pode alterar as suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com o objetivo de transformar o resíduo em novos insumos ou novos produtos. A compostagem é um processo de transformação da matéria orgânica presente em adubo orgânico. Já a recuperação e o aproveitamento energético são um processo de tratamento térmico de resíduos com recuperação

de energia térmica gerada pela combustão, com vistas à redução de volume e periculosidade, preferencialmente associada à geração de energia térmica ou elétrica.

A coleta seletiva é a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição e o precede a etapa de destinação final. Neste trabalho este será o processo observado pela sua importância nos processos de reutilização, reciclagem e tratamento térmico.

A disposição final ambientalmente adequada, de acordo com a PNRS, consiste em:

“distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;”

Sendo o aterro sanitário um sistema preparado para o recebimento dos resíduos sólidos e pode ser definido como uma forma de disposição de resíduos no solo com base em critérios de engenharia e normas operacionais, que permite o confinamento seguro, garantindo o controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública, minimizando os impactos ambientais.

A disposição em aterros sanitários só deve ser feita para resíduos sólidos, depois de esgotadas as tecnologias de aproveitamento e reciclagem (PNRS, 2010). Todavia, grande quantidade dos resíduos sólidos ainda são destinados para os aterros sanitários.

Pela PNRS, os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços são os resíduos gerados por estas atividades, excetuando os resíduos de limpeza urbana, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil e resíduos de serviços de transportes. Os shopping centers são um exemplo de estabelecimento comercial com grande geração de resíduos.

3.3 Shopping Centers

O setor de varejo é de extrema importância para a economia brasileira, representando 22% do PIB. Os shopping centers, nos grandes centros urbanos, são considerados importantes agentes de expansão do varejo (SALES e REIS, 2017).

Segundo a Associação Brasileira de Shoppings Centers (ABRASCE), shopping center, é uma organização com área de locação superior a 5.000 m², onde se encontram diversos comércios dos mais variados tipos, com administração centrada e única, onde, geralmente, encontram-se lojas âncoras e estacionamento (ABRASCE, 2008). São classificados por tamanho, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação dos shopping centers por tamanho.

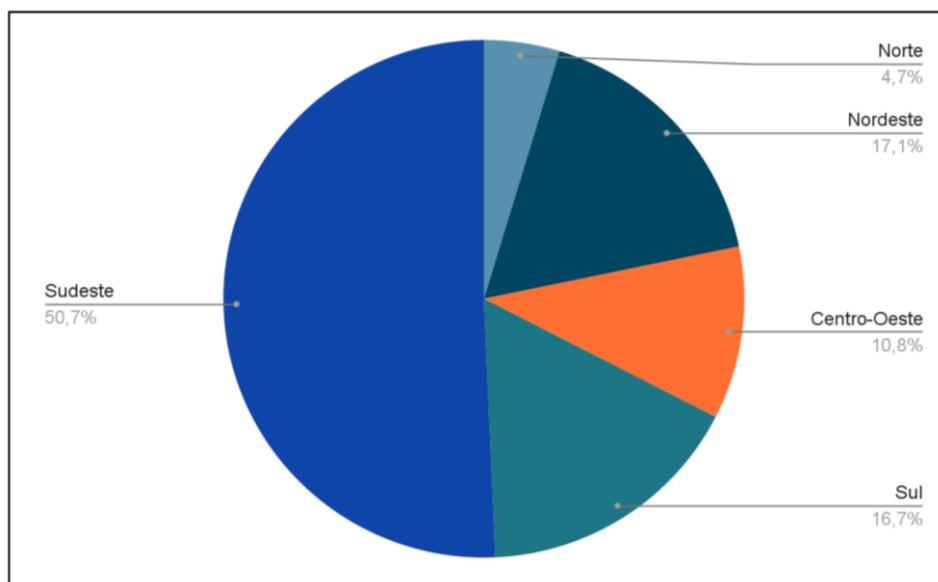
Tipo	Porte	Área Bruta Locável
Tradicional	Mega	Acima de 60.000 m ²
	Regional	De 30.000 a 59.999 m ²
	Médios	De 20.000 a 29.999 m ²
	Pequenos	Até 19.999 m ²
Especializado	Grandes	Acima de 20.000 m ²
	Médios	De 10.000 a 19.999 m ²
	Pequenos	Até 9.999 m ²

Fonte: ABRASCE, 2023.

O setor também se mostra relevante para a economia pelo número de empregos gerados. Em 2020, os shoppings centers empregavam formalmente 998.000 pessoas, representando 10,6% dos empregos em comércios (ABRASCE, 2022).

Os principais dados do setor de shopping center são divulgados pela ABRASCE. Os dados encontrados quantificam a quantidade de shopping centers e sua distribuição pelas regiões brasileiras. Em 2021, o Brasil alcançou a marca de 620 shoppings centers (ABRASCE, 2023). Já os dados de distribuição eram públicos, mas na data deste trabalho, já não constavam mais no site, sendo os dados aqui apresentados na Figura 4 e Tabela 3 retirados da pesquisa de Caldas (2017).

Figura 4 - Distribuição dos shopping centers por região.



Fonte: Adaptado de Caldas (2017, p. 28, apud ABRACE, 2017)

O Quadro 3 apresenta o ranking de quantidade de shopping center por estado.

Tabela 3 - Ranking da quantidade de shopping centers por estado.

Ranking	Estado	Nº de shoppings em operação	Nº de shoppings estimados para final de 2017	Área Bruta Locável
1	SP	180	182	5.310.695 m ²
2	RJ	67	67	1.787.245 m ²
3	MG	46	47	1.132.807 m ²
4	RS	37	39	799.880 m ²
5	PR	33	33	753.971 m ²
6	SC	23	24	560.169 m ²
7	GO	25	26	566.095 m ²
8	BA	22	23	555.826 m ²
9	DF	20	21	423.951 m ²
10	CE	18	18	535.799 m ²
11	PE	15	15	559.435 m ²
12	AM	10	10	324.353 m ²
13	ES	9	9	285.056 m ²
14	PA	8	9	247.808 m ²
15	RN	7	7	166.103 m ²
16	MA	7	9	152.615 m ²
17	MT	5	5	200.648 m ²
18	PB	5	5	197.995 m ²
19	MS	5	5	152.760 m ²
20	AL	4	4	150.819 m ²
21	SE	4	4	132.431 m ²
22	PI	4	5	132.866 m ²
23	TO	2	3	39.842 m ²
24	RR	2	2	55.408 m ²
25	AP	2	2	50.133 m ²
26	RO	1	1	44.000 m ²
27	AC	1	1	28.195 m ²
Total		562	575	15.340.904 m ²

Fonte: Caldas (2017, p. 28, apud ABRACE, 2017).

As regiões brasileiras com os maiores centros econômicos são as que possuem a maior quantidade de shoppings center, sendo 53,7% no Sudeste e 16,5% no Sul. Já considerando a Área Bruta Locável (ABL), o Nordeste ultrapassa o sul em área de locação, mas o sudeste apresenta também a maior área.

O estado de São Paulo é o que tem mais shopping center, com quase 3 vezes mais do que o Rio de Janeiro, segundo lugar do ranking. Da região nordeste, a segunda com maior ABL, temos o primeiro estado aparecendo no 8º lugar do ranking com a Bahia e em 10º com o Ceará.

Com a análise desses dados, percebe-se que Minas Gerais é um estado bem representativo no mercado de shopping centers, sendo o terceiro estado com maior número e o terceiro com maior ABL.

3.3.3 Geração de Resíduos Sólidos em ShC

Os shoppings centers são considerados grandes geradores de resíduos e podem causar grandes impactos ambientais sem um correto gerenciamento. Além disso, é um setor que tem crescido nos últimos anos, em função de sua importância na sociedade moderna (CALDAS, 2017). Para entender o que já foi estudado sobre a geração de resíduos e como é feito o gerenciamento destes resíduos foram encontrados autores brasileiros e estrangeiros.

Filimonau e Gherbin (2017), apresentam que apesar dos grandes supermercados do Reino Unido reconhecerem que a geração de resíduos de alimentos é um problema eles ainda não dão a importância necessária ao tema. Os autores ainda mencionam a dificuldade de estimar a quantidade de resíduos produzidos nestes estabelecimentos.

Teller et. Al. (2018), investigam o desperdício de alimentos sob a perspectiva das operações de varejo, com o objetivo de identificar as causas principais do desperdício de alimentos considerando diferentes formatos de loja e categorias de produtos. No final eles concluem que há um alto desperdício devido a conscientização e as operações das lojas e que a gestão de resíduos é diferente para cada formato de loja (supermercado, hipermercado, etc.)

Alguns outros autores que já apresentaram trabalhos sobre a gestão de resíduos em centros comerciais estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Gerenciamento de resíduos em varejo

Local	Porte	Quantidade gerada	Características	Destino	Autor
Fortaleza, Brasil	Pequeno	20,28 t/mês	Há a geração de resíduos de serviço de saúde	Resíduos orgânicos e comuns: Aterro Sanitário; Resíduos recicláveis: associação de catadores; Lâmpadas: descontaminação; resíduos de serviço de saúde: Incineração	Caldas, 2017
Goiás, Brasil	Grande	258 t/mês	Visita mensal: 1,2 milhões de pessoas	Papel e papelão: reciclagem; Vidro: aterro sanitário; Metais: reciclagem; Plástico: reciclagem; orgânicos e de poda e capina: aterro sanitário; Outros resíduos: logística reversa, autoclavagem e descontaminação.	Marsaro, 2009
Reino Unido (16 <i>shoppings centers</i>)	Não mencionado	0.021 t/m ² /ano	O estudo apresenta um aumento na quantidade reciclada e uma diminuição dos resíduos gerados causados pelas taxas de aterramento de resíduos.	Recicláveis: reciclagem ou incineração.	Pitt, 2005
Porto Alegre	Não mencionado	2,8 t/dia	O estudo apresenta o uso de resíduos orgânicos de um shopping center para alimentação de suínos	Resíduos orgânicos: alimentação animal.	Juffo, 2013
Mundial	Não mencionado	-	Análise bibliográfica dos estudos de gestão de resíduos em shopping center	Não analisa nenhuma destinação especificamente.	Aguiar & El-Deir, 2022

3.4. Avaliação de impacto ambiental

O impacto ambiental é comumente reconhecido pelo dano à natureza, como a poluição de um rio por derramamento de petróleo. Uma das definições mais aceitas de impacto ambiental é de Wathern (1988), que caracteriza o impacto ambiental como uma mudança de em um parâmetro ambiental em um espaço físico e de tempo definido causado por uma atividade. Nos estudos sempre um impacto ambiental é precedido de um aspecto ambiental, que é um elemento da atividade realizada que interage com o meio ambiente e pode causar um impacto ambiental positivo ou negativo.

A avaliação de impacto ambiental (AIA) surgiu junto com a lei da Política Nacional do Meio Ambiente dos Estados Unidos em 1969 e serviu de modelo para várias legislações ambientais no mundo. A lei exigia que as empresas declarassem sobre os impactos das empresas americanas, o que era bem parecido com um estudo de impacto ambiental.

Atualmente um livro de referência para se estudar sobre impacto ambiental é o “Avaliação de Impacto Ambiental” (Sánchez, 2011) e ele apresenta várias definições de outros autores sobre o que é a avaliação de impacto ambiental e conclui que podemos definir como um instrumento analítico, preventivo de estudo das consequências futuras de uma ação presente ou proposta.

Segundo Sánchez (2011), a AIA no Brasil iniciou na década de 70 com o crescimento do pensamento ecológico e os primeiros estudos de impacto ambiental vieram de projetos de hidrelétrica, mesmo que os impactos encontrados não servissem de influência no projeto. Já no meio acadêmica iniciaram-se pesquisas importantes sobre o tema, como o impacto das barragens no rio Tietê em São Paulo.

Um marco importante para a definição da AIA como um instrumento, foi a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (1981) que definiu sua importância para: compatibilizar desenvolvimento econômico e ambiental; preservar recursos naturais; e obrigar o poluidor a recuperar e indenizar danos ambientais. A partir da lei federal a AIA foi institucionalizada por leis estaduais e passou a ser um item obrigatório para avaliar projetos e para o licenciamento ambiental.

A AIA segue uma sequência lógica das atividades e existe para avaliar os impactos ambientais antes de se tomar uma decisão que possa acarretar degradação ambiental. Por isso é uma ferramenta bastante utilizada para avaliar a situação atual de um ambiente e a situação futura de acordo com o cenário apresentado (Sánchez, 2011).

Para se elaborar uma AIA é preciso seguir algumas etapas, que são elas:

- Apresentação da proposta: é a apresentação de um projeto que pode ser feita por uma empresa ou um órgão governamental, por exemplo. Nessa apresentação deve-se ter todas as informações sobre a área e o projeto que será desenvolvido.
- Triagem: É ato de selecionar das inúmeras ações humanas do projeto quais têm o potencial de causar um impacto significativo. Nesta etapa precisa-se ter uma análise sobre as várias ações humanas já conhecidas e quais as suas interações com o meio ambiente. A partir da triagem divide os projetos em 3 categorias, sendo a primeira são necessários estudos aprofundados, não são necessários estudos aprofundados e não se sabe o potencial de causar impactos ou não se conhece medidas de controle.
- Determinação do escopo: um estudo de impacto ambiental só é feito quando se tem definida a abrangência dele, sendo a abrangência tipos de alternativas tecnológicas, de localização e o conteúdo do estudo.
- Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA): essa é a parte principal da avaliação de impacto, e um EIA visa determinar a duração, extensão e a intensidade dos impactos ambientais e a partir disso propor uma forma de reduzir ou evitar esses impactos.
- Análise técnica: Os estudos devem ser analisados por uma terceira parte, normalmente a equipe técnica de um órgão governamental.
- Consulta pública: A consulta pública é uma consulta feita com todas as partes interessadas.
- Decisão: A decisão pode ser tomada de várias maneiras e é a parte decisória em relação ao licenciamento.

A AIA também pode ser simplificada quando se está analisando alternativas para um processo já existente, ou seja, que já passou pelo processo de licenciamento, mas se está buscando propor alternativas que melhorem o desempenho ambiental. Como exemplo, o trabalho de Moraes et.al. (2015) avalia o impacto de cenário de destinação de resíduos por meio de uma Análise de Ciclo de Vida (ACV). A ACV é uma metodologia que está se destacando para avaliação de impacto ambiental e suas fases podem ser usadas para a avaliação de impactos de projetos e cenários.

3.4. Metodologias de avaliação de impactos ambientais

3.4.1. Análise de Ciclo de Vida

Com a crescente conscientização acerca dos impactos negativos no meio ambiente, há uma crescente demanda por soluções eficazes para mitigá-los. Neste contexto, várias técnicas

e ferramentas têm sido desenvolvidas, buscando ajudar a minimizar esses impactos. Uma dessas ferramentas é a Análise de Ciclo de Vida (ACV).

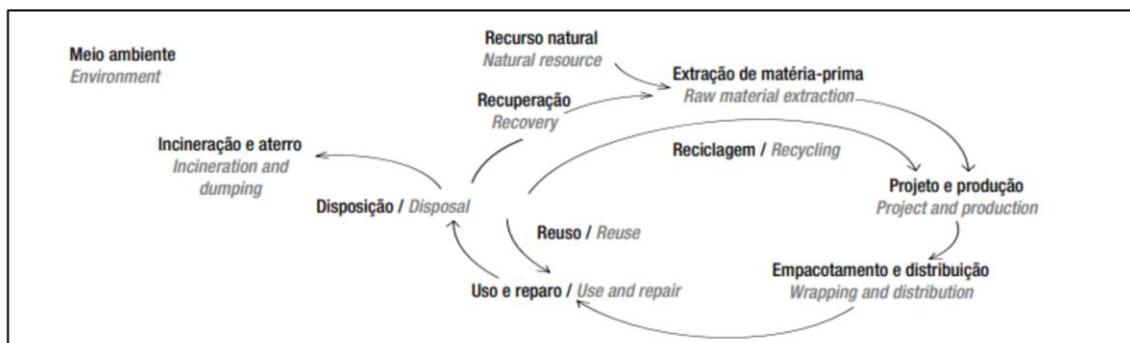
A ACV está normalizada pela International Organization for Standardization (ISO) e no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na forma das NBR's 14040 (ABNT, 2014a) e 14044 (ABNT, 2014b). É uma ferramenta importante para a avaliação e análise de sistemas de gerenciamento e disposição de resíduos. Apesar disso, pode ser difícil usar a metodologia já que existe uma dificuldade de se coletar dados precisos sobre os processos de gestão de resíduos, já que não costuma ser um processo que as empresas se preocupam muito.

A ACV é uma técnica abrangente que permite avaliar os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a extração de matérias-primas até o descarte final, passando por todas as etapas do processo produtivo. Além disso, a ACV também oferece uma visão geral dos aspectos ambientais e permite identificar pontos críticos e oportunidades de melhoria, ajudando a direcionar esforços e investimentos para obter o máximo impacto positivo.

De acordo com a NBR ISO 14.040 (2001), a Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica que permite avaliar os aspectos ambientais e seus impactos. Ela consiste em criar um inventário de entradas e saídas de um sistema de produtos, identificar os impactos relacionados a essas entradas e saídas e interpretar os resultados para determinar o impacto ambiental do projeto, de acordo com seus objetivos específicos.

O ciclo de vida de um produto é formado por todos os estágios desde sua geração até a sua disposição final (ISO 14044, 2006). A seguir, a Figura 5 apresenta uma ilustração esquemática do ciclo de vida de um produto e a Figura 6 a interação do ciclo de vida com o meio ambiente.

Figura 5 - Esquema geral do ciclo de vida de um produto.

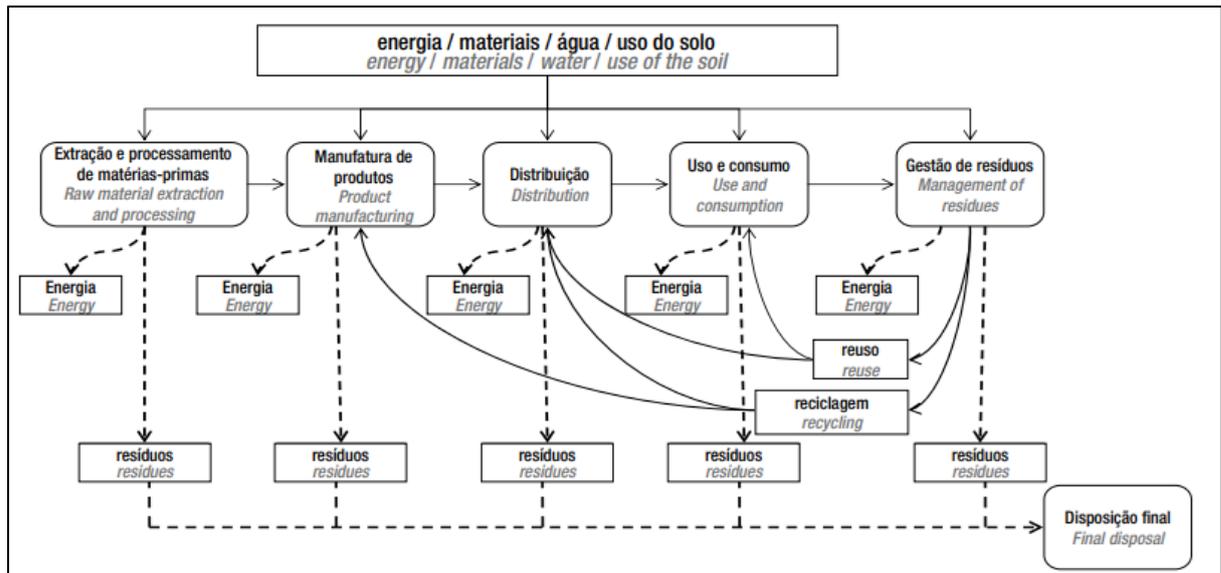


Fonte: Barbieri et al. (2009) *apud* UNEP (2007).

Um problema analisado pela ótica da ACV a responsabilidade dos aspectos ambientais fica associada à sua função, o que permite que sejam analisados bens e serviços diferentes, mas

que a realização da mesma função. Por exemplo, pode-se usar a técnica de ACV para comparar os aspectos ambientais do ciclo de vida de carros elétricos e carros movidos a combustíveis fósseis. Seus ciclos de vida são distintos, entretanto desempenham a mesma função, que é a de locomoção de um determinado local para outro.

Figura 6 - Esquema do ciclo de vida de um produto e sua interação com o meio ambiente.



Fonte: Barbieri et al. (2009).

A ACV tem se apresentado como uma ferramenta efetiva para análise de impactos para a gestão de resíduos, principalmente quando analisada em relação à coleta seletiva (NOBREGA et al., 2019). No Quadro 3 estão alguns trabalhos que usam a ACV para analisar os impactos na gestão de resíduos e propor novas rotas tecnológicas.

Quadro 3 - Estudos nacionais e internacionais sobre o uso ACV na gestão de resíduos sólidos.

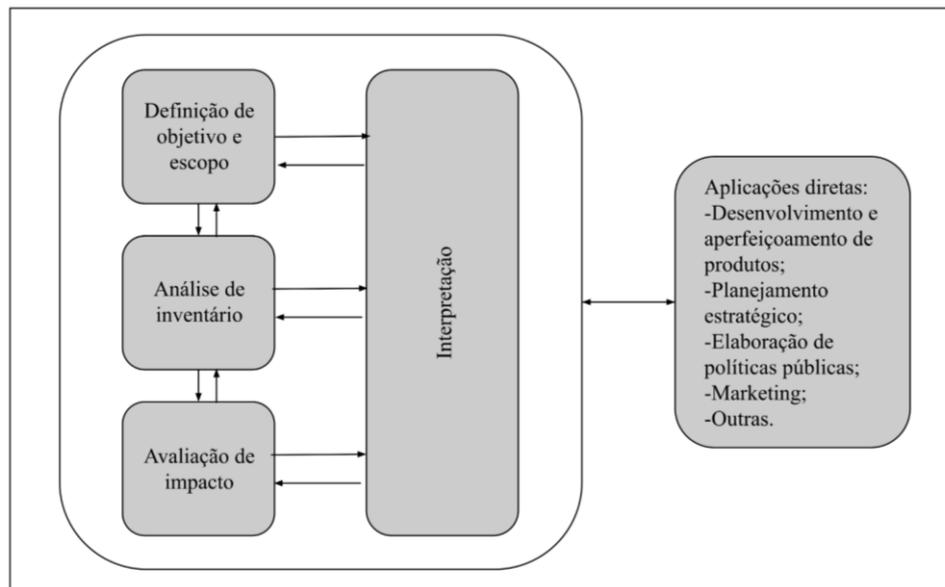
Local	Resíduo	Cenários	Impactos analisados	Autor
João Pessoa	Papel e papelão	Foi utilizado apenas o cenário atual.	Eutrofização, aquecimento global, oxidação fotoquímica, depleção da camada de ozônio e acidificação.	Nobrega et.al., 2019
Líbano	Resíduos Sólidos Urbanos	Foram analisados 5 cenários.	Eutrofização, aquecimento global, oxidação fotoquímica, depleção da camada de ozônio, acidificação, depleção abiótica.	El-Fadel, 2018
Reino Unido	Resíduos têxteis	Coleta porta-a-porta e um com pontos de entrega voluntária.	Consumo de energia	Woolridge, 2005.

Fonte: elaborado pela autora.

Duas normas ISO são usadas para guiar o estudo de ACV neste trabalho e sua estrutura está representada na Figura 7:

- ISO 14040, 2009: apresenta a definição de ACV, princípios e sua estrutura. A estrutura de ACV é formada por suas etapas, que são elas: : definição de objetivo e escopo; análise do inventário, avaliação de impactos; e interpretação.
- ISO 14044, 2009: explicita os requisitos e as diretrizes para os estudos de ACV e para as quatro etapas da ferramenta.

Figura 7 - Estrutura da Avaliação de Ciclo de Vida.



Fonte: Adaptado ABNT ISO 14.040.

Neste estudo ela será usada como ferramenta para análise dos cenários atuais e para a proposição de novos cenários, resultando em impactos a serem mitigados.

A grande quantidade de ShC e o grande volume de resíduos gerados, chama atenção pelo provável impacto ambiental destes quando não são destinados de forma ambientalmente correta.

Apesar de existirem diversos estudos que utilizam a ACV para analisar a gestão de resíduos sólidos, existem poucos estudos que analisam a gestão de resíduos em shopping, como também foi observado por Pires et. al. (2022). Sobre a utilização da ACV para avaliar a gestão em shopping center não foi encontrado nenhum estudo em que se aplica a metodologia para shoppings centers. Assim, este trabalho procura servir como uma primeira análise da metodologia para medir os impactos ambientais e servir de base para que outros estudos sejam feitos usando esta metodologia para shoppings centers.

3.4.2. Matrizes de interações

As matrizes de interações é outra metodologia de análise de impacto e é feita pela identificação das atividades dos projetos, depois quais são os seus aspectos ambientais e o impacto ambiental de cada aspecto. Depois de definidos os impactos eles são avaliados pela importância, magnitude e severidade. A matriz de interação mais utilizada foi a desenvolvida por Leopold.

O método de Leopold ainda foi modificado por Moraes (2006), analisando-o quanto a sua natureza positiva ou negativa, sua importância em termos de escala local, regional ou global, seu grau de severidade (baixo, médio ou alto) e sua ocorrência (baixa, média ou alta). Ao final, determina-se sua relevância, que é a combinação dos pontos relacionados à amplitude, severidade e frequência de todos os impactos, permitindo assim classificá-los como insignificantes, moderados ou críticos. Na Figura 8, está representado um modelo da matriz de Moraes.

Apesar desta metodologia ser amplamente aceita, ela ainda possui limitações quanto a subjetividade relacionada à escala, a incerteza dos efeitos indiretos nas características temporais e na possibilidade de previsões futuras, são considerados aspectos negativos do método (Santos et.al., 2021).

Figura 8 - Matriz de interações.

Identificação de aspectos e impactos							Avaliação da significância				
Sequência	Processo	Tarefa	Aspectos	Detalhes	Impactos	Natureza (B, A)	Relevância				
							Abrangência	Gravidade	Freq./Probab./Consumo	Grau	Classificação (D,M,C)
24	Tanque externo	Armazenamento de água	Resíduos sólidos	Lodo	Contaminação do solo	A	5	3	5	13	C
25	Tanque externo	Armazenamento de água	Reutilização de água	Recirculação	Preservação dos recursos naturais	B				0	D
26	Tanque externo	Armazenamento de água	Reutilização de água	Acúmulo de sedimentos e matéria orgânica	Odor	A	1	1	5	7	M
27	Tanque externo	Armazenamento de água	Consumo de energia elétrica	Transporta resíduos – caixa de ferro	Redução da disponibilidade do recurso	A	1	1	1	3	D

Fonte: Santos et.al.(2021)

Para medir o impacto ambiental dos cenários apresentados neste trabalho para a gestão de resíduos, foram usadas simplificações das duas metodologias coerentes com o tamanho da análise. A ACV foi utilizada até a sua parte de inventário e depois as entradas e saídas foram avaliadas de acordo com a matriz de interações.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

Este estudo foi realizado em um ShC na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, que é uma das 12 do estado de Minas Gerais. Constituída por 50 municípios, sua população estimada é de 6.236.117 habitantes e seu PIB corresponde a 45,71% do total do estado (IBGE, 2010). Os quatro maiores municípios, são os municípios de Belo Horizonte, Contagem, Betim e Nova

Lima, respectivamente do município com maior PIB para o menor. Devido ao porte desses grandes municípios, há uma volumosa quantidade de resíduos sólidos, embora a composição gravimétrica não seja significativamente variável entre eles (Tabela 4 e 5).

Tabela 4 - Geração dos resíduos sólidos domiciliares dos principais municípios da mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.

Cidade	Geração de resíduos (t/ano)	Geração per capita de resíduos (t/hab/dia)	Fonte
Belo Horizonte	672.842	0,744	PBH, 2010
Contagem	130.273	0,800	PMC, 2010
Betim	82.152	0,546	Silva, 2014
Nova Lima	25.838	0,840	SMLU, 2013

Tabela 5 - Composição gravimétrica (kg/kg) dos resíduos sólidos domiciliares dos principais municípios da mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.

Componentes	Belo Horizonte*	Contagem**	Betim (BETIM, 2015b)	Nova Lima (SMLU, 2004)
Orgânico	43,05%	40,00%	54,46%	61,59%
Papel/papelão	15,66%	10,00%	9,28%	9,53%
Plástico	12,35%	7,00%	11,90%	10,88%
Metal	3,23%	1,00%	3,22%	2,29%
Vidro	3,14%	2,00%	1,12%	2,85
Outros	22,57%	40,00%	20,02%	12,86%

* Centro de Triagem de Resíduos Sólidos Macaúbas, 2014. **Secretaria Adjunta de Limpeza Urbana, 2009.

O ShC estudado está em operação desde 2003 e pertence a mesorregião metropolitana de Belo Horizonte. Este é composto por 193 lojas, 2 andares de lojas, possui uma Área Bruta Locável (ABL) de 32.744 m² e recebe mensalmente 1,1 milhão de pessoas, 55% do público corresponde à Classe B, (domicílios que possuem de 10 a 20 salários-mínimos) (IBGE,2010).

Seus estabelecimentos foram divididos nas seguintes categorias (Tabela 6), como feito por Marsaro (2009), aqui adaptado.

Tabela 6 - Caracterização dos estabelecimentos comerciais no shopping center.

Setor	Quantidade (unidades)
Alimentação	41
Vestuário	76
Serviço de saúde	5
Cinema	1
Eletroeletrônicos	14
Outros	56

Fonte: elaborado pela autora.

O ShC é composto por uma praça de alimentação com capacidade de 1.100 pessoas, um cinema com 6 salas, 6 lojas âncoras (as maiores, com mais de 1.000 m²) e 9 megalojas (de 500m² a 999m²).

A gestão de resíduos do ShC é terceirizada para uma empresa especialista em gestão de resíduos em áreas comerciais, indústrias e hospitais. Esta empresa tem como objetivo aumentar a destinação adequada por meio da educação ambiental, da melhoria da segregação de resíduos, da organização da área de resíduos, da coleta e destinação e da emissão de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) e Declaração de Movimentação de Resíduos (DMR). Além disso, ela apresenta relatórios de sustentabilidade para controle do impacto ambiental do estabelecimento comercial.

Desde 2022 o ShC aderiu a meta de aterro zero. Esta meta representa o compromisso corporativo de desviar mais de 90% dos seus resíduos do aterro sanitário, utilizando destinações sustentáveis. Para alcançar esta meta de aterro zero, o mesmo começou em 2022 a destinar parte dos resíduos orgânicos para a compostagem. A segregação destes resíduos é feita de forma voluntária pelos gerados dentro dos restaurantes da praça de alimentação. Sendo assim, os resíduos orgânicos pós-consumo, até a data deste estudo, ainda eram destinados como rejeitos.

4.2. Coleta de dados e análise

A caracterização dos resíduos neste estudo está apresentada a partir de algumas características principais, que são: a composição gravimétrica, a quantidade gerada e a destinação. Para determinar a quantidade total de resíduos gerados ao longo do ano, foi realizado um somatório dos volumes de cada componente listado nas DMRs.

Os dados apresentados nas DMRs são o somatório de tudo aquilo que o ShC produziu em um semestre e que pode ou não estar nos MTRs, já que alguns tipos de resíduos algumas destinações não precisam de tal documentação.

Nas DMRs continham todos os tipos de resíduos gerados no ShC, são eles: resíduos de construção civil, papel e papelão, metais, plásticos, madeira, orgânico, lodo, vidro, óleo, resíduo de saúde, materiais absorventes, eletrônicos e serviço de varrição não biodegradável (ANEXO I).

Para este trabalho foram apenas considerados os resíduos recicláveis e orgânicos equiparáveis aos resíduos domiciliares, pois para estes existe uma gama maior de estudos realizados. Os outros resíduos encontrados nas DMRs serão apresentados na categoria “outros”, mas foram desconsiderados para a análise de inventário e cálculo de impacto, são eles:

- Outros 2020: resíduo de construção civil (CLASSE A), lodo e óleo e gordura.
- Outros 2021: resíduo de construção civil (CLASSE A), lodo, absorventes e material filtrante, óleo e gordura, madeira, resíduos de serviço de saúde Grupo A e resíduos que foram declarados como “outras frações não especificadas”.
- Outros 2022: resíduo de construção civil (CLASSE A), eletroeletrônicos, lodo, absorvente, madeira, material filtrante e resíduos de varrição pública não biodegradáveis.

A análise de impacto neste estudo foi realizada de duas formas, primeiro calculando as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), lixiviado e lodo por meio do levantamento do ICV e depois por meio da análise dos aspectos e impactos dos cenários apresentados.

A definição dos cenários e análise de inventário seguiu alguns dos passos da metodologia de ACV, que é dividida em 6 fases: definição de objetivo e escopo, definição de unidade funcional e limite do sistema, análise de inventário, avaliação dos impactos ambientais e análise crítica do resultado. Não sendo realizada neste estudo a avaliação dos impactos por meio dessa metodologia, e sim, por meio da metodologia de LAIA utilizando-se da matriz de interação. A matriz de interação utilizada foi baseada no modelo de Leopold, que é um dos mais utilizados.

4.2.1. Escopo, unidade funcional e limite do sistema

Os IA do ciclo de vida da geração de RS (orgânicos e recicláveis) gerados pelo ShC foram considerados dentro do mesmo limite para diferentes cenários:

- Cenário covid: Dados coletados dos anos de 2020 e 2021.
- Cenário pós-covid: Dados coletados do ano de 2022.

- Cenário proposto: Aumento para 20% da massa de RS enviada para compostagem e aumento para 28% da quantidade enviada para a reciclagem, considerando a meta brasileira de reciclar 48% dos resíduos (PLANARES, 2022).

O cenário covid foi formado pelos dados dos dois primeiros anos coletados. Os dois anos deste cenário, 2020 e 2021, foram anos marcados pela pandemia de covid-19, o que pode ter influenciado nas características de geração de resíduos, diferenciando-se dos outros anos.

O cenário pós-covid levou em consideração o ano em que esta pesquisa deu início e foi o primeiro ano pós-pandemia, onde as medidas de contenção não estavam mais em vigor e as pessoas retomaram às dinâmicas pré-pandemia. Neste cenário, devido a meta de aterro zero do ShC, parte dos resíduos orgânicos segregados pelos restaurantes foi destinada para a compostagem.

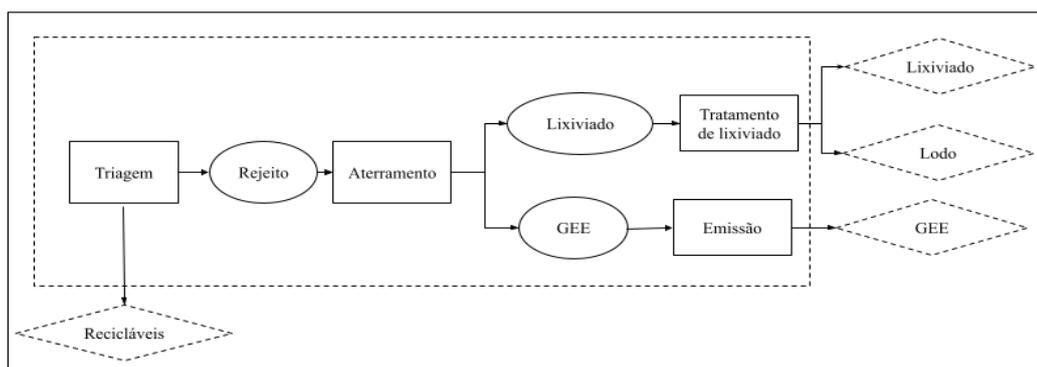
Como meta de otimização, foi proposto um o cenário que considerou a destinação de 20% de resíduos orgânicos para a compostagem e 28% de resíduo reciclável seco para reciclagem. Esta meta foi baseada na meta brasileira do PLANARES (2022), que é de atingir o envio de 48% dos resíduos para a reciclagem.

O trabalho foi baseado em um sistema que tem como função fazer a segregação e triagem de resíduos por meio coleta seletiva dos resíduos e destiná-los corretamente. A fronteira dos cenários (Figura 9) foi limitada contemplando a triagem dos resíduos, a destinação e a disposição final em aterro sanitário.

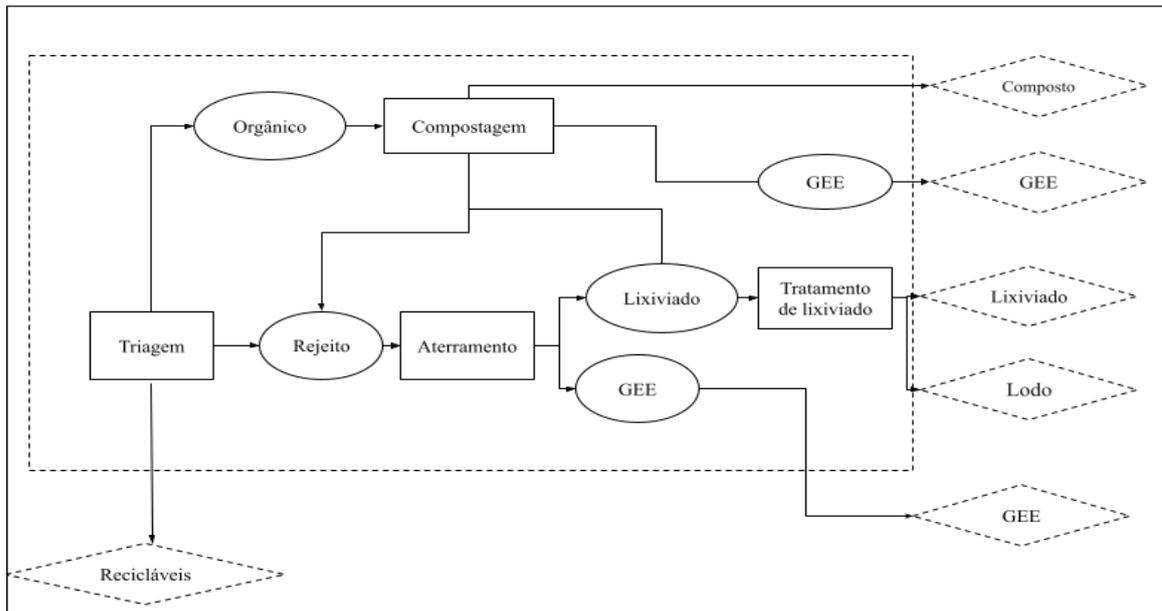
A unidade funcional do estudo, para a qual são consideradas todas as entradas e saídas, será de 1 tonelada de RS. O RS foi considerado como entrada do sistema e algumas entradas e saídas desconhecidas foram omitidas.

Figura 9 - Delimitação dos cenários covid(a), pós-covid e proposto (b).

(a)



(b)



Fonte: elaborado pela autora.

Os processos nos 3 cenários apresentados são idênticos, diferenciando apenas que não houve compostagem no cenário covid. A unidade funcional também é a mesma para todos os cenários, diferenciando apenas a composição gravimétrica e a porcentagem enviada para cada tipo de tratamento e disposição final, sendo consideradas as destinações para reciclagem e compostagem, e a disposição final em Aterro Classe IIA e IIB com tratam. Além das atividades de triagem, compostagem e aterro dos resíduos, no desenho dos cenários temos apresentados os processos de controle de emissões e tratamento de lixiviado. Desses dois processos também foram analisados os impactos intrínsecos ao processo.

O estudo focou na minimização dos impactos gerados pela reciclagem e compostagem como alternativa ao aterramento no momento da destinação final, excluindo os impactos do sistema de coleta dos resíduos uma vez que são idênticos em todos os cenários (MENDES et al., 2003).

4.2.2. Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

A partir da definição acima do limite do sistema e da identificação das atividades, foram levantados os dados necessários para compor o inventário de ciclo de vida e assim poder analisar as emissões de GEE.

Para calcular o inventário dos cenários foram considerados os dados coletados nas DMRs, são eles:

- atividades de cada cenário;

- quantidade de resíduos gerados em cada cenário;
- composição gravimétrica de cada cenário;
- dados da literatura sobre a emissão de GEE de cada atividade.

Foi considerado que um aterro sanitário gera 270 Nm³ biogás.t⁻¹ resíduo aterrado (Audibert e Fernandes, 2012). Já se o sistema de destinação final de resíduo for precedido por compostagem, o aterro sanitário gera 50% a menos de volume de gases, em relação a aqueles que não são operados com pátio de compostagem (McDougall et al., 2001). Utilizaram-se os valores de geração de 270 Nm³ biogás.t⁻¹ resíduo aterrado em aterros sanitários e 135 Nm³ biogás.t⁻¹ resíduo aterrado em aterros precedidos do processo de compostagem para este estudo.

Segundo também McDougall et al. (2001), foi considerado que um pátio de compostagem produz 20% a menos de gases do que o aterramento de resíduos. Neste estudo, considerou-se o valor de geração de 54 Nm³ biogás.t⁻¹ na compostagem. Sendo 32% desse gás composto por CO₂.

A emissão de gases em aterros sanitários depende das características dos resíduos que estão sendo aterrados, das condições operacionais e da região considerada (Borba, 2006). Portanto, adotaram-se os valores de 50% de CO₂ e 50% de CH₄ para a geração de biogás em aterros sanitários. A densidade dos gases considerada foi de 0,716 kg.m⁻³ de resíduos para o CH₄ e 1,530 kg.m⁻³ de resíduos para o CO₂. Estes dados de emissão estão compilados na Tabela 7.

Tabela 7 - Emissão de GEE por atividade.

Destinação final	Emissões de GEE	Fonte
Aterro sanitário	270 Nm ³ biogás.t-	Audibert e Fernandes, 2012
Compostagem + aterro sanitário	135 Nm ³ biogás.t-1	McDougall et al., 2001
Compostagem	54 Nm ³ biogás.t-	McDougall et al., 2001

Fonte: Adaptação McDougall et al., 2001.

Para o tratamento de lixiviado McDougal et.al. (2001) considera que há uma geração de lodo de 9 a 22 kg para cada m³ de lixiviado tratado. Para este estudo se adotou a quantidade de 15,5 kg. Já para o lixiviado se adotou a produção de 0,15 m³ por tonelada de resíduo. Os dados estão apresentados na Tabela 8:

Tabela 8 - Geração de lodo e lixiviado.

Produto	Geração	Fonte
Lixiviado em aterro sanitário	0,15 m ³ de lixiviado.t-1 resíduo aterrado	McDougall et al., 2001
Lixiviado em compostagem	0,15 m ³ de lixiviado.t-1 resíduo	McDougall et al., 2001
Lodo	15,5 kg de lodo.t-1 resíduo aterrado	McDougall et al., 2001

Fonte: Adaptação McDougall et al., 2001.

4.3.2 Avaliação de impacto ambiental

A segunda etapa foi levantar os aspectos e impactos das atividades de cada cenário e avaliar cada um destes impactos a partir da criação de uma matriz de interações. O procedimento de avaliação seguiu os passos terminados pelo trabalho de Maia (2019) e Moraes et. al., (2015).

Para cada aspecto ambiental (AA) foi relacionado um potencial impacto ambiental (IA) e para a caracterização dos AAs e IAs foram considerados 4 critérios: situação operacional (Quadro 4), probabilidade ou frequência de ocorrência (Quadro 5), gravidade de um impacto (Quadro 6) e grau de risco (Quadro 7). Fazendo a multiplicação entre frequência e gravidade de impacto se tem o cálculo do grau de risco ($Fre. \times GI = GR$).

Quadro 4 - Situação operacional.

Situação	Descrição
Normal	Situação esperada de acordo com a rotina operacional normal.
Emergencial	Situações associadas a risco, eventos não planejados inerentes à operação que podem causar impacto ambiental.

Fonte: Adaptado MORAES et. al (2015).

Quadro 5 - Frequência do aspecto/impacto ambiental.

Frequência	Descrição	Pontos
Baixa	O aspecto ambiental ocorre em menos de 20% das atividades.	1
Média	O aspecto ambiental ocorre entre 41% e 60% das atividades.	2
Alta	O aspecto ambiental ocorre em mais de 81 % das atividades.	3

Fonte: Adaptado MORAES et. al (2015).

Quadro 6 - Gravidade de um impacto ambiental.

Gravidade	Descrição	Pontos
Inexistente	Sem impacto ambiental significativo ou impacto ambiental positivo	0
Baixa	Impacto ambiental totalmente reversível com ações imediatas, sem consequências para o negócio ou para o meio ambiente.	1
Moderada	Impacto restrito ao local de ocorrência, sendo reversível com ações de curto prazo.	2
Grave	Impacto Ambiental restrito ou não à empresa, com consequências irreversíveis mesmo com ações corretivas.	3

Fonte: Fonte: Adaptado Cavalini, 2008.

Quadro 7 - Grau de Risco.

Grau de risco	Descrição	Pontos
Isento (IS)	Nenhum grau de risco	0
Tolerável (TO)	Grau de risco tolerável	1 a 2
Moderado (MO)	Grau de risco moderado	3 a 5
Intolerável (IN)	Grau de risco intolerável	6 a 9

Fonte: Adaptado Cavalini, 2008.

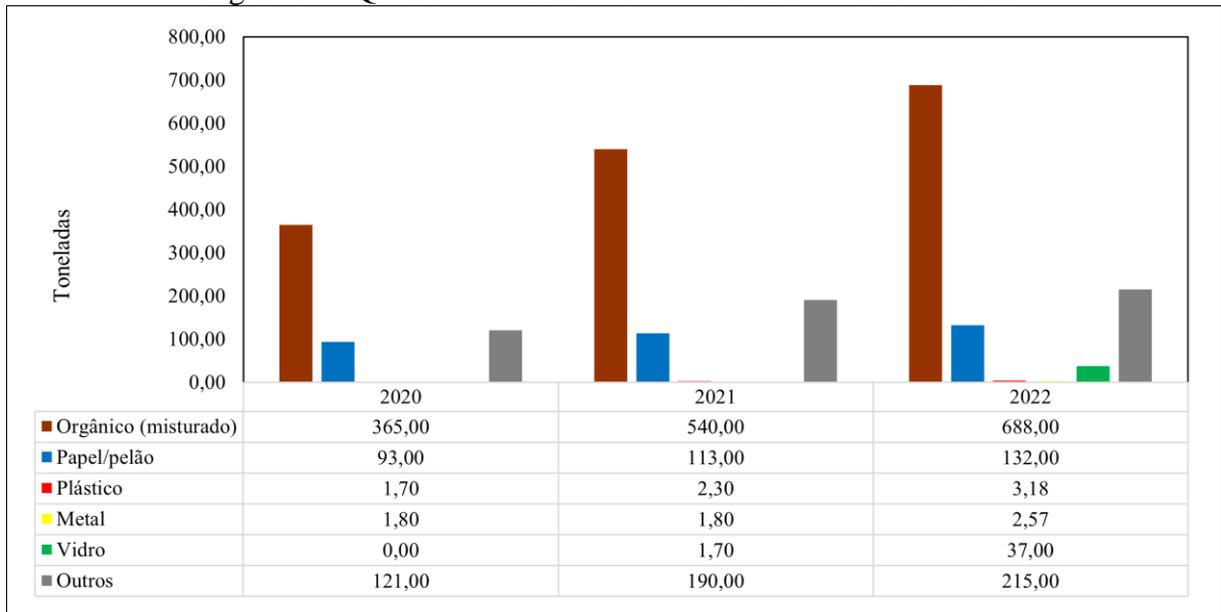
A partir das emissões de GEE calculadas pela análise de inventário e o cálculo do grau de risco pela avaliação de impacto ambiental, foi possível avaliar qual o impacto do cenário covid e atual do ShC e se o cenário proposto apresenta uma diminuição do impacto em relação aos outros dois e pode ser considerado como uma alternativa para o gerenciamento de resíduo.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 RS gerados e destino na caracterização do ShC

A geração de resíduos no ShC aumentou progressivamente a cada ano (Figura 10). A principal razão pode estar relacionada ao período de isolamento da pandemia de covid-19, que começou em 2020, mas impactou significativamente os negócios até 2021 devido à redução de serviços e à diminuição do fluxo de pessoas no ShC. A pandemia também alterou os padrões de movimento e consumo das pessoas; embora as compras online já fossem prevalentes, elas se tornaram mais frequentes durante esse período (Vaz, 2021). Essa mudança no consumo e a diminuição do fluxo de pessoas nos centros de compras podem ter sido os fatores mais significativos que contribuíram para as diferenças na geração de resíduos ao longo dos três anos analisados.

Figura 10 - Quantidade de RS coletados no Shc de 2020 a 2022.



Fonte: Adaptação da DRM no Sistema MTR-MG (2020 a 2022).

Em 2020 foram gerados 365t de orgânicos (misturados), 93t de papel/papelão, menos de 2t de plástico, metal e vidro e 121t de outros. No ano seguinte em 2021, foram gerados 541t de orgânicos (misturados).

É possível observar na Tabela 4 o aumento da geração de vidro. Esse aumento pode ter sido causado pela maior segregação de vidro já que o ShC fez um trabalho constante de educação ambiental e o mesmo tem como objetivo atingir a meta de aterro zero.

Os resíduos classificados como orgânicos misturados representam todos os resíduos que não foram segregados e triados no ShC. Logo, os resíduos orgânicos misturados como não são enviados para a compostagem podem conter materiais recicláveis e rejeitos misturados. Sendo assim, a classificação de resíduos orgânicos não retrata a realidade dos resíduos biodegradáveis gerados nos estabelecimentos.

A composição gravimétrica se manteve similar nos três anos coletados. O resíduo orgânico misturado mostrou-se como o resíduo mais gerado, seguindo a mesma tendência da geração apresentada para os maiores municípios da região metropolitana. A composição de resíduo orgânico misturado foi seguida pela de papel/papelão, sendo esse o segundo maior resíduo produzido pelo SC, composto principalmente pela grande quantidade de caixas de mercadorias que circulam no estabelecimento.

O plástico, metal e vidro representam uma fração pouco significativa no total de resíduos gerados, isto se deve a uma grande diferença de geração entre os outros resíduos e uma geração pequena destes resíduos. Apesar de o shopping center conter 5 estabelecimentos de

serviço de saúde, não consta na DMR a destinação destes resíduos no ano de 2020 e 2022 (ANEXO 1). A destinação destes resíduos é de responsabilidade dos geradores, não passando pelo serviço de gestão do ShC, assim como o óleo gerado nos restaurantes. É provável que a quantidade destes resíduos que aparece nas DRMs seja do ambulatório e de alguma coleta específica de óleo. Estes dados não foram utilizados para as análises deste trabalho, mas a incerteza demonstra a complexidade de um sistema de gerenciamento de resíduos, onde mesmo o que apresentado em documentações pode não refletir a realidade.

Essa dificuldade para quantificar corretamente os tipos e quantidades de resíduos em ShC também é encontrada no trabalho de Caldas (2017), onde os resíduos orgânicos dos restaurantes foram estimados a partir da observação in loco e de entrevista com os funcionários. Outro resíduo que precisou ser estimado neste estudo foram os resíduos de saúde, da mesma forma teria de ser feito para este estudo caso o foco fosse resíduo de saúde.

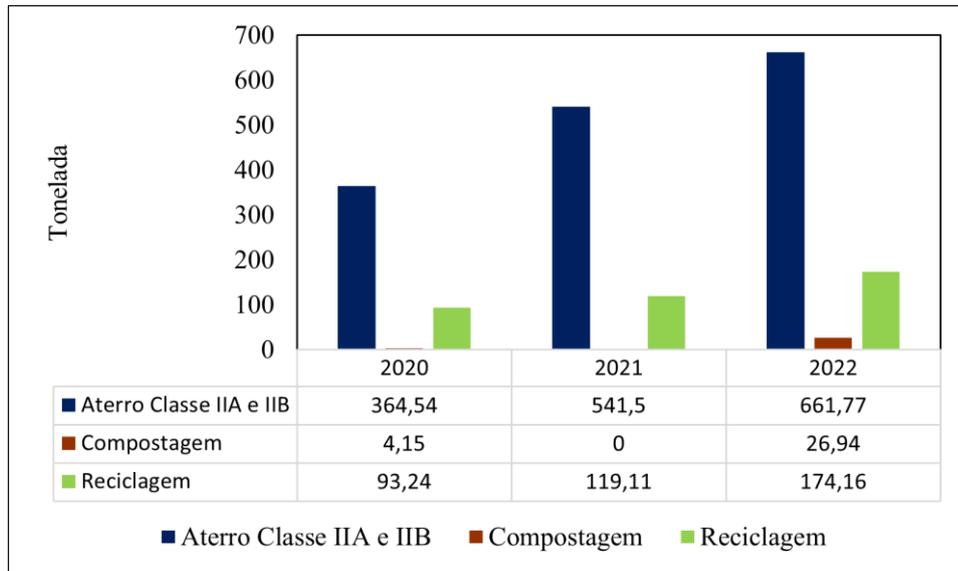
Uma alternativa para esse problema identificado foi o que fez o estudo de Marsaro (2009) que amostrou os resíduos gerados pelas lojas e pela administração do ShC e conseguiu quantificar e classificar os resíduos produzidos com maior confiabilidade nos dados.

5.2 Destinação dos RS gerados no ShC

Os resíduos considerados como outros foram apresentados na caracterização anterior, mas por terem diversas destinações distintas não serão apresentados neste tópico. Na Figura 11 e Apêndice A estão representados a destinação dos resíduos nos anos analisados.

Analisando a destinação dos resíduos orgânicos e recicláveis por ano coletado, foi constatado que em 2020 tinha sido feita uma tentativa de enviar os resíduos orgânicos para a compostagem, mas esta destinação não representou 1% da destinação total dos resíduos. Já em 2022, com a meta de aterro zero o shopping center atingiu o envio de 3,12% dos resíduos orgânicos para a compostagem, resultado ainda ínfimo em relação aos 76,69% dos resíduos que ainda vão para o aterro sanitário, mostrando que o ShC está distante de atingir a meta de aterro zero.

Figura 11 - Destinação dos resíduos orgânicos e recicláveis nos anos de 2020 a 2022.



Fonte: Adaptação da DRM no Sistema MTR-MG (2020 a 2022).

Pelo lado positivo, um aumento da quantidade de resíduos segregados começa a esclarecer qual a quantidade de resíduos biodegradáveis que são realmente gerados no ShC. Os resíduos orgânicos misturados representam mais de 70% dos resíduos gerados no shopping center, mostrando que ações para dar a destinação ambientalmente adequada destes resíduos devem ser tomadas.

Em 2021 18,03% dos resíduos foram reciclados, 81,97% foram enviados para Aterro Classe IIA e IIB. Houve um aumento de 21,71% da quantidade de resíduos enviados para a reciclagem em relação ao ano de 2020 (de 93,24 t em 2020 para 119,11 t em 2021), mas também houve um aumento de 32,68% na quantidade de resíduos enviados para Aterro Classe IIA e IIB (364,54 t em 2020 para 541,50 t em 2021). Este aumento pode ser explicado pelo aumento total da geração entre os anos, já que em 2020 com as restrições trazidas pela pandemia de COVID-19, grande parte do movimento do shopping center foi alterado.

5.3 Caracterização dos cenários

O cenário covid se diferencia dos outros cenários pela composição gravimétrica (Tabela 7) e conta com os processos de reciclagem e compostagem como uma forma alternativa ao aterramento de RS.

No cenário pós-covid é possível notar que se tem uma intenção do ShC em aumentar o que vai para o processo de compostagem, apesar deste ser pouco significativo nesse primeiro cenário. É possível que nesses primeiros anos do trabalho da empresa responsável pela gestão de resíduos, os lojistas ainda tivessem pouco engajamento com o processo de separação e

triagem e por isso este cenário apresenta o menor índice de materiais sendo destinados para reciclagem.

Observa-se valores abaixo de 1% para alguns materiais em relação a disposição final, como o o papel/papel e plástico para aterro, orgânicos para compostagem e metal e plástico para a reciclagem.

Em relação a destinação apenas a compostagem apresenta um valor abaixo de 1% o que para a análise de impacto poderá resultar em um valor pouco significativo, por isso para o cenário covid ela será desconsiderada nos cálculos de inventário e avaliação de impacto, mas o valor está apresentado na Tabela 9.

No cenário pós-covid também, o ShC já estava recebendo orientações sobre gerenciamento de resíduos há mais de um ano além disso, foi o ano onde iniciaram-se ações visando a meta de aterro zero. Com a meta é possível observar que houve um aumento da destinação de resíduos orgânicos para a compostagem e de resíduos secos recicláveis para a reciclagem, mas ainda será preciso esforço do SC para atingir uma meta de aterro zero.

No cenário proposto, foi possível estimar a quantidade de materiais nas categorias de papel/papelão, plástico vidro e metal. Com isso, o papel/papelão continuou sendo o material com maior proporção de aumento entre os recicláveis e os orgânicos também tiveram um aumento de 48,78%.

Como os resíduos orgânicos identificados nas DMRs contêm materiais recicláveis e rejeitos, no cenário proposto há uma estimativa do aumento da segregação e uma hipótese de que a maioria dos resíduos da classificação de orgânicos seja realmente a fração biodegradável que irá para a compostagem.

Tabela 9 - Caracterização da unidade funcional dos cenários

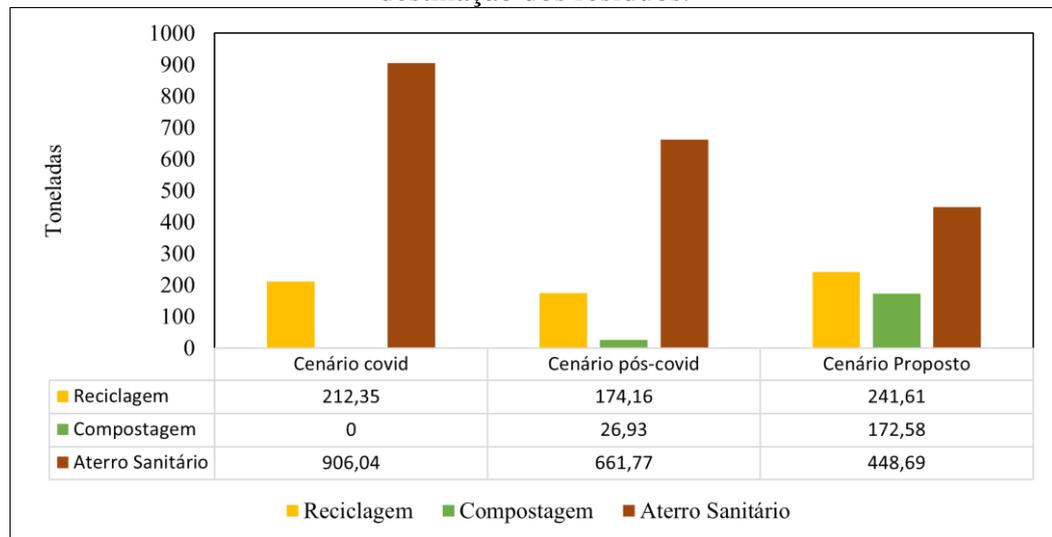
Cenários	Resíduo	Quantidade (t)	Composição (%)	Destinação
	Papel/Papelão	0,1809	18,09	Reciclagem
	Papel/Papelão	0,0037	0,37	Aterro Classe IIA e IIB
	Plástico	0,0027	0,27	Reciclagem
Cenário covid (2020 e 2021)	Plástico	0,0001	0,01	Aterro Classe IIA e IIB
	Orgânico misturado	0,8043	80,43	Aterro Classe IIA e IIB
	Orgânico	0,0037	0,37	Compostagem

	Metal	0,0031	0,31	Reciclagem
	Vidro	0,0015	0,15	Reciclagem
Cenário pós-covid (2022)	Papel/Papelão	0,1538	15,38	Reciclagem
	Plástico	0,0033	0,33	Reciclagem
	Orgânico misturado	0,7673	76,73	Aterro Classe IIA e IIB
	Orgânico	0,0312	3,12	Compostagem
	Metal	0,0013	0,13	Reciclagem
	Vidro	0,0430	4,30	Reciclagem
	Papel/Papelão	0,2140	21,4	Reciclagem
Cenário proposto	Plástico	0,0050	0,5	Reciclagem
	Orgânico misturado	0,5190	51,9	Aterro Classe IIA e IIB
	Orgânico	0,2000	20	Compostagem
	Metal	0,0020	0,2	Reciclagem
	Vidro	0,0600	6	Reciclagem

Fonte: elaborado pela autora.

Comparando os três cenários apresentados em relação às destinações obtivemos a Figura 12 que foi utilizada para a avaliação de impacto e agrupa os resíduos em relação aos dois tratamentos (reciclagem e compostagem) e a disposição final.

Figura 12 - Comparação entre o que foi gerado nos três cenários de acordo com a destinação dos resíduos.



Fonte: elaborado pela autora.

Foi notável uma variação significativa entre os cenários em termos da quantidade de resíduos triados para reciclagem, da fração que é transformada em composto e da parte que é destinada ao aterro sanitário. Esses resultados serviram para a construção do inventário de cada cenário e que está representado no próximo tópico.

5.4 Avaliação do inventário

Em todos os cenários existem processos dentro do limite analisado, que são: triagem, aterro de rejeitos, controle de emissões e tratamento de lixiviados.

Na Tabela 10 está apresentado o resultado do inventário do cenário covid e a principal diferença entre este e os outros cenários é o processo de compostagem que não foi considerado. Neste cenário o ShC produzia 0,19 kg de recicláveis 0,81 kg de rejeito por tonelada de resíduo gerado e com isso gerava 108,99 Nm³/t de biogás que é um gás de efeito estufa. Transformando para o total de resíduos que o ShC produziu neste cenário, a emissão total de GEE emitido foi de 98.749 Nm³/t.

Nos cenários atual e proposto existe mais um processo que é a compostagem e que se divide em revolver, maturar leiras e gerar composto. No cenário pós-covid é gerado 0,20 kg de recicláveis, 0,03 kg de resíduo orgânico e 0,77 kg de rejeito para cada tonelada de resíduo gerada pelo ShC. Considerando a produção total do de resíduo do cenário, no ano de 2022 o ShC emitiu 91.016 Nm³/t de GEE. Esta diminuição das emissões de GEE se dá principalmente pelo aumento da reciclagem e pelo processo de compostagem que emite menos GEE do que o aterramento de rejeitos.

Durante a compostagem, ocorre uma perda de massa entre o resíduo de entrada e o composto de saída devido a transformações físicas e químicas, o que significa que parte do resíduo orgânico se transforma em percolato e emissões gasosas, resultando em uma diferença de massa no sistema (WALLING et al., 2020). Os processos no cenário proposto são os mesmos do cenário pós-covid, com apenas as quantidades mudando. A quantidade de recicláveis gerada é 32,14% maior do que no cenário do período de covid e 28,57% maior do que no cenário do período pós-covid.

Tabela 10 - Inventário do cenário covid.

Entrada			Processo	Saída		
Material	Quantidade	Unidade		Produto ou emissões	Quantidade	Unidade
Resíduo sólido	1,0000	t	Triagem	Reciclável (18,99%)	0,1899	t
				Rejeito (81,01%)	0,8101	t
				Lixiviado (m ³ /t) (0,15/t)	0,1211	m ³ /t
Rejeitos	0,8101	t	Aterrar os rejeitos	Biogás	108,9909	Nm ³ /t
				CH ₄ (50%)	54,4954	Nm ³ /t
				CO ₂ (50%)	54,4954	Nm ³ /t
Lixiviado	0,1211	m ³ /t	Tratamento de lixiviado	Lixiviado	0,1211	m ³
				Lodo	1,8771	kg

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 11- Inventário do cenário pós-covid.

Entrada			Processo	Saída		
Material	Quantidade	Unidade		Produto ou emissões	Quantidade	Unidade
Resíduo sólido	1,0000	t	Triagem	Reciclável (20,18%)	0,2018	t
				Resíduo orgânico (3,12%)	0,0312	t
				Rejeito (76,69%)	0,7669	t
Resíduo orgânico	0,0312	t	Compostagem	Composto (54%)	0,0168	t
				Rejeito (6%)	0,0019	t
				Perda (40%)	0,0125	t
				Lixiviado (m ³ /t) (0,15/t)	0,0047	m ³ /t
				Biogás	1,6848	Nm ³ /t
Rejeitos (0,7669 triagem + 0,0019 compostagem)	0,7688	t	Aterrar os rejeitos	Lixiviado (m ³ /t) (0,15/t)	0,1153	m ³ /t
				Biogás	103,7880	Nm ³ /t
				CH ₄ (50%)	51,8940	Nm ³ /t
				CO ₂ (50%)	51,8940	Nm ³ /t
Lixiviado	0,1200	m ³	Tratamento de lixiviado	Lixiviado tratado	0,1200	m ³
				Lodo	1,8600	kg

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 12 - Inventário do cenário proposto.

Entrada			Processo	Saída		
Material	Quantidade	Unidade		Produto ou emissões	Quantidade	Unidade
Resíduo sólido	1,000	t	Triagem	Reciclável (28,00%)	0,2800	t
				Resíduo orgânico (20,00%)	0,2000	t
				Rejeito (52,00%)	0,5200	t
Resíduo orgânico	0,2000	t	Compostagem	Composto (54%)	0,1080	t
				Rejeito (6%)	0,0120	t
				Perda (40%)	0,0800	t
				Lixiviado (m ³ /t) (0,15/t)	0,0300	m ³ /t
				Biogás	10,8000	Nm ³ /t
Rejeitos (0,5200 triagem + 0,0120 compostagem)	0,5320	t	Aterrizar os rejeitos	Lixiviado (m ³ /t) (0,15/t)	0,0798	m ³ /t
				Biogás	71,8200	Nm ³ /t
				CH ₄ (50%)	35,9100	Nm ³ /t
				CO ₂ (50%)	35,9100	Nm ³ /t
Lixiviado	0,1098	m ³	Tratamento de lixiviado	Lixiviado tratado	0,1098	m ³
				Lodo	1,7019	kg

Fonte: elaborado pela autora.

É necessário um maior direcionamento para os varejistas e a colocação de lixeiras de reciclagem em áreas com alto fluxo de pessoas para melhorar a segregação por parte dos usuários do shopping center, não apenas pelos varejistas, como é o caso até a data deste estudo.

A geração de resíduo orgânico no cenário proposto corresponde a um aumento de 85,00% do que é gerado no cenário pós-covid. Esse resultado poderia ser alcançado com a separação dos restos de resíduos orgânicos pós-consumo, ou seja, aqueles gerados pelas pessoas que usam a praça de alimentação.

Consolidando as emissões dos 3 cenários temos a Figura 13, em que se estabeleceu uma base de comparação entre os cenários. O cenário proposto é o que se mostra mais favorável pois tem uma menor geração de rejeito, GEE e lixiviado. Logo, em relação a uma análise de inventário o cenário proposto, como se tinha por hipótese, é uma alternativa de menor impacto ambiental e seria uma solução interessante para o SC pois a partir da separação dos resíduos para a compostagem se teria dados reais sobre a fração biodegradável dos resíduos, já que hoje na categoria de resíduos orgânicos coletados nas DMRs é um RS que mistura recicláveis, orgânicos e rejeitos.

Conclui-se que para atingir o patamar do cenário proposto seria necessário fazer a segregação dos resíduos pós-consumo, principalmente da praça de alimentação para atingir o aumento de 85,00% de separação de resíduos orgânicos. Para o aumento dos recicláveis seria necessário aumentar a segregação feita pelos lojistas, ou seja, seriam necessárias mais ações de educação ambiental é uma forma de incentivar essa separação.

Tabela 13 – Consolidado de impactos ambientais gerados nos 3 cenários.

Aspectos ambientais	Cenário covid	Cenário pós-covid	Cenário proposto	Unidade
Geração de lodo	0,8710	0,7688	0,5320	t
Geração de lixiviado	0,1211	0,1200	0,1098	m ³ /t
Geração de biogás	108,9909	105,4728	82,6200	Nm ³ /t
Geração de lodo	1,8771	1,8600	1,7019	kg

Fonte: elaborado pela autora.

5.5 Levantamento dos aspectos e impactos

Foram levantadas, a partir das atividades definidas dentro dos limites do sistema, todos os aspectos e impactos ambientais (Quadros 8 e 9). Foram identificados 13 AA e 20 IA para o

cenário covid. Dentro dos aspectos foram encontrados impactos para o solo, o ar, a água, o operador e até mesmo a vizinhança. Isso demonstra todas as esferas que as atividades relacionadas ao gerenciamento de resíduos podem impactar e de qual forma acontece esse impacto, sendo ele desde um impacto não significativo e positivo até um impacto irreversível.

Foram obtidos 65 pontos de 180 possíveis (36,01%) para cenário covid (reciclagem + aterro). Dos IA encontrados apenas 1 foi classificado como significativo, *Emissões atmosféricas do aterro* (CO , CO_2 , CH_4 , H_2S , HC , NH_3 , etc.) que está presente na atividade de aterramento de resíduos e foi classificado no grau de risco como “Intolerável”. Essas emissões causam IA como alterações da qualidade do ar, efeito estufa, acidificação e depleção da camada de ozônio.

A maioria dos impactos foram classificados como moderados, sendo esses 70% dos impactos na triagem dos RS e 87,5% dos impactos no aterramento de rejeito e 100% do tratamento de lixiviado. Apenas na triagem dos RSU foram identificados impactos positivos derivados do aspecto produção de recicláveis secos. Este aspecto é responsável pela diminuição da extração de recursos virgens, geração de emprego na cadeia de reciclagem e diminuição do uso de água e energia na produção de novos materiais.

A matriz de interação do cenário pós-covid e proposta é igual por apresentar as mesmas atividades (reciclagem + compostagem + aterro). Identificou-se nesse levantamento 25 AA e 32 IA e foram obtidos 89 dos 288 possíveis (30,90%). O AA identificado como “intolerável” neste segundo cenário foi o mesmo do cenário covid e como na outra matriz, a maioria dos IA foram identificados como moderados (62,50%).

Quadro 8 - Levantamento de aspectos e impactos ambientais do cenário covid

Processo	Aspectos Ambientais	Impactos ambientais	Avaliação				
			Situação operacional	Frequência	Gravidade	Grau de risco	Significativo (S/N)
Triagem dos RS	Consumo de energia elétrica	Redução da disponibilidade de recursos naturais	N	2	2	4	N
		Impacto em ecossistemas aquáticos	N	2	2	4	N
	Produção de recicláveis secos	Diminuição da utilização de recursos virgens	N	3	0	0	N
		Geração de emprego na cadeia de reciclagem	N	3	0	0	N
		Diminuição do uso de energia e água	N	3	0	0	N
	Geração de rejeito	Uso e ocupação do solo	N	3	1	3	N
		Contaminação do solo e água	N	3	1	3	N
	Emissão de particulado	Alteração da qualidade do ar	N	3	1	3	N
	Manipulação de material contaminado e infeccioso	Risco à saúde do operador	N	3	1	3	N
	Geração de odor	Incômodo de vizinhança	N	3	1	3	N

Aterramento de rejeito	Emissões atmosféricas do aterro (CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ S, HC, NH ₃ , etc.)	Alteração da qualidade do ar, efeito estufa, acidificação, depleção da camada de ozônio	N	3	3	9	S
	Emissão de particulado	Alteração da qualidade do ar	N	2	2	4	N
	Geração de lixiviado	Contaminação do solo e água	N	2	2	4	N
		Emissão de GEE	N	2	2	4	N
	Vazamento de lixiviado	Contaminação do solo e água	E	1	3	3	N
	Geração de resíduos	Aumento da necessidade de área para aterramento	N	2	2	4	N
		Contaminação do solo e água	N	2	2	4	N
		Geração de GEE	N	2	2	4	N
Tratamento do lixiviado	Consumo de reagentes químicos	Redução da disponibilidade de recursos naturais	N	3	1	3	N
	Geração de lodo	Uso e ocupação do solo	N	3	1	3	N

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 9 - Levantamento de aspectos e impactos ambientais do cenário pós-covid e proposto.

Processo	Aspectos Ambientais	Impactos ambientais	Avaliação				
			Situação operacional	Frequência	Gravidade	Grau de risco	Significativo (S/N)
Triagem dos RS	Consumo de energia elétrica	Redução da disponibilidade de recursos naturais	N	2	2	4	N
		Impacto em ecossistemas aquáticos	N	2	2	4	N
	Produção de recicláveis secos	Diminuição da utilização de recursos virgens	N	3	0	0	N
		Geração de emprego na cadeia de reciclagem	N	3	0	0	N
		Diminuição do uso de energia e água	N	3	0	0	N
	Geração de rejeito	Uso e ocupação do solo	N	3	1	3	N
		Contaminação do solo e água	N	3	1	3	N
	Emissão de particulado	Alteração da qualidade do ar	N	3	1	3	N
	Manipulação de material contaminado e infeccioso	Risco à saúde do operador	N	2	2	4	N
	Geração de odor	Incômodo de vizinhança	N	3	1	3	N

Formar leiras de compostagem	Consumo de água	Redução da disponibilidade de recurso natural	N	2	2	4	N
	Geração de resíduos	Uso e ocupação do solo	N	2	2	4	N
	Geração de odor	Incômodo de vizinhança	N	2	2	4	N
Revolver, maturar leiras e geração de composto	Geração de composto orgânico	Geração de adubo	N	3	0	0	N
	Geração de rejeito	Uso e ocupação do solo	N	2	2	4	N
	Geração de lixiviado	Contaminação do solo e da água	N	1	1	1	N
	Geração de odor	Incômodo de vizinhança	N	1	1	1	N
	Emissão de GEE	Alteração da qualidade do ar, efeito estufa, acidificação, depleção da camada de ozônio	N	2	1	2	N
	Vazamento de lixiviado	Contaminação do solo e da água	N	1	3	3	N
Homogeneização de lodo	Consumo de reagentes químicos	Redução da disponibilidade de recurso natural	N	2	2	4	N
	Geração de efluente líquido	Contaminação do solo e da água	N	2	1	2	N
	Geração de resíduos	Uso e ocupação do solo	N	2	1	2	N

Aterramento de rejeito	Emissões atmosféricas do aterro (CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ S, HC, NH ₃ , etc.)	Alteração da qualidade do ar, efeito estufa, acidificação, depleção da camada de ozônio	N	3	3	9	S
	Emissão de particulado	Alteração da qualidade do ar	N	3	1	3	N
	Geração de lixiviado	Contaminação do solo e água	N	3	1	3	N
		Emissão de GEE	N	3	1	3	N
	Vazamento de lixiviado	Contaminação do solo e água	E	1	3	3	N
	Geração de resíduos	Aumento da necessidade de área para aterramento	N	3	1	3	N
		Contaminação do solo e água	N	3	1	3	N
		Geração de GEE	N	3	1	3	N
Tratamento do lixiviado	Consumo de reagentes químicos	Redução da disponibilidade de recursos naturais	N	2	1	2	N
	Geração de lodo	Uso e ocupação do solo	N	2	1	2	N

Fonte: elaborado pela autora.

Consolidando os dados das duas matrizes chegou-se à Tabela 14:

Tabela 14 - Dados consolidados do cenário 1 e 2.

Cenário 1: reciclagem + aterro (180 pontos)					Cenário 2: reciclagem + compostagem + aterro (288 pontos)				
Grau de Risco	AA	%	Significância	%	Grau de Risco	AA	%	Significância	%
Intolerável	1	5	1	5	Intolerável	1	3,13	2	3,13
Moderado	16	80			Moderado	20	62,50		
Tolerável	0	-			Tolerável	7	21,88		
Isento	3	15	19	95	Isento	4	12,5	30	96,87
Total	20	100			Total	32	100		

O cenário 2 reflete um IA menor que o cenário 1 com uma diferença pequena de 5,11% entre os pontos obtidos em cada matriz. Como a diferença não é alta foi preciso por meio da consolidação dos dados ver o grau de risco e a significância de cada cenário. No cenário 1 foi identificado apenas um IA de grau “intolerável” gerando um grau de significância de 5%. No cenário 2 observa-se também apenas um IA de grau “intolerável”, mas com uma significância menor de 3,13%. Como a significância do grau de risco “intolerável” foi maior no cenário 1, pode-se dizer que a probabilidade de o cenário 1 causar um impacto no meio ambiente é maior que a do cenário 2, mesmo esse tendo mais impactos moderados e toleráveis.

Com isso, é possível concluir que gerenciar o RS do ShC por meio do cenário 2 gera menos impactos, ademais, é possível inferir que contribui para o aumento de vida útil do aterro sanitário e a comercialização do composto produzido.

6 CONCLUSÃO

O ShC é um centro comercial importante para economia da região metropolitana de Belo Horizonte, mas a sua grande geração de resíduos demanda um melhor gerenciamento. Com os dados coletados pelas DMRs foi possível verificar que esses documentos não demonstram a realidade da geração de resíduos e de sua caracterização. Foram encontradas situações de falta de resíduos declarados e grande quantidade de resíduos orgânicos misturados.

A geração de resíduos nos anos de 2020 e 2021 foi afetada pela pandemia de covid-19, com uma redução de 46% e 18% em comparação com 2022. A composição dos resíduos permaneceu proporcional em todos os anos, com a maior fração de orgânicos mistos e a menor

quantidade de metais. O destino dos resíduos sólidos permaneceu majoritariamente para aterros sanitários, com um pequeno aumento para compostagem em 2022. Foi então necessário analisar o cenário proposto para comparar os ganhos com o aumento da reciclagem e compostagem.

O inventário do ciclo de vida mostrou que o cenário proposto apresenta ganhos em impactos ambientais, uma vez que reduz as emissões de GEE, percolado e lodo. O cenário proposto, ao aumentar a reciclagem e compostagem, gera GEE 21,67% menores do que o cenário pós-covid e 8,50% menos lodo e percolado. Em relação ao cenário do período covid, a redução foi de 24,20% em GEE e 9,33% em lodo e percolado.

Para alcançar o nível do cenário proposto, seria necessário que os resíduos pós-consumo, especialmente da praça de alimentação, fossem segregados. Para aumentar a quantidade de recicláveis, os varejistas precisariam melhorar a segregação, o que exigiria esforços adicionais em educação ambiental e incentivos para encorajar essa separação.

A análise de aspectos e impactos ambientais por meio das matrizes de interações mostrou mais uma vez que um cenário com reciclagem e compostagem é um cenário com menor IA. Apesar da diferença das pontuações ser proporcionalmente pequena, a análise de significância mostrou que o grau de impacto “intolerável” é maior no cenário 1 e com isso ele apresenta maiores riscos ao meio ambiente.

Os resultados sugerem que será necessário aumentar a quantidade de resíduos reciclados e compostados. Para alcançar isso, são necessárias melhorias significativas tanto na reciclagem quanto na compostagem. Isso envolveria investir em educação ambiental, incentivar os varejistas, fornecer lixeiras de reciclagem para os visitantes do shopping center e estabelecer uma equipe para a triagem de resíduos.

7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros fica como sugestão o levantamento da quantidade de resíduos e sua composição in loco, por meio de uma amostragem de tudo que é gerado no ShC, assim como Marsaro (2009), realizou em seu trabalho. Esta coleta de dados primários é uma forma de cercar algumas incertezas que aparecem neste trabalho, como “Qual a quantidade de resíduos biodegradáveis gerados na classificação ‘orgânico’ das DMRs?”; “Quais são os resíduos gerados por cada tipo de empreendimento?” e “Quais resíduos são destinados pelas lojas e não passam pela administração do ShC?”. Com as respostas às essas perguntas é possível ter um cenário mais representativo.

Outra sugestão é que trabalhos futuros possam a partir do inventário deste trabalho realizar a avaliação de impacto seguindo a metodologia de ACV. Este trabalho parou na análise de inventário, mas deixa subsídios para serem usados em um trabalho de ACV.

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.040 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SHOPPING CENTERS. **A ausência dos shopping centers no grupo de atividades elegíveis para a Lei 14.148/2021**. São Paulo, 2022. 20 p.

AUDIBERT, J. L.; FERNANDES, F. **Avaliação qualitativa da emissão de biogás em aterro controlado de médio porte**. Revista DAE, n. 190, p. 56-73, 2002.

BORBA, S. M. P. **Análise de modelos de geração de gases em aterros sanitários: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: **Diário Oficial da União, 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. Decreto Federal nº 11.043, de 13 de abril de 2022. **Institui o Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 abr. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/noticias/2022/abril/decreto-aprova-o-plano-nacional-de-residuos-solidos>. Acesso em: 29 abr. 2022.

CALDAS, V. C.. **Gestão de resíduos sólidos – Estudo de caso de Shopping Center**. 2017. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

CAVALINI, R. **Identificação de aspectos e avaliação de impactos ambientais na implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em uma empresa metalúrgica: um estudo de caso**. Universidade de Taubaté, 2008.

DANTAS, K. M. C. **Proposição e avaliação de sistemas de gestão ambiental integrada de resíduos sólidos através de indicadores em municípios do estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

JEWELL, W. J.; NELSON, Y. M.; WILSON, M. S. **Methanotrophic bacteria for nutrient removal from wastewater: attached film systems**. Water Environment Research, v. 64, n. 6, p. 756-765, 1992.

JUFFO, E. E. L. D.. **Resíduos Sólidos Orgânicos: da geração em estabelecimentos de produção de alimentos em um shopping à destinação final na alimentação de suínos**. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinárias) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2013.

MALOUF, A.; EL-FADEL, M.. **Life cycle assessment for solid waste management in Lebanon: Economic implications of carbon credit**. Líbano, 2018.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Plataforma MTR (Manifesto de Transporte de Resíduos)**. Disponível em: <https://mtr.feam.br>. Acesso em: 11 ago. 2024.

FILLMONAU, V.; GHERBIN A.. An exploratory study of food waste management practices in the UK grocery retail sector, Journal of Cleaner Production. United Kindon, 2017.

FRITSCH, I. E.. **Resíduos Sólidos e seus aspectos legais, doutrinários e jurisprudenciais**. Porto Alegre: Secretaria Municipal de Cultura, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Rio de Janeiro: IBGE, 2002**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2019**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 02 ago. 2024.

LAGES, S. S.. **Políticas públicas, valorização da terra e metropolização: RMBH e o vetor industrial de expansão**. São Paulo, v. 22, n. 47, p. 193-214, 2020.

LEME, M. M. V.. **Avaliação das Opções Tecnológicas para Geração de Energia a Partir dos Resíduos Sólidos Urbanos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

MARSARO, G. C. S.. **Plan for solid waste management of a large shopping center in Goiás**. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

McDOUGALL, F. R.; WHITE, P.; FRANKE, M.; HINDLE, P. **Integrated solid waste management: a life cycle inventory**. UK: Blackie Academic & Professional, 2001. p. 205.

MENDES, M. R.; ARAMAKI, T.; HANAKI, K. **Comparison of the environmental impact of incineration and landfilling in São Paulo City as determined by LCA**. Waste Management, v. 23, n. 5, p. 403-409, 2003.

MELO, L. A. de et al. **Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba**. Curitiba, p. 551-558, 2009.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Plano Estadual de Saneamento Básico**. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/component/content/article/13-informativo/5302-produtos>>. Acesso em: 30 de junho de 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES)**. Brasil, 2022. p. 150-158.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria nº 280, de 29 de junho de 2020. **Institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR nacional**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-29-de-junho-de-2020-264244199>. Acesso em: 29 abr. 2022.

- MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: <http://www.ibam.org.br>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- MORAES, S. R. R.; TUROLLA, F. A.. **Visão Geral dos Problemas e da Política Ambiental no Brasil**. Revista Informações Econômicas, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 7-13, abr. 2004.
- NETO, P. N.; MOREIRA, T. A. **Política nacional de resíduos sólidos - reflexões acerca do novo marco regulatório nacional**. p. 10-19, 2010.
- NOBREGA, C. C. et al. **Avaliação do ciclo de vida da coleta seletiva de papel e papelão no núcleo do Bessa, município de João Pessoa (PB), Brasil**. João Pessoa, p. 875-884, 2019.
- PITT, M.. **Trends in shopping center waste management**. Facilities, v. 23, n 11-12, p. 522-533, 2005.
- ROSADO, L. P. PENTEADO, C. S. G. **Avaliação do ciclo de vida do Sistema Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil da Região Metropolitana de Campinas**. Revista EAS, v. 24, n. 1, p. 71-82, 2019
- SOARES, E. L. S. F.. **Estudo da Composição Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Minas Gerais, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- TASKIN, A.; DEMIR, N. **Life cycle environmental and energy impact assessment of sustainable urban municipal solid waste collection and transportation strategies**. Sustainable Cities and Society, v. 61, 2020.
- VAZ, M. S. B. F. **O impacto da COVID-19 no consumo e repercussões no ambiente: o caso português**. Dissertação (Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente) – Universidade do Porto, Porto, 2021.
- WOOLRIDGE, A. C. et al. **Life cycle assessment for reuse/recycling of donated waste textiles compared to use of virgin material: An UK energy saving perspective**. Reino Unido, 2005.

ANEXO A - Dados coletados nas DMRs

Ano	Tipo	Quantidade (t)	Destinação
2020	Resíduo de construção civil	27,23	Aterro resíduo classe A
			Aterro Classe
2020	Papel e papelão	3,53	IIA e IIB
2020	Papel e papelão	89,83	Reciclagem
2020	Metais	1,79	Reciclagem
			Aterro Classe
2020	Plásticos	0,13	IIA e IIB
2020	Plásticos	1,61	Reciclagem
2020	Madeira	2,00	Reciclagem
2020	Orgânico	4,15	Compostagem
			Aterro Classe
2020	Orgânico	360,88	IIA e IIB
2020	Lodo	91,79	Tratamento de efluentes
2020	Vidro	0,00	Reciclagem
2020	Óleos	0,05	Reciclagem
			Aterro Classe
2021	Resíduo de construção civil	3,77	IIA e IIB
2021	Resíduo de construção civil	56,15	Aterro resíduo classe A
			Aterro Classe
2021	Papel e papelão	0,65	IIA e IIB
2021	Papel e papelão	112,96	Reciclagem
2021	Metais	1,75	Reciclagem
2021	Plásticos	2,73	Reciclagem
			Aterro Classe
2021	Orgânico	540,85	IIA e IIB
2021	Lodo	125,02	Tratamento de efluentes
2021	Vidro	1,66	Reciclagem

2021	Óleos	0,53	Reciclagem
2021	Resíduo de saúde	0,02	Autoclave
2021	Materiais absorventes	0,96	Reciclagem
2021	Madeira	2,4	Reciclagem
2022	Resíduo de construção civil	62,50	Aterro resíduo classe A
2022	Papel e papelão	132,68	Reciclagem
2022	Metais	2,57	Reciclagem
2022	Plásticos	3,19	Reciclagem
2022	Orgânico	26,94	Compostagem
			Aterro Classe
2022	Orgânico	661,77	IIA e IIB
2022	Lodo	144,04	Tratamento de efluentes
2022	Vidro	35,73	Reciclagem
2022	Materiais absorventes	0,08	Coprocessamento
2022	Madeira	5,10	Reciclagem
2022	Eletrônicos	0,03	Reciclagem
2022	Serviço de varrição não biodegradável	3,7	Aterro Classe IIA e IIB

Fonte: Adaptado Sistema MTR – FEAM, 2020 a 2022.

APÊNDICE A - Dados de geração e destinação de RS.

A Tabela 1 apresenta a caracterização dos RS coletados dos anos de 2020 a 2022 no ShC, A Tabela 2 representa a destinação destes resíduos dos anos 2020 a 2022. A Tabela 3 compara as destinações de cada cenário apresentado.

Tabela 1 - RS coletados no Shc de 2020 a 2022.

Componentes	Ano 2020 (t)	%	Ano 2021(t)	%	Ano 2022(t)	%
Orgânico (misturado)	365,03	62,61%	540,85	61,41%	688,71	63,79%
Papel/papelão	93,36	16,01%	113,61	12,90%	132,68	12,29%
Plástico	1,74	0,30%	2,32	0,26%	3,18	0,30%
Metal	1,79	0,08%	1,75	0%	2,57	0%
Vidro	0,002	0,23%	1,66	0,20%	37,07	0,24%
Outros	121,08	0,0003%	190,49	0,19%	215,46	3,43%
Total	583,00	20,77%	880,68	25,04%	1.079,67	19,95%

Fonte: Adaptação da DRM no Sistema MTR-MG (2020 a 2022).

Tabela 2 - Destinação dos resíduos orgânicos e recicláveis nos anos de 2020 a 2022.

Destinação	2020		2021		2022	
	Tonelada	%	Tonelada	%	Tonelad a	%
Aterro Classe IIA e IIB	364,54	78,58	541,50	81,97	661,77	76,69
Compostagem	4,15	0,89	0,00	0	26,94	3,12
Reciclagem	93,24	20,09	119,11	18,03	174,16	20,18
Total	463,93	100	660,61	100	862,88	100

Fonte: Adaptação da DRM no Sistema MTR-MG (2020 a 2022).

Tabela 3 - Comparação entre os três cenários de acordo com a destinação e disposição final dos resíduos.

Destinação	Cenário covid		Cenário pós-covid		Cenário proposto	
	Tonelada	%	Tonelada	%	Tonelada	%
Reciclagem	212,35	18,99	174,16	20,18	241,61	28

Compostagem	0,00	0	26,93	3,12	172,58	20
Aterro Classe IIA e IIB	906,04	81,01	661,77	76,69	448,69	52
Total	1118,39	100	862,88	100	862,88	100

Fonte: elaborado pela autora.