

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM O EMPREGO DE DIFERENTES METODOLOGIAS: ESTUDO DE CASO EM GOIOERÊ/PR

A Evaluation of the Management System of Solid Urban Waste With the use of Different Methodologies: Case Study in Goioerê/PR

Evaluación del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos Con el uso de Diferentes Metodologías: Estudio de Caso en Goioerê/PR

Felipe Facco Mendes Ferreira

Doutorando do Prog. de Pós-Graduação em Eng. Produção Univ. Fed. São Carlos

orcid: [0000-0002-4870-3800](https://orcid.org/0000-0002-4870-3800)

felipefaccomf@gmail.com

Generoso De Angelis Neto

Doutor em Eng. de Const. Civil e Urb. pela Univ. de São Paulo, USP.

orcid: [0000-0002-2592-3608](https://orcid.org/0000-0002-2592-3608)

ganeto@uem.br

Resumo

A cidade de Goioerê/PR não possui um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), fator que implica aspectos negativos para todas as etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, principalmente, para o processo de disposição final, que no município ocorre em aterros sanitários. Dessa forma, como alternativa para auxiliar na criação do PGRS foram avaliados os indicadores ambientais, de sustentabilidade e de qualidade do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Goioerê. A metodologia abordada para o estudo se baseia na análise qualiquantitativa do gerenciamento dos RSUs, realizado por meio de informações com responsáveis do setor público da Prefeitura para avaliação dos indicadores da sustentabilidade e da qualidade e por meio da norma NBR ISO 14040 de 2001, para aplicação da ACV na determinação dos indicadores ambientais. A aplicação da ACV foi realizada por meio dos métodos de impacto ambiental RECIPE e IPCC 2013 GWP 100a, definidos por meio do software SIMAPRO. Desta forma, como resultado, conseguiu-se com a aplicação dos indicadores sustentáveis, realizar uma avaliação do sistema do gerenciamento dos RSUs do município, que se enquadrou como sendo de média sustentabilidade. Como resultado da aplicação dos indicadores de qualidade, chegou-se a um IQR - VALAS no valor de 6,3 classificando o aterro sanitário em valas do Município de Goioerê como estando em condições inadequadas e um IQCol no valor de 7,7, classificando a coleta domiciliar do município como sendo boa. Já, com os resultados obtidos com a aplicação da ACV, foi possível mensurar quais os impactos gerados nas etapas de coleta, transporte e destinação final dos RSUs. A utilização destes indicadores em conjunto com a metodologia da ACV possibilitou uma visão global de todo o sistema de gerenciamento dos RSUs do município e permitiu a proposta de algumas soluções mais adequadas para serem implementadas por meio do poder público do Município e desta forma atenderem aos requisitos das legislações vigentes.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida, SIMAPRO, Índice de Qualidade de Aterros em Valas, índice da Qualidade da Coleta Domiciliar.

Abstract

The city of Goioerê/PR does not have a Solid Waste Management Plan (SWMP), a factor that implies negative aspects for all stages of urban solid waste management, especially for the final disposal process, which in the municipality occurs in landfills. Thus, as an alternative to assist in the creation of the SWMP, environmental, sustainability and quality indicators of the urban solid waste management system in Goioerê were identified. The methodology addressed for the study is based on the qualitative and quantitative analysis of the management of RSUs, carried out through information with those responsible for the public sector of the City Hall for the evaluation of sustainability and quality indicators and through the NBR ISO 14040 standard of 2001, for application of LCA in determining environmental indicators. The application of the LCA was carried out using the RECIPE and IPCC 2013 GWP 100a environmental impact methods, defined using the SIMAPRO software. In this way, as a result, it was possible with the application of sustainable indicators, to carry out an evaluation of the municipality MSW management system, which was classified as being of medium sustainability. As a result of the application of the quality indicators, an IQR - DITCHES of 6.3 was reached, classifying the sanitary landfill in ditches of the Municipality of Goioerê as being in inadequate conditions and an IQCol of 7.7, classifying the municipal household collection as being good. Already, with the results obtained

Data da Submissão:
10maio2022

Data da Aprovação:
18outubro2022

Data da Publicação:
29novembro2022

with the application of LCA, it was possible to measure the impacts generated in the stages of collection, transport and final destination of the MSW. The use of these indicators together with the LCA methodology allowed a global view of the entire municipal MSW management system and allowed the proposal of some more adequate solutions to be implemented by the Municipality public authorities and thus meet the requirements of current legislation.

Keywords: Life Cycle Assessment, SIMAPRO, Ditch Landfill Quality Index, Household Collection Quality Index.

Resumen

El municipio de Goioerê/PR no posee Plan de Gestión de Residuos Sólidos (PGRS), factor que implica aspectos negativos para todas las etapas de la gestión de residuos sólidos urbanos, especialmente para el proceso de disposición final, que en el municipio ocurre en rellenos sanitarios. Así, como alternativa para auxiliar en la creación del PGRS, fueron identificados indicadores ambientales, de sustentabilidad y de calidad del sistema de gestión de residuos sólidos urbanos en Goioerê. La metodología abordada para el estudio se basa en el análisis cualitativo y cuantitativo de la gestión de RSU, realizado a través de información con los responsables del sector público del Ayuntamiento para la evaluación de indicadores de sostenibilidad y calidad y a través de la norma NBR ISO 14040 de 2001, para la aplicación de LCA en la determinación de indicadores ambientales. La aplicación del ACV se realizó mediante los métodos de impacto ambiental RECIPE e IPCC 2013 GWP 100a, definidos mediante el software SIMAPRO. De esta forma, como resultado se logró, con la aplicación de indicadores sustentables, realizar una evaluación del sistema de gestión de RSU del municipio, el cual fue clasificado como de mediana sustentabilidad. Como resultado de la aplicación de los indicadores de calidad, se alcanzó un IQR - DIFTS de 6,3, clasificando el relleno sanitario en zanjas del Municipio de Goioerê como en condiciones inadecuadas y un IQCol de 7,7, clasificando la recolección domiciliar municipal como buena. Ya con los resultados obtenidos con la aplicación del ACV se logró medir los impactos generados en las etapas de recolección, transporte y destino final de los RSU. El uso de estos indicadores junto con la metodología ACV permitió tener una visión global de todo el sistema de gestión de los RSU municipales y permitió proponer algunas soluciones más adecuadas para ser implementadas por los poderes públicos del Municipio y así cumplir con los requerimientos de la legislación vigente.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida, SIMAPRO, Índice de Calidad de Vertedero de Zanjas, Índice de Calidad de Recolección Domiciliaria.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pelo decreto N° 10.936/2022, representada por meio da Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, em seu art. 3º, a gestão integrada dos resíduos sólidos é definida por um conjunto de ações, voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos. Assim, considerando as dimensões políticas, econômicas, ambientais, culturais e sociais, a partir de um controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Ainda com a abordagem do art. 3º da PNRS, o gerenciamento de resíduos

sólidos é definido por um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e dos rejeitos. Essas ações necessitam estar de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com o plano de gerenciamento de resíduos sólidos imposto na PNRS (BRASIL, 2010).

Para Identificar os indicadores de sustentabilidade do Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (SGRSU), segundo Chiavelli (2018), pode-se utilizar

um formulário de avaliação que contempla as dimensões políticas, ambientais, econômicas e sociais dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) no município. Dessa forma, com a aplicação do formulário de avaliação será possível identificar a atual situação do SGRSU.

Já os indicadores da qualidade do sistema de gerenciamento, abrangem o IQR - VALAS definido por meio da CETESB (2021) que possui a finalidade de avaliar o índice da qualidade do aterro sanitário, visando determinar qual a situação do seu funcionamento. Auxiliando ainda nos indicadores de qualidade, Fonseca e Gonzaga (2016) abordam sobre o índice de qualidade para a coleta domiciliar (IQCol), que determinará as condições que a coleta dos RSUs no município está operando.

Segundo Sala e Bieda (2019), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um método científico que permite uma avaliação quantitativa dos impactos ambientais de um produto ou serviço. Esta metodologia analisa todo o ciclo de vida, considerando toda a energia, materiais e emissões relacionadas à produção, uso e descarte de um produto. Portanto, a ACV foi utilizada como ferramenta para analisar os indicadores ambientais dos resíduos sólidos urbanos de Goioerê, abrangendo as etapas de coleta, transporte e destinação final.

Tal ferramenta se baseia na série ISO 14.040-14.044 (2006) e consiste em quatro fases, sendo o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) o passo mais valioso da ACV. Desta forma, a ACV pode apoiar políticas públicas, dar suporte à certificação de produtos, fornecer informações para tomadores de decisão, auxiliar no desenvolvimento de novos produtos,

processos, tecnologias ou atividades e identificar os causadores de maior impacto ambiental (CURRAN, 2006).

Paes (2013) destaca que tal ferramenta também pode ser empregada para comparar as tecnologias utilizadas nas etapas de gerenciamento de resíduos, como modelos de coleta, transporte, transbordo, triagem, tratamento e destinação final, assim como para rotulagem ambiental.

2. OBJETIVOS

Geral

Avaliar o Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Goioerê/PR.

Específicos

- Avaliar os Indicadores de Sustentabilidade nas dimensões política, ambiental, econômica e social;
- Avaliar o Indicador de Qualidade de Aterros em Valas – IQR-VALAS e o Indicador da Qualidade da Coleta Domiciliar – IQCol;
- Avaliar ambientalmente o aterro sanitário do município, mensurando os impactos ambientais por ele gerados;
- Colaborar com diretrizes para o plano de resíduos sólidos urbanos.

Revisão da leitura

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) são originários de domicílios, comércios, indústrias e outros tipos de logradouros que estão situados no ambiente urbano de um município.

Dessa forma, é de responsabilidade de cada município realizar o gerenciamento dos seus resíduos, executando a coleta e o tratamento adequado (YAY, 2015).

Os resíduos domiciliares são aqueles provenientes da vida diária dos indivíduos em suas residências, compostos por materiais orgânicos, plásticos, papel, vidro e outros. Já os resíduos que são gerados em estabelecimentos comerciais são provenientes de mercados, lojas, restaurantes, empresas e outros tipos de comércio situados no ambiente urbano. Dessa forma, a classificação dos resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade da sua origem, conforme exposto na NBR 10.004, de 2004 (BIAVA; KRAVETZ, 2011).

A disposição final inadequada dos resíduos sólidos urbanos, sem nenhum tipo de tratamento, pode ocasionar diversos problemas ambientais e para saúde dos seres humanos. Dentre a gama de efeitos negativos para o ambiente e para a população, estão as emissões de gases do efeito estufa, fortes odores, proliferação de pragas e infiltração do lixiviado no solo (PUJARA, 2019).

O gerenciamento dos RSUs necessita conter um entendimento como um resultado que será determinado por meio de uma soma de vários fatores. Esses fatores estarão relacionados com as normas e o planejamento desenvolvidos por meio da gestão pública. O gerenciamento deve visar aspectos que realize a coleta, tratamento e disposição corretamente adequada para os RSUs do município (QUEIROGA, 2010).

Queiroga (2010) aborda que o plano de gerenciamento de resíduos

sólidos é uma etapa primordial, pois, caso seja elaborado de maneira inapropriada, pode ocasionar um sistema de gerenciamento ineficiente. Dessa maneira, o plano de gerenciamento dos resíduos sólidos é crucial para que o município estabeleça as medidas que serão abordadas para os RSUs.

Dessa forma, a responsabilidade relacionada ao controle dos resíduos sólidos urbanos está disposta na Lei federal de nº 12.305, de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Portanto, cabe a cada gerador, em conjunto com o poder público, realizar as ações corretas para o gerenciamento dos RSUs (BRASIL, 2010).

A construção de indicadores para a gestão de resíduos sólidos urbanos é importante, pois orienta à tomada de decisões de diferentes formas. Esses indicadores podem fornecer informações estratégicas e identificar aspectos da sociedade em relação com o meio ambiente (PEREIRA; CURI; CURI, 2017).

Dessa forma, a metodologia utilizada por meio da CETESB (2010) possui o objetivo de gerar um índice de Qualidade de Aterros em Valas. O índice abordado pode classificar a operação do aterro sanitário de duas diferentes formas, como operação inadequada ou operação adequada.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é caracterizada como uma ferramenta que determina toda a estrutura montada para identificar e avaliar os impactos ambientais. A estrutura da ACV é definida visando aos impactos relativos à energia e todos os recursos necessários na produção de materiais ou serviços, podendo identificar os impactos provenientes

de toda a sua vida útil (CHESTER, 2019).

Dessa forma, a ACV é uma ferramenta que auxilia na redução dos impactos ambientais de serviços ou produtos. O auxílio ocorre por meio dos indicadores em relação aos impactos que esses produtos ou serviços estão gerando ao ambiente, desde o início do processo, até o final da sua vida útil. Com isso, é possível determinar ações ou novas tecnologias que proporcionem um impacto menor ao ambiente, contribuindo para a preservação do ecossistema e de todos seus habitantes (FABRÍCIO; SILVA; NEPOMUCENO, 2017).

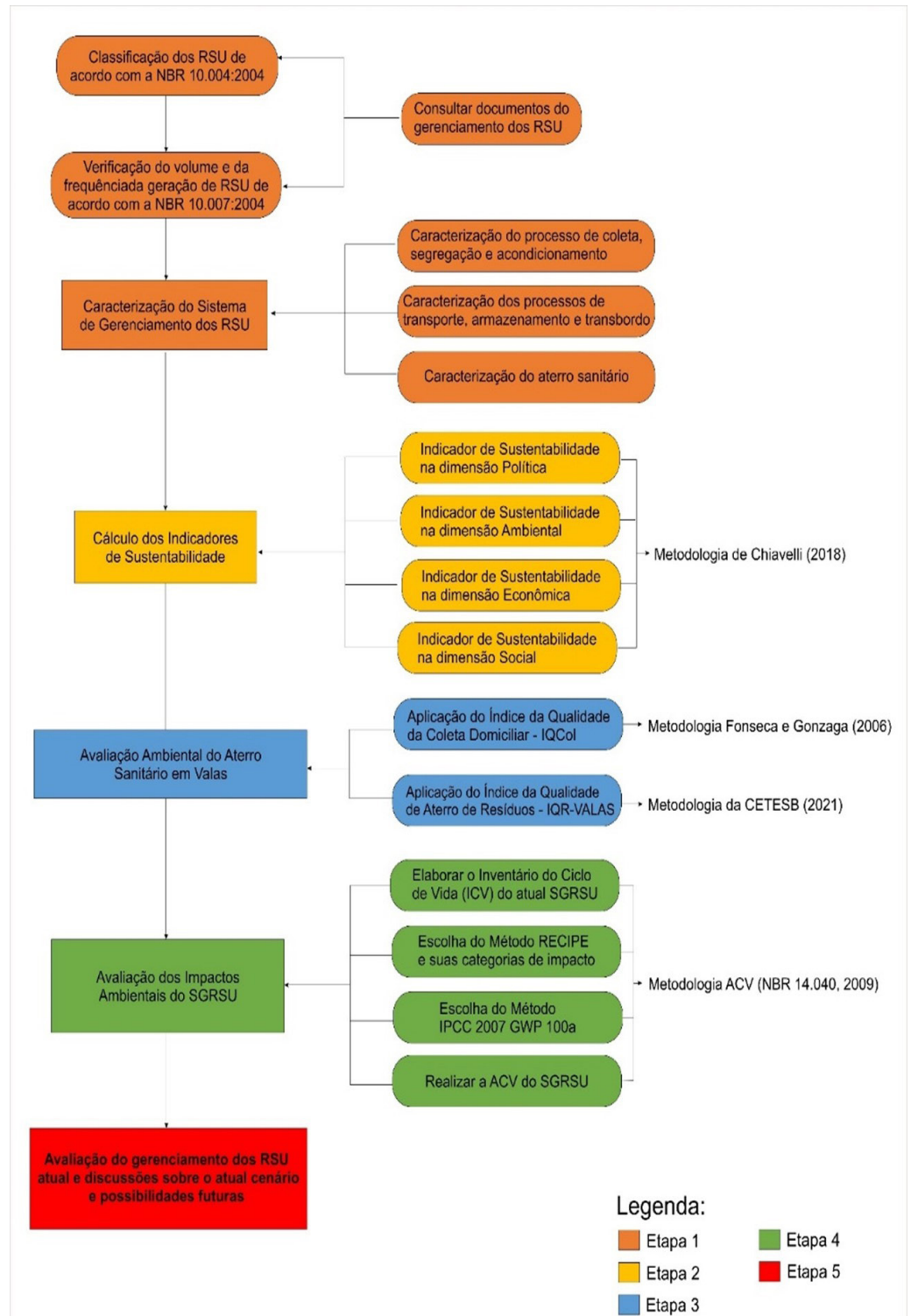
Um dos objetivos de utilização da ACV está no auxílio que essa ferramenta promove para mensurar e progredir sobre os aspectos ambientais que estão relacionados sobre algum determinado produto ou serviço.

Essa avaliação aborda aspectos que envolvem as tomadas de decisões em organizações privadas ou públicas, o apontamento dos indicadores que os processos geram e as técnicas de medições que são aplicadas nos setores que compõem a análise (PEGORARO; UGAYA, 2014).

3. MÉTODOS

Dessa forma, na sequência, encontram-se as etapas metodológicas (Figura 1) para a análise do Sistema de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (SGRSU), que buscam cumprir o objetivo geral e os específicos deste estudo. Estas etapas foram dispostas de forma que cada ação metodológica permite a criação de condições para a realização de cada objetivo específico e, composta em conjunto, permitindo atender o objetivo geral.

Figura 1 - Ordenamento do método utilizado no estudo



Fonte: Autoria própria (2021)

As informações referentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos utilizadas nas etapas 1, 2, 3 e 4 foram coletadas, por meio de questionários aplicados com profissionais da Secretaria da Agricultura, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. A primeira etapa consistiu na consulta de documentos, como o plano diretor no município, que serviu como base de dados para a classificação dos resíduos sólidos urbanos do Município de Goioerê, de acordo com a normativa NBR 10.004:2004.

Para a segunda etapa do estudo foi realizado um checklist para determinar o levantamento de dados com a Secretaria da Agricultura, Meio Ambiente e Recursos Hídricos do município e, com isso foi possível calcular os indicadores de sustentabilidade nas dimensões política, ambiental, econômica e social, pela metodologia desenvolvida por Chiavelli (2018). Para realização do cálculo dos indicadores de sustentabilidade, Chiavelli (2018) utiliza a equação

$$G = \frac{\sum \text{das notas obtidas em cada dimensão na avaliação}}{\sum \text{da máxima pontuação em todas as dimensões}} \times 10$$

(eq. 1).

Por meio do apontamento do cálculo dos indicadores de sustentabilidade, o coeficiente encontrado irá apontar o índice de sustentabilidade que o município obteve com a avaliação. Dessa forma, dentro dos parâmetros determinados, o indicador apontará se o município opera com gestão insustentável (indicador entre 0 e 2,5), baixa sustentabilidade (Indicador entre 2,5 e 5,0), média sustentabilidade (indicador entre 5,0 e 7,5) e alta sustentabilidade (indicador entre 7,5 e 10,0).

Na terceira etapa, o estudo voltou-se para a avaliação da qualidade do Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do município. Para avaliação da qualidade do aterro em valas do município, também em conjunto com a Secretaria da Agricultura, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, empregou-se a metodologia do CETESB, por meio da qual foi calculado o Índice de Qualidade de Aterros em Valas – IQR-VALAS. Essa metodologia implicou-se na resposta dos responsáveis diante de um questionário que foi analisado, obtendo por meio do IQR-VALAS a situação que se encontrava o aterro sanitário do município.

Para a quarta etapa, ainda avaliando o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, optou-se por calcular os impactos ambientais gerados atualmente e suas contribuições para as mudanças climáticas, por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Ainda na etapa quatro, foi construído o inventário do ciclo de vida, que envolve a coleta dos dados. Ou seja, o inventário utiliza de dados específicos ou secundários sobre o estudo, auxiliando nos resultados da avaliação do impacto do ciclo de vida. Portanto, o inventário vai determinar as emissões que ocorrem no ciclo de vida estudado.

Assim, ainda na etapa quatro foi utilizado o *software* SIMAPRO PhD versão 7.7.3 no qual o inventário é criado por meio de uma base de dados secundária, que consta no *software*. Após determinar o banco de dados que será utilizado, é necessário adaptá-lo para o modelo que será utilizado no estudo, ou seja, a coleta e transporte de resíduos sólidos. Com isso, a partir dos dados definidos o *software* realiza a mensuração dos possíveis impactos que o objeto do

estudo gera para o meio ambiente.

Por fim, na quinta e última etapa, o estudo buscou discutir os resultados encontrados do atual cenário do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do município e buscou contribuir com as análises para as futuras tomadas de decisão do poder público.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o estudo de caracterização do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, foram utilizados dois tipos de indicadores, os indicadores de sustentabilidade

e os indicadores de qualidade do gerenciamento de resíduos. Os indicadores de sustentabilidade foram obtidos por meio da análise de quatro dimensões relativas à conduta do Município de Goioerê/PR em relação à gestão dos RSUs. Desta forma, as quatro dimensões abordadas para estabelecer os indicadores de sustentabilidade são: política, ambiental, econômica e social.

Com relação ao indicador de sustentabilidade que aborda a dimensão política, temos o *checklist* apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Índice de Sustentabilidade na dimensão política

Dimensão	N	Indicador	Avaliação	Peso
Política	01	O município possui Plano Municipal de Gestão Integrada de RSU (PMGIRS) ou Plano Municipal de Saneamento Básico que contempla o manejo de RSUs?	Sim, possui um dos planos atualizado.	5
			Possui o plano, porém ainda não está atualizado.	3
			Em fase de elaboração do Plano	2
			Não possui nenhum plano.	0
	02	O Plano contempla as exigências daPNRS ou PNSB?	Sim, contempla todas as exigências.	5
			Contempla parte das exigências.	3
			Não contempla as exigências.	0
	03	Houve participação popular na elaboração do Plano Municipal?	Sim	5
			Não	0
	04	O município possui ações fiscalizatórias para o manejo dos RSUs?	Sim	5
			Somente quando os munícipes relatam alguma infração.	3
			Não possui.	0
	05	O município possui ações fiscalizatórias para a coleta seletiva de materiais recicláveis?	Sim	5
			Somente quando os munícipes relatam alguma infração.	3
			Não possui.	0
	06	O município possui secretaria(s), conselho ou órgão ambiental, de modo que englobem a gestão dos RSUs?	Sim	5
			Não	0

	07	Os profissionais que atuam na gestão dos RSUs são capacitados?	Sim, todos são capacitados.	5
			Alguns são capacitados.	3
			Nenhum possui capacitação específica para a gestão dos RSUs.	0
	08	Os dados em relação à gestão e gerenciamento de RSUs estão sistematizados e disponíveis aos cidadãos?	Sim, todos os dados estão disponíveis à população, inclusive em meio digital.	5
			Somente alguns dados estão disponíveis.	3
			Não estão disponíveis à população.	0
	09	Os dados em relação ao manejo da coleta seletiva de materiais recicláveis secos estão sistematizados e disponíveis aos cidadãos?	Sim, todos os dados estão disponíveis, inclusive em meio digital.	5
			Somente alguns dados estão disponíveis.	3
			Não	0
	10	O município possui canais específicos para a participação popular na gestão dos RSUs?	Existem canais de participação específicos e a população os utiliza.	5
			Existem canais de participação específicos, porém a população não os utiliza.	3
	Dimensão	N	Indicador	Avaliação
	10	O município possui canais específicos para a participação popular na gestão dos RSUs?	Não existem canais de participação específicos.	0
	11	O município possui sanções à população que descartar resíduos irregularmente em locais proibidos?	Sim	5
			Não	0
	12	Discussão e proposições de soluções consorciadas para a gestão dos RSUs	As Propostas técnica e economicamente viáveis de soluções consorciadas foram implementadas.	5
			Existência de discussão e estudo sobre soluções consorciadas para RSUs, porém aquelas que se mostraram técnica e economicamente viáveis não tiveram continuidade na sua implantação.	3
			As possíveis soluções consorciadas para RSUs não são estudadas ou discutidas.	0
Subtotal atingido				33

Fonte: Autoria própria (2021)

Para o índice de sustentabilidade que aborda a dimensão ambiental, temos o checklist apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - índice de sustentabilidade na dimensão ambiental

Dimensão	N	Indicador	Avaliação	Peso
Ambiental	01	O município possui coleta seletiva de materiais reutilizáveis e recicláveis secos?	Sim, implantada e em funcionamento	5
			Em processo de implantação	3
			Não possui.	0
	02	Taxa de recuperação dos materiais reutilizáveis e recicláveis secos (TRMRRS)	≥ 10%	5
			De 5 a 9,9%	3
			De 1 e 4,9%	0
	03	Taxa de rejeitos (TR) da coleta seletiva de materiais reutilizáveis e recicláveis secos	≤ 10%	5
			De 10,1% - 29,9%	3
			> 30%	0
	04	Forma de disposição final dos RSUs do município	Aterro Sanitário	5
			Aterro Controlado	3
			Lixão (vazadouro) a céu aberto	0
	05	O município realiza compostagem?	Realiza compostagem com mais de 30% dos resíduos orgânicos.	5
			Realiza compostagem com 5,1% até 30% dos resíduos orgânicos.	3
			Realiza compostagem com 1% até 5% dos resíduos orgânicos.	1
Realiza compostagem com menos de 1% dos resíduos orgânicos ou não realiza.			0	
	N	Indicador	Avaliação	Peso
Ambiental	06	O município possui destino adequado para os resíduos volumosos (móveis em geral - sofá, cama, armário, mesa, etc. - geladeira, fogão, entre outros)?	Sim para todos os tipos de resíduos volumosos	5
			Somente para alguns resíduos volumosos	3
			Não possui local.	0
	07	Cobertura da coleta convencional de RSUs realizada no município	75 a 100%	5
			30 a 75%	3
			< 30%	0
	08	Cobertura da coleta seletiva de materiais reutilizáveis e recicláveis secos	≥ 80% da área urbana do município	5
			40,1% - 79,9% da área urbana do município	3
			≤ 40% da área urbana do município	0
09	Recuperação de passivos ambientais causados por RSUs	Todos os passivos ambientais foram recuperados.	5	
		Parte dos passivos ambientais foi recuperada ou os passivos ambientais estão em processo de recuperação.	3	
		Nenhum passivo ambiental foi recuperado.	0	
Subtotal Máximo				31

Fonte: Autoria própria (2021)

Com relação a dimensão econômica, foi obtido os resultados apresentados no checklist do Quadro 3.

Quadro 3 - índice de sustentabilidade na dimensão econômica

Dimensão	N	Indicador	Avaliação	Peso
Econômica	01	O município possui taxa específica para o manejo de RSUs?	Sim, para todas as etapas do manejo	5
			Somente para algumas etapas domanejo de RSUs	3
			Não existe taxa para este serviço.	0
	02	Percentual do orçamento do município destinado à limpeza pública (PLP)	>10%	5
			De 5,1 a 10%	3
			Até 5%	1
	03	Percentual de materiais recicláveis secos comercializados mensalmente (em kg, em relação à quantidade coletada)?	90 a 100%	5
			70 a 89,9%	4
			40 a 69,9%	3
			20 a 39,9%	2
			10 a 19,9%	1
			Menor que 10%	0
Subtotal Máximo				11

Fonte: Autoria própria (2021)

Por fim, para o índice de sustentabilidade, abordando a dimensão social, temos o checklist obtido no Quadro 4.

Quadro 4 - índice de sustentabilidade na dimensão social

Dimensão	N	Indicador	Avaliação	Peso	
Social	01	Existem catadores informais menores de 18 anos no município?	Não	5	
			Sim	0	
	02	O município possui alguma forma de incentivo para os catadores informais se associarem às cooperativas?	Sim	5	
			Não	0	
	03	O município possui incentivos para os funcionários envolvidos no manejo de RSUs e para os catadores terminarem seus estudos (ensino fundamental e médio)?	Sim	5	
			Somente para terminar o ensino fundamental.	3	
			Não possui.	0	
	04	O município realiza treinamentos de forma a capacitar continuamente os catadores das cooperativas?	Sim, para todos os catadores associados	5	
			Para alguns catadores	3	
			Não realiza treinamentos.	0	
	05	Renda média mensal <i>per capita</i> obtida pelos catadores das cooperativas	> 1 salário-mínimo	5	
			= 1 salário-mínimo	3	
			< 1 salário-mínimo	0	
	Subtotal Máximo				0

Fonte: Autoria própria (2021)

A partir de todos os resultados obtidos nas dimensões política, ambiental, econômica e social foi possível mensurar o índice de sustentabilidade do Município de Goioerê/PR. A Tabela 1 apresenta o índice total que cada dimensão de sustentabilidade atingiu.

Tabela 1 - Pontuação atingida em cada dimensão de sustentabilidade

Dimensão	Subtotal Atingido	Índice Determinado no Município	Índice Determinado em Cada Dimensão	Subtotal Máximo da Dimensão	Contribuição Máxima no Índice Total
Política	33	22,76%	55%	60	41,38%
Ambiental	31	21,38%	68,89%	45	31,04%
Econômica	11	7,59%	73,33%	15	10,34%
Social	0	0%	0%	25	17,24%
Total	75	51,73%	-	145	100%

Fonte: Autoria própria (2021)

Realizando o cálculo, obteve-se que a gestão de Goioerê foi avaliada em 5,17 pontos, como indicado a seguir por meio do cálculo da (eq. 1):

$$G = \frac{\sum \text{das notas obtidas em cada dimensão na avaliação}}{\sum \text{da máxima pontuação em todas as dimensões}} \times 10 = \frac{75}{145} \times 10 = 5,17$$

Portanto, tem-se que a gestão de RSU do Município de Goioerê é classificada como "Gestão de Média Sustentabilidade".

Os indicadores de qualidade tiveram o objetivo de avaliar o aterro sanitário, para isso, foi realizada a avaliação do Índice de Qualidade de Aterros em Valas (IQR-VALAS) e do Índice de Qualidade da Coleta Domiciliar (IQCol).

Dessa forma, com a visita in loco ao aterro, foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade de Aterros em Valas (IQR-VALAS) apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - índice de qualidade de aterros em valas (IQR - VALAS)

ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS – IQR – VALAS									
MUNICÍPIO: Goioerê					DATA: 30/11/2021				
LOCAL: Aterro Sanitário em Vala					AGÊNCIA: Secretária da Agricultura, Meio Ambiente e Recursos Hídricos				
BACIA HIDROGRÁFICA: Bacia do Piquiri					UGRHI: Agropecuária				
LICENÇA: <input type="checkbox"/> L.I <input checked="" type="checkbox"/> L.O					TÉCNICO: Tiago Dias Azenha				
ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE APOIO	ISOLAMENTO FÍSICO	SIM/SUFICIENTE	3		CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	PROXIMIDADE DE NÚCLEOS HABITACIONAIS	≥ 500 m	5	5
		NÃO/INSUFICIENTE	0	0			< 500 m	0	
	ISOLAMENTO VISUAL	ADEQUADO	3			PROXIMIDADE DE CORPOS DE ÁGUA	≥ 200 m	5	5
		INADEQUADO	0	0			< 200 m	0	
	ACESSO À FRENTE DE DESCARGAS	ADEQUADO	4			VIDA ÚTIL DA ÁREA	≤ 2 ANOS		
		INADEQUADO	0	0			2 < x ≤ 5 ANOS		X
				> 5 ANOS					
ASPECTOS OPERACIONAIS	DIMENSÕES DAS VALAS	ADEQUADAS	10	10	RESTRICÇÕES LEGAIS AO USO DO SOLO	SIM			
		INADEQUADAS	0			NÃO		X	
	RECOBRIMENTO DOS RESÍDUOS	ADEQUADO	10		SUBTOTAL 3		10		
		INADEQUADO	2	2					
	VIDA ÚTIL	SUFICIENTE	5	5					
		INSUFICIENTE	0						
APROVEITAMENTO DA ÁREA	ADEQUADO	10	10	QUANTIDADE DISPOSTA DO MUNICÍPIO EM TON/DIA (MÉDIA ANUAL)		10,6			
	INADEQUADO	0							
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	PROF. DO LENÇOL FREÁTICO	$P > 3, K < 10^{-6}$	10	10	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (SAD 69)				
		$1 \leq P \leq 3 \text{ m}, K < 10^{-6}$	5		UTM_N (m):		7315300,85 (m)		
	(P) X PERMEABILIDADE DO SOLO(k)	CONDIÇÃO INADEQUADA	0		UTM_E (m):		285537,76 (m)		
		SUFIC. / DESNECESSÁRIA	5		FUSO:		UTC-3		
	DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	INSUFIC. / INEXISTENTE	0	0	TOTAL MÁXIMO		100	63	
		ADEQUADO	5	5					
MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	INADEQUADO/ INSUFIC.	2							
	INEXISTENTE	0							
SUBTOTAL 1			65	42	IQR VALA = SOMA DOS PONTOS / 10		6,3		
OUTRAS INFORMAÇÕES	PRESENÇA DE CATADORES	NÃO	6	6	IQR		AVALIAÇÃO		
		SIM	0		0,0 a 7,0		Condições inadequadas (I)		
	QUEIMA DE RESÍDUOS	NÃO	5	5	7,1 a 10,0		Condições Adequadas (A)		
		SIM	0						
	OCORRÊNCIA DE MOSCAS E ODORES	NÃO	4						
		SIM	0	0					
PRESENÇA DE AVES E ANIMAIS	NÃO	4							
	SIM	0	0						
RECEBIMENTO DE RESÍDUOS NÃO AUTORIZADOS	NÃO	6							
	SIM	0	0						
SUBTOTAL 2			25	11					

Fonte: Adaptado de CETESB (2021)

Com a avaliação do índice de qualidade de aterros de resíduos, é possível visualizar, por meio do Quadro 6, as pontuações que foram obtidas por cada item avaliado.

Quadro 6 - Resumo da Pontuação do ICQ - VALAS

ITEM	PONTUAÇÃO
ESTRUTURA DE APOIO	0
ASPECTOS OPERACIONAIS	27
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	15
SUBTOTAL 1	42
OUTRAS INFORMAÇÕES	11
SUBTOTAL 2	11
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	10
SUBTOTAL 3	10
TOTAL	63
IQR - VALAS	6,3

Fonte: Autoria própria (2021)

Dessa forma, avaliada a vistoria realizada no aterro sanitário, foi possível demonstrar quantitativamente as atuais condições de qualidade em que o aterro se encontrava. A pontuação obtida pelo aterro sanitário de Goioerê/PR foi de 63 pontos, equivalente a um índice de qualidade do aterro de resíduos de 6,3, que correspondeu a uma

avaliação de condições inadequadas segundo o IQR - VALAS definido pela CETESB.

Para o cálculo do índice de qualidade da coleta domiciliar de Fonseca e Gonzaga (2006), foi obtido o percentual apresentado nos Quadros 7.

Quadro 7 - Índice de Qualidade da Coleta Domiciliar (IQCol)

ÍNDICE DE QUALIDADE DA COLETA DOMICILIAR – IQCol				
MUNICÍPIO: Goioerê				
LOCAL: Secretaria da Agricultura, Meio Ambiente e Recursos Hídricos			DATA: 29/11/2021	
ÍTEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
	PLANEJAMENTO	DETALHADO	8	0
		SUFICIENTE	5	
		INSUFICIENTE	0	
	ABRANGÊNCIA	ALTA (>90%)	10	10
		MÉDIA (75% a 89%)	6	
		BAIXA (<75%)	0	
	REGULARIDADE	ALTA	10	6
		MÉDIA	6	
		BAIXA	0	
	FREQUÊNCIA	ALTA	8	8
		MÉDIA	5	
		BAIXA	0	
ÍTEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
	INSTALAÇÕES E GARAGENS	BOAS	8	5
		REGULARES	5	
		RUINS	0	
	VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS	BONS E ADEQUADOS	8	5
		REGULARES	5	
		RUINS OU INADEQUADOS	0	
	PESSOAL NÚMERO, USO DE EPIs, TREINAMENTO, ETC.	ADEQUADO E SUFICIENTE	8	5
		REGULARES	5	
		INADEQUADO OU INSUFICIENTE	0	
	PROGRAMA DE EDUCAÇÃO	ABRANGENTE	6	4
		RESTRITO	4	
		INEXISTENTE	0	
	ATUAÇÃO DA FISCALIZAÇÃO (QUANTO À INADEQUADA DISPOSIÇÃO DO LIXO)	BOA	6	3
		REGULAR	3	
		INEXISTENTE	0	
	TELEFONE DE ATENDIMENTO E RECLAMAÇÕES (OU OUTRO CANAL DE RELACIONAMENTO)	SIM, ESPECÍFICO	8	8
		INESPECÍFICO ou DA	5	
		CONTRATADA INEXISTENTE	0	
	COLETA SELETIVA	ABRANGENTE	10	10
		RESTRITA	6	
		INEXISTENTE	0	
	ASPECTO GERAL DA LIMPEZA DAS RUAS	BOM	10	10
		RAZOÁVEL	6	
		RUIM	0	
TOTAL			100	74

IQCol = SOMA DOS PONTOS / 10	7,4
-------------------------------------	------------

IQCol	AVALIAÇÃO
0 a 4,9	CONDIÇÕES RUINS
5,0 a 6,9	CONDIÇÕES RAZOÁVEIS
7,0 a 10,0	CONDIÇÕES BOAS

Fonte: Adaptado de Fonseca, Gonzaga (2006).

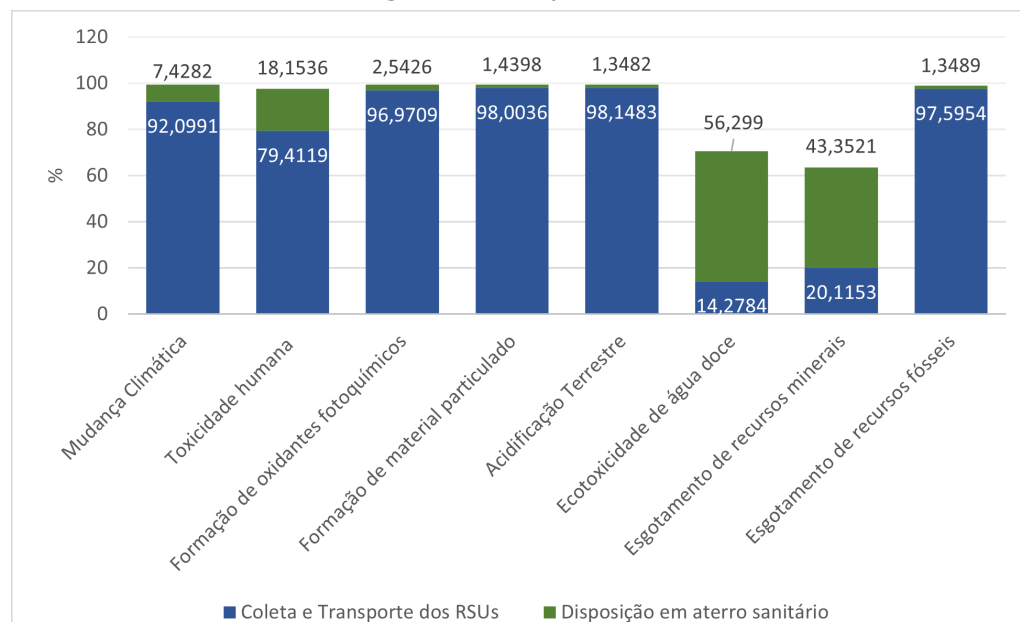
A partir da avaliação do IQCol, o município obteve a pontuação de 74 pontos, correspondente a um índice de 7,4. Desta forma, o índice de coleta domiciliar foi avaliado contendo condições boas de atuação no município.

Para mensurar os impactos ambientais causados pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município, realizou-

se uma Avaliação do Ciclo de Vida estimado do aterro sanitário em valas do Município de Goioerê por meio do software Simapro versão 7.3.3, disponibilizado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, atendendo às normativas ISO 14040 e 14044.

Com isso, identificou-se os impactos ambientais apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Participação das etapas do gerenciamento de resíduos sólidos nas categorias de impacto analisadas



Fonte: Autoria própria (2021)

Na Figura 2, pode ser observado a previsão dos índices de impactos ambientais que as etapas de coleta e transporte dos RSUs e da etapa

de disposição em aterro sanitário estão gerando para o Município de Goioerê/PR. Como pode-se observar, as etapas de coleta e transporte são

as que mais causam danos ao meio ambiente.

O estudo teve por objetivo realizar a avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do Município de Goioerê, por meio da visita às instalações da Prefeitura e da ATA – Ação de Tratamento Ambiental. Esse objetivo foi alcançado com a avaliação dos indicadores de sustentabilidade, ao se avaliar as dimensões políticas, ambientais, econômicas e sociais do sistema. Com os indicadores de qualidade, que avaliou o aterro e a situação da coleta domiciliar do Município de Goioerê. E, por meio da avaliação do ciclo de vida, avaliando o sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nas etapas de coleta e transporte dos resíduos e disposição final no aterro sanitário em valas do município.

Dessa forma, ao analisar de forma conjunta os indicadores de sustentabilidade e de qualidade, pode-se determinar que são eficientes métodos de avaliação. Isso porque determinaram a situação da atual gestão dos RSUs no município como sendo uma gestão de média sustentabilidade. Um dos parâmetros que podemos relacionar com a média sustentabilidade do município é o IQR – VALAS do aterro, que obteve condições inadequadas de operação.

Entretanto, um dado que possui destaque positivo é em relação ao Índice de Qualidade da Coleta Domiciliar (IQCol). Esse indicador avaliou que a coleta dos RSUs de Goioerê opera em boas condições.

Já, com a aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida no SGRSU do Município de Goioerê, determinou-se que o impacto ambiental mais significativa, presente em quase todas as

categorias de impacto, é o da queima dos combustíveis fósseis oriundos dos caminhões coletores. E, em menor proporção, a possível infiltração de lixiviado no solo, no aterro sanitário em valas do município.

Em relação às análises realizadas, propõe-se que o poder público se atente aos itens não conformes encontrados pelos indicadores de sustentabilidade, sendo eles: elaborar um Plano Municipal de Gestão Integrada de RSUs que atenda às exigências da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, realize ações fiscalizatórias para a coleta seletiva de materiais recicláveis e fomite, com apoio financeiro, treinamento e capacitação para que os catadores informais possam se associar a cooperativa do município.

Já, para a melhoria da qualidade do aterro sanitário em valas do município, sugere-se que o poder público invista em melhorias para o aterro como melhorias no isolamento físico e visual, realize também o recobrimento dos RSUs diariamente e não disponha mais resíduos em solo nu, elabore e implante um mecanismo para drenagem das águas pluviais e para drenagem dos gases. Outra proposta, é que o poder público realize um estudo de viabilidade de implantação de um centro de triagem e de compostagem ou de biodigestão anaeróbia.

Em relação aos impactos ambientais encontrados na metodologia da ACV, propõe-se que o poder público otimize as rotas de coleta de resíduos sólidos urbanos, colocando em prática a roteirização elaborada por Rodrigues (2018) para o Município de Goioerê, o que ajudaria a mitigar os impactos ambientais encontrados, além de proporcionar para o município uma

redução no consumo de combustível e, conseqüentemente, uma redução nos gastos financeiros com estes, redução de manutenção com caminhões coletores, redução de estresse da equipe e redução de tempo de trabalho desnecessário na etapa de coleta dos resíduos sólidos urbanos.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

Neste panorama, conclui-se que as metodologias utilizadas pelo trabalho se mostraram bastante satisfatórias e que os objetivos estabelecidos foram atendidos, principalmente, o de fornecer análises para a tomada de decisão do poder público em relação ao SGRSU.

O índice de sustentabilidade apresentou média sustentabilidade, abaixo do índice apresentado no Município de Londrina/PR, apresentado no estudo de Chiavelli (2018). O IQR do Município de Goioerê/PR apresentou condições inadequadas de operação, diferente do índice apresentado no estudo de Chiavelli (2018), que indicou o Município de Londrina como estando em boas condições de operação.

Quanto à ACV, é importante lembrar que boa parte dos dados para a construção do inventário foi extraída da base de dados *Ecoinvent*®, a qual é composta por dados majoritariamente coletados para a realidade europeia. Desta forma, alerta-se que, para resultados mais robustos e conclusivos, faz-se necessário a construção de bancos de dados brasileiros para maior qualidade do ICV.

Como sugestão aos responsáveis pela atual elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada

de Resíduos Sólidos – PMGIRS do Município de Goioerê, propõe-se que o município realize uma destinação final ambientalmente adequada incluindo a reutilização e a reciclagem de resíduos, a logística reversa, a compostagem e o aproveitamento energético, se possível.

Assim, propõe-se que o PMGIRS considere a implantação da coleta de resíduos sólidos urbanos em três frações: orgânicos, rejeitos e recicláveis. Tal ação faria com que fosse destinado ao aterro sanitário apenas os rejeitos, ou seja, os resíduos sólidos que já tiveram esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação. Ficando os resíduos orgânicos (resíduos gerados pela produção e consumo de alimentos, resíduos gerados por animais domésticos e resíduos de jardinagem em pequenos volumes) a cargo de uma Central de Compostagem ou de Biodigestão Anaeróbia e os resíduos recicláveis a cargo da ATA.

Em relação a logística reversa, o município poderia conscientizar as empresas locais sobre os impactos ambientais que os resíduos de seus produtos geram e assim, incentivá-los a receber de volta suas embalagens ou materiais inservíveis. Ainda em relação a logística reversa, sugere-se que pelo município se tratar de um polo agrícola, promova a coleta de embalagens vazias de agrotóxicos de toda região e realize a logística reversa para as empresas responsáveis.

Por fim, sugere-se que o PMGIRS a ser elaborado pelo poder público, considere criar mecanismos para atrair e apoiar investidores do segmento de transformação e de outras empresas de recuperação

de materiais no município, o que inclusive geraria mais vagas de emprego. Assim, as propostas sugeridas neste trabalho, levaria o PMGIRS a atender as premissas do desenvolvimento sustentável, abrangendo as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR ISO 14.040: Gestão Ambiental – Análise do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. *NBR ISO 14.044: Gestão Ambiental – Análise do Ciclo de Vida – Requisitos e diretrizes*. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BIAVA, T. M.; KRAVETZ, M. C. *Composição Física dos Resíduos Sólidos Urbanos Coletados no Programa de Coleta Seletiva do Município de Urussanga – SC*. Cirsures. 2011. Disponível em: http://www.cirsures.sc.gov.br/biblioteca/relatorios/download/pdf4431ca6bb5eb51223c013540e6f/composicao-fisica-dos-residuos-solidos-urbanos-coletados-no-programa-de-coleta-seletiva-no-municipio-de-urussanga-sc_2011-10-04.pdf. Acesso em 14 de nov. de 2021.

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. 1. ed. Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 14 de nov. de 2021.

BRASIL. *Decreto Nº 10.936*, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a PNRS. 1. Ed. Brasília. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-373573578>. Acesso em: 26 de julho de 2022.

CHIAVELLI, H. G. R. *Utilização de indicadores para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na cidade de Londrina-PR*. 2018. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Manual de operação de aterro sanitário em valas*. São Paulo: CETESB, 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2020*. São Paulo: CETESB, 2021.

CURRAN, M. A. Report on Activity of Task Force 1 in the Life Cycle Inventory Programme: Data Registry – Global Life Cycle Inventory Data Resources. *International Journal Life Cycle Assessment*, v. 11, nº 4, p. 284 – 289, 2006.

CHESTER, D. J. *A life cycle analysis of DOD expeditionary waste management practices using SIMAPRO*. 2019. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia Ambiental) – Escola de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão, Instituto de Tecnologia da Força Aérea, Ohio, 2019.

FABRÍCIO, T. N. R.; SILVA, A. C.; NEPOMUCENO, N. A. S. Avaliação do Ciclo de Vida do Gesso utilizando o software SIMAPRO. *Revista Espacios*,

v. 38, n.16, p. 17-27, 2017.

FONSECA, A. M.; GONZAGA, V. C. Metodologia para auditoria de serviços de limpeza urbana, com enfoque nos custos de coleta de resíduos sólidos urbanos. IN: Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas (SINAOP), 11., 2006, Foz do Iguaçu. *Anais eletrônicos...* Foz do Iguaçu: SINAOP, 2006, p. 1 – 20.

PAES, M. X. *Inventário do Ciclo de Vida do Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Piedade/SP e projeções de cenários para avaliação de impactos ambientais*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2013.

PEGORARO, L. A.; UGAYA, C. M. L. *A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no contexto do gerenciamento de resíduos sólidos*. Cenários estratégicos de empreendedorismo. Curitiba, TECPAR, INTEC, 2014.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 3, p. 471-483, 2018.

PUJARA, Y.; PATHAK, P.; SHARMA,

A.; GOVANI, J. Review on Indian Municipal Solid Waste Management practices for reduction of environmental impacts to achieve sustainable development. *Journal of Environmental Management*, n. 248, p. 1-14, 2019.

QUEIROGA, E. C. *Adequabilidade da utilização do índice de condição da gestão de resíduos – ICGR para municípios do estado da Paraíba*. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

SALA, D.; BIEDA, B. *Life Cycle Inventory (LCI) Modeling of municipal solid waste (MSW) Management Systems in Kosodrza, Community of Ostrów, Poland: A case study*. In: *Municipal Solid Waste Management*, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333528856_Life_Cycle_Inventory_LCI_Modeling_of_Municipal_Solid_Waste_MS_W_Management_Systems_in_Kosodrza_Community_of_Ostrow_Poland_A_Case_Study>. Acesso em: 7 ago. 2021.

YAY, A. S. E. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. *Journal of Cleaner Production*, n. 94, p. 284-293, 2015.