

Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TATIANE COELHO BRITO

**CRITÉRIOS DE DECISÃO NA LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES EM
REDES REVERSAS: UMA ANÁLISE VIA TOPSIS**

TATIANE COELHO BRITO

**CRITÉRIOS DE DECISÃO NA LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES EM
REDES REVERSAS: UMA ANÁLISE VIA TOPSIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará como requisito avaliativo parcial para obtenção de grau de Bacharelado em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Pará

Orientador: Prof. Dr. Denilson Ricardo de Lucena Nunes.

Coorientador: Prof. Dr. André Cristiano Silva Melo



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

“Critérios de decisão na localização de instalações em redes reversas: uma análise via TOPSIS”. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pela aluna **Tatiane Coelho Brito**, em 11 de dezembro de 2024, na Universidade do Estado do Pará (UEPA), e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:

Dr. Denilson Ricardo de Lucena Nunes, UEPA
Orientador

Dr. André Cristiano Silva Melo, UEPA
Coorientador

Dr. Vitor William Batista Martins, UEPA
1º Avaliador

Dr. Brenda de Farias Oliveira Cardoso, UEPA
2º Avaliador

Belém/PA, 11 de dezembro de 2024.

Dedico este trabalho a todas as mulheres da ciência que abriram caminhos antes de mim, com coragem e resiliência, e às que virão, trazendo novas descobertas para transformar o mundo. Que nossa presença continue moldando o futuro com inspiração.

AGRADECIMENTOS

Esses 5 anos cursados em Engenharia de Produção apenas foi possível porque tive o apoio e carinho de muitas pessoas que de alguma forma tornaram este caminho mais leve e significativo. Dentre elas, minha avó Dona Joana, minha mãe Rozana, minha irmã Tatiana e meu sobrinho Anthony, vocês são a parte mais importante da minha vida. E o que falar do meu amigo, meu companheiro de vida e meu amor, Bruno, por todas as vezes que me ouviu, cuidou de mim e cuida, obrigada por tanto, todos os dias.

Meus sogros, Maria do Socorro e José Fernando, pelo apoio e acolhimento, eu sei que sempre posso contar com vocês. A minha cunhada Patrícia, quando nas minhas incertezas veio com conselhos que com certeza fizeram diferença para mim, sou muito grata pela tua presença na minha vida, mesmo distante.

As minhas amigas de curso e para a vida Naiane e Vitória, obrigada por terem sido meu colo, dividir alegrias e terem me ensinado tanto, com certeza a amizade de vocês fizeram muita diferença nos dias bons e não tão bons, amo vocês!

Meus professores da Engenharia de Produção pela dedicação e conhecimentos compartilhados, e em especial ao meu professor e orientador Denilson, eu não poderia ter feito melhor escolha, construímos uma relação de confiança mútua e respeito, muito aprendizado e que se tornou uma amizade. Obrigada, professor!

E Deus, por ter colocado cada uma dessas pessoas em meu caminho, eu acredito que essa foi a forma concreta de mostrar que cuidou e sempre irá cuidar de mim.

RESUMO

Este trabalho investiga os critérios decisórios para a localização de instalações em Redes Reversas de Suprimentos (RRS), considerando sua relevância para a sustentabilidade e a eficiência operacional. A escolha inadequada da localização pode trazer impactos negativos em diferentes dimensões, como custos elevados, poluição ambiental e conflitos sociais, reforçando a necessidade de critérios bem definidos. Apesar da literatura sobre localização de instalações ser relativamente vasta, este estudo busca ampliar as discussões destacando os critérios de localização encontrados na literatura, de forma a avaliar sua aplicabilidade e relevância em diferentes tipos de instalações: coleta, transbordo, processamento e disposição final. A pesquisa adota uma abordagem quantitativa baseada no método TOPSIS para analisar critérios como distância limite, custo operacional e capacidade, analisados por especialistas brasileiros e ancorados em características do contexto nacional. Os resultados indicam que critérios como a distância limite são determinantes para minimizar custos e impactos ambientais, enquanto outros, como capacidade, possuem maior relevância em instalações de processamento e disposição final. Além de contribuir para o planejamento estratégico de RRS, os achados oferecem subsídios para políticas públicas e estudos futuros, promovendo um equilíbrio entre sustentabilidade ambiental, eficiência operacional e bem-estar social. O estudo também reforça a aplicabilidade do método multicritério TOPSIS como ferramenta para análise e priorização na tomada de decisões complexas em redes logísticas reversas.

Palavras-chave: Redes Reversas de Suprimentos, Localização de Instalações, Critérios de Decisão, Sustentabilidade, TOPSIS.

ABSTRACT

This study investigates the decision-making criteria for facility location in Reverse Supply Chains (RSC), considering their relevance to sustainability and operational efficiency. Inappropriate location choices can have negative impacts across different dimensions, such as high costs, environmental pollution, and social conflicts, reinforcing the need for well-defined criteria. Although the literature on facility location is relatively extensive, this study seeks to broaden discussions by highlighting the location criteria found in the literature to evaluate their applicability and relevance to different types of facilities: collection, transfer, processing, and final disposal. The research adopts a quantitative approach based on the TOPSIS method to analyze criteria such as distance limits, operational cost, and capacity, assessed by Brazilian experts and anchored in national context characteristics. The results indicate that criteria such as distance limits are key to minimizing costs and environmental impacts, while others, such as capacity, are more relevant to processing and final disposal facilities. In addition to contributing to the strategic planning of RSC, the findings provide support for public policies and future studies, promoting a balance between environmental sustainability, operational efficiency, and social well-being. The study also reinforces the applicability of the multi-criteria TOPSIS method as a tool for analysis and prioritization in complex decision-making within reverse logistics networks.

Keywords: *Reverse Supply Chains, Facility Location, Decision-Making Criteria, Sustainability, TOPSIS.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas do estudo bibliométrico	25
Quadro 1 – Protocolo de pesquisa.....	26
Figura 2 – Etapas de seleção de artigos.....	27
Gráfico 1 – Anos de publicações.....	30
Gráfico 2 – Localização de instalações de RRS abordada por continente.....	31
Gráfico 3 – Localização de instalações de RRS abordada por países.....	31
Quadro 2 – Tipos de instalações.....	32
Quadro 3 - Critérios de definição de localização de instalações da RRS.....	34
Quadro 4 - Critérios de definição de localização, definição e referências utilizados na Survey.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Método TOPSIS.....	28
Tabela 2: Médias das notas para instalação de Coleta.....	38
Tabela 3: Médias das notas para instalação de Transbordo.....	38
Tabela 4: Médias das notas para instalação de Processamento.....	38
Tabela 5: Médias das notas para instalação de Disposição Final.....	39
Tabela 6: Matriz R1 e R2 Normalizadas.....	39
Tabela 7: Matriz R3 e R4 Normalizadas.....	39
Tabela 8: Matriz V1 e V2 Ponderadas.....	40
Tabela 9: Matriz V3 e V4 Ponderadas.....	40
Tabela 10: Solução ideal positiva e negativa de cada tipo de instalação.....	40
Tabela 11: Distâncias da Solução ideal positiva e negativa, coeficiente de C_i^* e Ranking dos Critérios para instalação de coleta.....	41
Tabela 12: Distâncias da Solução ideal positiva e negativa, coeficiente de C_i^* e Ranking dos Critérios para instalação de transbordo.....	41
Tabela 13: Distâncias da Solução ideal positiva e negativa, coeficiente de C_i^* e Ranking dos	

Critérios para instalação de processamento.....42

Tabela 14: Distâncias da Solução ideal positiva e negativa, coeficiente de C_i^* e Ranking dos Critérios para instalação de disposição final.....42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C – Coleta

D – Disposição Final

FLP - *Facility Location Problem*

LR – Logística Reversa

MCLP - *Maximal Covering Location Problems*

OFLP - *Obnoxious Facility Location Problem*

P – Processamento

PLINC - *Problem of Location of Non-Capable Facilities*

PLP - *P-Median Location Problem*

RRS – Redes Reversas de Suprimentos

RS – Resíduos Sólidos

RSL – Revisão Sistemática da Literatura

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

T – Transbordo

TOPSIS - *Technique of Order Preference by Similarity to ideal Solution*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Justificativa	14
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo geral.....	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Metodologia e Estrutura do trabalho	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. Redes Reversas de Suprimentos	17
2.2. Problema de Localização de Instalações / <i>Facility Location Problem</i>	19
2.3. Problema de Localização de Instalações Indesejadas - <i>Obnoxious Facility Location Problem</i> 20	
2.4. Análises Multicritérios.....	22
2.4.1 Método TOPSIS	22
2.4.2 Método AHP.....	23
3. METODOLOGIA.....	24
4. RESULTADOS	29
5. DISCUSSÕES	42
5.1. Instalações de Coleta	43
5.2. Instalações de Transbordo	44
5.3. Instalação de Processamento	46
5.4. Instalação de Disposição Final	48
6. CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARÂMETROS DE DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES EM REDES REVERSAS DE SUPRIMENTOS (RRS).....	55

APÊNDICE B – PLANILHA DE RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO: PARÂMETROS DE DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES EM REDES REVERSAS DE SUPRIMENTOS (RRS)	58
--	-----------

1. INTRODUÇÃO

A quantidade de Resíduos Sólidos (RS) produzidos anualmente é um problema com impactos diretos ao meio ambiente, além de trazer consequências significativas nos âmbitos sociais e econômicos (Franco; Steiner; Assef, 2020). Segundo Hereher, Al-Awadhi e Mansuor (2020), as questões ambientais envolvem emissões de gases poluentes e poluição de mares e rios, e conseqüentemente os impactos sociais relacionados ao efeito nocivo das comunidades conviverem com esses resíduos, e no que condiz os impactos econômicos pode-se citar o desperdício de matéria-prima.

Nesse cenário, Melo *et al.* 2020, destaca sobre como o paradigma do desenvolvimento sustentável, busca caminhos para a mitigação ou eliminação de tais impactos nas atividades humanas. Tal qual, Soliani, Kumschlies e Schalch (2019) ratificam sobre a grande relevância do tema desenvolvimento sustentável, o qual envolve assuntos de aspectos ambientais, sociais e econômicos ao tratar de ações necessárias da forma de utilizar os recursos naturais no presente, a fim de permitir que as gerações futuras possam usufruir desses mesmos recursos.

Nesse sentido, Krug, Guillaume e Battaia (2021) entendem que instalações de Redes Reversas de Suprimentos (RRS) desempenham um papel significativo para promover de maneira eficaz a sustentabilidade, visto que fazem parte desse tipo de instalações pontos de coletas, instalações de reciclagem, transbordo e processamento de resíduos sólidos, ou ainda, conforme Toso e Alem (2014); Melo *et al.* (2022), as RRS tratam de todo tipo de instalações que possibilitam um destino adequado para resíduos sólidos a fim de minimizar seus impactos ambientais, além de viabilizar a recuperação de valor e retornar ao fluxo de consumo.

Nobre *et al.* (2022), destacam sobre o aspecto ambiental a vantagem das instalações de RRS estarem mais próximas dos pontos de geração de resíduos devido a redução das emissões poluentes devido a distâncias mais curtas, isso demonstra a influência da localização nas decisões de planejamento de rotas, e socialmente, facilitaria a alocação de mão de obra de áreas próximas, para mencionar algumas vantagens.

Porém, apesar das vantagens, Chen *et al.* (2021) evidenciam as desvantagens causadas por possíveis transtornos como poluição sonora, do ar, do solo e da água às comunidades adjacentes a uma instalação de RRS. Adeleke e Ali (2021), também consideram que dentre os desafios encontrados na decisão de localizar as instalações de uma RRS, constam aspectos operacionais, econômicos e ambientais, assim como considerações geográficas, como

proximidade a fontes de retorno e pontos de destino final, os quais segundo Nunes *et al.* (2023) interferem no desempenho das RRS.

Diante disso, Adeleke e Olukanni (2022) reforçam sobre as implicações diretas na eficiência operacional e sustentabilidade no que diz respeito a decisão da localização de instalações das RRS e ainda de acordo com Li, Liu e Giordano (2022), dada a complexidade envolvida na escolha da localização de redes reversas, usar como estratégia compreender os critérios decisórios envolvidos nesse processo, possibilita otimizar os resultados desejáveis e alcançar objetivos sustentáveis. Sendo assim, o escopo deste trabalho aborda as seguintes questões de pesquisa: Quais os critérios de decisão para a localização de instalações de RRS? Qual a percepção dos profissionais brasileiros sobre o quão determinante são os critérios de decisão na localização de diferentes tipos de instalações em uma RRS?

1.1. Justificativa

Church e Drezner (2022), especificam que as instalações de Redes Reversas de Suprimentos (RRS) possuem características e finalidades distintas das instalações comuns, como escolas, hospitais e empresas, que por razões logísticas são preferíveis ter sua localização o mais próximo possível das áreas urbanas, no entanto, em tratando-se de definir a localização de uma típica RRS há a necessidade de decisões estratégicas, pois tratar-se de instalações que causam inconvenientes às comunidades próximas, ou seja, as instalações de uma RRS possuem especificidades do tipo *obnoxious facility location problem (OFLP)*.

Thakur (2022), destaca que a necessidade das decisões estratégicas na escolha da localização de RRS, também são importantes devido aos impactos negativos gerados no meio ambiente. No que condiz aos aspectos sociais, para Ratković *et al.* (2022), as instalações RRS influenciam no valor mobiliário das propriedades próximas, causa odores, atrai animais causadores de doenças, por isso a população sente-se exposta a poluição preferindo que essas instalações estejam o mais longe possível de suas residências.

Por outro lado, a localização inadequada de RRS afetam a sua operacionalidade, no como o aumento dos custos de transporte e custos de tratamento, e isso reflete nos custos totais dessas instalações (Nobre *et al.*, 2022; Nunes *et al.*, 2023), e ainda outros fatores precisam ser analisados como a possibilidade de expansão dessas instalações por conta o possível crescimento populacional das cidades (Li; Liu; Giordano, 2022), o devido atendimento a essa

demanda e a distância mínima segura dos centros urbanos e entornos (Franco; Steiner; Assef, 2021).

Li, Liu e Giordano (2022), discutem sobre a escolha de localização de uma RRS, destacando a relevância que os critérios decisórios possuem e pontuando que negligenciá-los poderá acarretar em riscos significativos, como possíveis conflitos com as comunidades ao seu entorno, além do mais, dependendo da especificidade de cada instalação (Coleta, Transbordo, Processamento e Disposição Final) , surge a necessidade de definir critérios decisórios que possam minimizar tais impactos negativos e contribuir de maneira eficaz para a gestão de RRS, assim como atender as necessidades de cada tipo de instalação.

As questões ambientais (Krug; Guillaume; Battaia, 2021), sociais (Wichapa; Khokhajaikiat, 2017) e econômicas (Yadav *et al.*, 2017), influenciam na escolha de parâmetros para localização de uma RRS. Alguns fatores citados na literatura são: a distância mínima entre instalações (Vahdani *et al.*, 2014), custo de transporte (Thakur, 2022), custo de instalação e Políticas Governamentais (Franco; Steiner; Assef, 2021). Assim, percebe-se o *trade-off* que representa os problemas na escolha assertiva da localização de uma instalação de RRS.

Diante da complexidade envolvida na escolha da localização de instalações em RRS, torna-se evidente a necessidade de uma abordagem holística que equilibre os diversos aspectos envolvidos, pois além de considerar os benefícios econômicos e operacionais desse tipo de instalação, deve-se ter em vista a mitigação dos impactos negativos no meio ambiente e na sociedade.

A localização inadequada das instalações pode gerar custos adicionais e conflitos com comunidades locais. Em estudos na Índia, feito por Yadav *et al.* (2018) destacam que falta de planejamento causou aumento de 20% nos custos operacionais devido às longas distâncias de transporte e à resistência da população local à proximidade dos centros de resíduos.

Wichapa e Khokhajaikiat (2018), em pesquisas feitas na Tailândia, mostraram que uma abordagem estratégica para determinar a localização de instalações de RRS, reduziu o custo de transporte em 15%, conseguindo atender melhor as necessidades da população e diminuindo os riscos ambientais.

Segundo Ferri *et al.* (2015), no Brasil o crescimento populacional e falta de medidas estratégicas sobre a gestão de resíduos sólidos, aumentou 2,5% a quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados em um único ano, ao mesmo tempo que 6,4 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas e tiveram destinação inadequada aumentando os transtornos sociais

e ambientais. Esses pontos revelam a importância do planejamento estratégico para localizar as instalações de RRS tanto para minimizar os impactos causados a sociedade e meio ambiente, quanto para reduzir custos relacionados a operação das instalações e alcançar seus objetivos funcionais.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

- Investigar o quão determinantes são os critérios de decisão de localização de instalações em RRS identificados na literatura, para os profissionais especialistas da área, considerando as instalações de coleta, transbordo, processamento e disposição final.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre artigos da literatura internacional que tratam da localização de diferentes instalações de Redes Reversas de Suprimentos.
- Identificar, a partir da RSL, os critérios de decisão para a localização das instalações de RRS (coleta, transbordo, processamento e disposição final).
- Realizar uma Survey com profissionais da área de RRS a respeito da percepção do grau de decisão de cada critério encontrado na literatura, em relação à localização dos diferentes tipos de instalação de um RRS.
- Utilizar o método *TOPSIS* para processar e avaliar os resultados da Survey.

1.3. Metodologia e Estrutura do trabalho

De acordo com Almeida (2014), a classificação de um estudo científico é importante para o entendimento do leitor quanto ao tipo de pesquisa que está sendo realizado, para isso destaca como os principais elementos a serem considerados: natureza, objetivo, abordagem e procedimento metodológico. Dessa maneira, a natureza desta pesquisa classifica-se como aplicada, pois possui como objetivo resolver problemas práticos e específicos relacionados à localização de instalações em RRS, utilizando conhecimento teórico da literatura para aplicação em contextos reais.

No que diz respeito ao objetivo, trata-se de uma pesquisa descritiva, está focada em mapear, descrever e comparar as percepções e opiniões dos profissionais da área sobre os parâmetros de decisão de localização na RRS, conforme identificados na literatura. Em relação a abordagem temos que a pesquisa possui elementos quantitativos, ao buscar avaliar o quão decisivo são os critérios encontrados na literatura para a localização de diferentes tipos de instalações de uma RRS, utilizando o método *TOPSIS*, técnica de análise multicritério e também possui elementos qualitativos, à medida que envolve a coleta de opiniões e percepções dos profissionais da área.

Quanto à metodologia, a pesquisa enquadra-se como bibliográfica, pois envolveu a revisão e análise da literatura existente para identificar os critérios de decisão de localização em RRS e Pesquisa de Levantamento (Survey), devido a coleta de dados por meio de questionários aplicados a profissionais da área de RRS.

Este Trabalho de Pesquisa está estruturado em 6 capítulos, detalhado da seguinte forma: Capítulo 1 contendo o tema e o problema apresentado, objetivo geral e os específicos, a classificação da pesquisa e estrutura do trabalho. Capítulo 2, com a revisão bibliográfica, onde será apresentado a literatura científica a respeito do tema e a definição dos principais conceitos utilizados para esta pesquisa dos quais, tem-se a Redes Reversas de Suprimentos (RRS), *Facility Location Problem (FLP)*, *Obnoxious Facility Location Problem (OFLP)* e método *TOPSIS*.

Capítulo 3, direcionado a Metodologia, contendo as etapas que foram seguidas para a realização da pesquisa, desde a seleção dos artigos baseados na construção do protocolo de pesquisa até a aplicação da Survey. No Capítulo 4, estão os resultados obtidos a partir da análise dos artigos, além dos dados coletados da Survey, e o capítulo 5 contém a discussão dos resultados obtidos separados de acordo com cada tipo de instalação considerada neste estudo. E por fim, o capítulo 6 contendo a conclusão sobre a pesquisa, suas limitações e recomendações futuras sobre a pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Redes Reversas de Suprimentos

Redes Reversas de Suprimentos (RRS), conforme Melo *et al.* (2022), são compostos por uma rede de canais reversos e instalações pelas quais materiais, produtos e informações são direcionados aos locais de utilização (onde os resíduos são gerados) para unidades de disposição

ambientalmente corretas, ou para centros de recuperação de valor e posterior reintegração em diversos pontos da cadeia de suprimentos.

De acordo com Nunes *et al.* (2023), as RRS possibilitam o aprimoramento e a regularização da gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), resultando em uma administração apropriada desses resíduos, e conseqüentemente essas redes têm progredido em suas iniciativas de recuperação de valor de resíduos, expandindo seu escopo para além do simples descarte ambientalmente responsável.

Nesse contexto, a Logística Reversa (LR) possui um papel importante no desempenho das RRS, pois por se tratar de um processo com a capacidade de diminuir a exploração de recursos naturais, estender a vida útil de produtos e materiais, e assim reduzir a quantidade de resíduos nos locais de disposição final (Nunes *et al.*, 2023).

Segundo Krug, Guillaume e Battaia (2021), devido os impactos ambientais causados pela poluição a partir dos RSU, atualmente o incentivo à implementação de RRS apresenta uma tendência, pois além de minimizar a geração de resíduos, promove a economia circular significando a limitação do consumo de recursos naturais e redução do desperdício e no que tange a sustentabilidade, Habbid et al. (2017), apontam que a integração com a RRS permite a eficácia de ações e resultados positivos e significativos nos contextos ambientais, sociais e econômicas a longo prazo.

Instalações que fazem parte de uma RRS de suprimentos podem ser divididas em instalações de coleta, transbordo, processamento e disposição final. Sendo assim, Rossit *et al.* (2019), definem as instalações do tipo coleta como sendo as que estruturam os materiais/resíduos coletados ao armazená-los em um único local, exemplo são os Centros de Consolidação de Materiais Recicláveis.

Quanto às instalações de transbordo ou conhecidas como Estações de Transferência de Resíduos, que segundo Chen *et al.* (2021) as consideram intermediárias entre os geradores de resíduos e as instalações de coleta, ou ainda entre a coleta e as instalações de recuperação de valor ou de disposição final. Nesse sentido, consolidam e armazenam materiais entre vários estágios das RRS, tornando o processo economicamente viável em relação aos volumes transportados.

Tratando-se de instalação de processamento Bucci *et al.* (2014) à determinam como aquela que realiza a recuperação de valor do material ou produto, como reciclagem, remodelagem e/ou remanufatura, podendo ser conhecida como usina de reciclagem.

Sobre instalações de disposição final, Stanojevic *et al.* (2022) explicam que são aquelas que, de posse do rejeito (material que não pode ser recuperado), realizam seu descarte ambientalmente adequado, variando de aterros sanitários a instalações de incineração.

2.2. Problema de Localização de Instalações / *Facility Location Problem*

O Problema de Localização de Instalações, ou como chamado na literatura de *Facility Location Problem (FLP)*, possui grande importância na área da gestão logística, como enfatizam Adeleke e Olukaanni (2020), uma vez que corresponde à escolha estratégica de locais ideais para a implantação ou manutenção de diversas instalações, tornado-se assim um desafio que envolve a seleção criteriosa, a partir de uma variedade de opções disponíveis, com o objetivo de garantir uma relação custo-benefício otimizada.

Conforme, Franco, Steiner e Assef, (2020) o *FLP* faz-se imprescindível na estratégia operacional das organizações públicas e privadas, pois engloba uma série de decisões voltadas para a localização de uma gama de serviços, como hospitais, escolas, armazéns, postos de gasolinas e escritórios governamentais, observando assim que a resolução eficiente dos *FLPs* não apenas impacta a eficácia das operações logísticas, mas também influencia diretamente o padrão de distribuição e suas características, como tempo, custo e eficiência.

Para análise de Problema de Localização de Instalações, existem modelos matemáticos clássicos para sua formulação, duas são destacadas por Pantoja e Oliveira (2015):

O Problema de Localização P-Mediana (*P-Median Location Problem - PLP*), que tem como objetivo determinar a localização de p instalações de modo a minimizar a soma das distâncias ponderadas entre os pontos de demanda e as instalações mais próximas, dessa maneira pretende-se minimizar o custo total de transporte ou o tempo de deslocamento, atendendo a todas as demandas com uma eficiência máxima.

A segunda formulação é o Problema de Localização de Instalações Não-Capacitadas (*Problem of Location of Non-Capable Facilities - PLINC*), este modelo concentra-se em determinar a localização de instalações de forma a minimizar os custos totais, que incluem tanto os custos fixos de abertura das instalações quanto os custos variáveis de transporte entre os pontos de demanda e as instalações. Neste problema, as instalações são consideradas como não tendo restrições de capacidade, ou seja, qualquer instalação pode atender a toda a demanda atribuída a ela sem limitações.

O terceiro modelo, abordado por Sato (2002), conhecido como Problemas de Localização de Máxima Cobertura (*Maximal Covering Location Problems - MCLP*), busca determinar a localização de um conjunto de facilidades de maneira que o maior número possível de demandas ou clientes seja coberto dentro de um determinado raio ou tempo de resposta.

Porém, segundo Oliveira (2020) afirma que mesmo os *MCLP* apresentando uma abordagem eficiente para maximizar a cobertura de demanda, possuem limitações práticas, como a necessidade de um número significativo de recursos para garantir cobertura total. Para superar essas limitações, várias extensões e variações do modelo clássico foram propostas, incluindo modelos dinâmicos de cobertura, modelos de confiabilidade e abordagens probabilísticas que consideram filas e tempos de espera.

2.3. Problema de Localização de Instalações Indesejadas - *Obnoxious Facility Location Problem*

O problema de localização de instalações desagradáveis (ou indesejáveis) do inglês - *Obnoxious Facility Location Problem (OFLP)*, segundo Li, Plaxton e Sinha (2023), pode ser considerado uma variação do problema clássico de localização de instalações, e possui o objetivo de determinar a localização de instalações consideradas indesejáveis com o intuito de minimizar os efeitos negativos que estas apresentam.

Para Kalczynski e Dreznerý (2022), a diferença entre *FLP* e *OFLP* está na intensidade de impactos negativos gerados pelas instalações do tipo desagradáveis, enquanto nos casos envolvendo *FLP* tem-se a priorização das instalações estarem próximas das comunidades como escolas, hospitais, supermercados, prédios governamentais, o *OFLP* se aplica em contextos onde instalações como aterros sanitários, usinas nucleares ou fábricas químicas precisam ser localizadas longe de áreas densamente povoadas, além do mais, Church & Drezner (2022), enfatizam esse tipo de problema como determinante para o planejamento urbano e a gestão ambiental, por considerar fatores sociais, econômicos e ambientais, que impactam o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida das comunidades.

Kalczynski e Dreznerý (2022) ressaltam que as abordagens para resolver o *OFLP* variam desde métodos de programação matemática até heurísticas e meta-heurísticas. Modelos de programação linear e não linear são frequentemente utilizados para formular o problema e encontrar soluções ótimas utilizando solvers, enquanto os modelos multiobjetivo são mais comuns, pois permitem a consideração simultânea de múltiplos critérios de otimização.

Tratando-se dos métodos heurísticos, são conhecidos pela simplicidade e eficiência para encontrar soluções locais ótimas. No entanto, para explorar melhor o espaço de soluções, técnicas como algoritmos genéticos e *simulated annealing* são aplicadas, sendo eficazes em problemas complexos e de grande escala.

Church & Drezner (2022) descrevem alguns métodos e abordagens utilizadas para resolver problemas de localização de instalações cada um com suas particularidades e aplicações específicas:

- Modelos de Maximização da Distância Mínima (Maximin): busca localizar a instalação de modo a maximizar a distância mínima entre a instalação e qualquer ponto sensível, como comunidades residenciais, sendo eficaz para garantir que nenhuma comunidade esteja excessivamente próxima à instalação do tipo *OFLP*.
- Programação de Modelos Multiobjetivo: são usados para equilibrar múltiplos critérios, como custos de transporte e impacto ambiental, além de ser possível propor modelos que minimizem custos de investimento, operação, manutenção, ao mesmo tempo em que considera a oposição da comunidade à instalação.
- Modelos de Dispersão de Instalações: visam maximizar a dispersão das instalações para minimizar seu impacto cumulativo sobre uma área específica. por esse modelo também seria possível maximizar a soma das distâncias entre os pares de instalações, promovendo uma distribuição mais equitativa e menos concentrada das instalações indesejáveis.
- Modelos Planar e de Rede: exploraram a localização de instalações no interior de redes planares, onde o objetivo é maximizar a distância mínima ponderada euclidiana entre a instalação e os nós e arcos da rede. Esses modelos são úteis em contextos onde a topografia e a infraestrutura de transporte desempenham papéis decisivos para as instalações.

Como afirmam Chen et al. (2021), as instalações de RRS enquadram-se na categoria de instalações indesejáveis (*OFLP*), devido ao seu potencial impacto ambiental e social negativo, como mau cheiro, tráfego intenso de caminhões e riscos de contaminação, fazendo com que as comunidades geralmente se oponham à sua proximidade. A localização de tais instalações exige um planejamento estratégico e cuidadoso para minimizar os conflitos sociais e maximizar a eficiência operacional. Por exemplo, a otimização da localização de estações de transferência

de resíduos aborda a necessidade de equilibrar a distância das estações aos assentamentos para reduzir o impacto negativo, ao mesmo tempo em que se minimizam os custos de transporte e construção.

De acordo com Li, Plaxton e Sinha (2023), são necessários o uso de programas que permitam a implementação dos modelos, tais como o *Matlab*, ferramenta amplamente utilizada para resolver problemas de otimização e para realizar simulações complexas, dentre suas funcionalidades está a possibilidade em avaliar diferentes estratégias de localização e a análise do desempenho dos mecanismos propostos. Outro programa é o *GAMS (General Algebraic Modeling System)*, programa de modelagem utilizado resolver problemas de otimização em *OFLP*, ele facilita a formulação de restrições e objetivos de maneira eficiente, destacando-se nos problemas de instalações devido a sua capacidade de envolver múltiplas restrições e variáveis.

2.4. Análises Multicritérios

Os métodos multicritério são ferramentas utilizadas na tomada de decisão em contextos complexos que envolvem múltiplos fatores ou critérios de análise. Eles permitem organizar, avaliar e priorizar alternativas com base em parâmetros definidos, facilitando a escolha mais adequada em problemas de decisão (Moreira *et al.*, 2021) Entre os principais métodos multicritério destacam-se o TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) e o AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Ambos os métodos são amplamente utilizados em diversas áreas, como logística, gestão de projetos e planejamento estratégico, devido à flexibilidade de análise.

2.4.1 Método TOPSIS

O método *TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)* é amplamente reconhecido como uma ferramenta eficaz em processos de tomada de decisão multicritério. Ele identifica a melhor alternativa entre várias opções com base em sua proximidade com a solução ideal.

De acordo com Kengpol, Rontlaong e Tuominen (2013), o princípio fundamental do *TOPSIS* estabelece que a melhor alternativa é aquela que apresenta a menor distância em relação à solução ideal positiva (v_j^+), composta pelos melhores valores de desempenho para cada critério, e a maior distância em relação à solução ideal negativa (v_j^-), que, por sua vez, é

composta pelos piores valores de desempenho de cada critério. Assim, os autores destacam que o método é eficaz, por proporcionar uma avaliação balanceada das alternativas.

A metodologia *TOPSIS* segue uma série de etapas estruturadas para avaliar e classificar alternativas. Como apontam Chowdhary e Shankar (2012), o processo começa com a construção de uma matriz de decisão, que converte diferentes dimensões dos critérios em uma escala comum. Posteriormente, essa matriz é multiplicada pelos pesos atribuídos a cada critério, resultando na matriz de decisão normalizada e a ponderada. A partir dessa matriz, determinam-se as soluções ideais positivas e negativa.

Nobre *et al.* (2022) destacam que o *TOPSIS* possui vários diferenciais, como simplicidade, clareza e facilidade de compreensão e aplicação. Como método flexível, ele pode ser adaptado a diferentes contextos de decisão, desde a seleção de locais para instalações industriais até a avaliação de desempenho de sistemas e a priorização de projetos. Entre seus benefícios, inclui-se a capacidade de incorporar critérios quantitativos e qualitativos, tornando-o uma ferramenta abrangente e versátil.

No entanto, Martins *et al.* (2022) apontam algumas limitações do *TOPSIS*, como a necessidade de normalizar os dados e a dependência da qualidade dos pesos atribuídos aos critérios. A escolha da escala de medição dos critérios pode influenciar significativamente os resultados finais, o que requer cuidado na definição desses parâmetros. Apesar dessas limitações, o método tem ampla aplicação em diferentes áreas. Na logística reversa, por exemplo, ele pode ser utilizado para avaliar e classificar atividades como coleta, reciclagem e disposição final adequada.

2.4.2 Método AHP

O *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970 como uma ferramenta para a tomada de decisões em problemas complexos que envolvem múltiplos critérios. De acordo com, Saaty e Vargas (2012) a estrutura do método visa simplificar problemas decisórios por meio de uma abordagem hierárquica, permitindo o uso de informações qualitativas e quantitativas.

Para Bainha et al. (2015), o *AHP* tem sido amplamente utilizado por sua capacidade de organizar problemas complexos e transformá-los em decisões objetivas e sistemáticas, garantindo confiabilidade no processo. O método funciona a partir de três princípios fundamentais: decomposição, comparação par a par e síntese das prioridades. A primeira etapa

envolve a decomposição do problema em uma estrutura hierárquica, onde o objetivo principal ocupa o topo, seguido pelos critérios e subcritérios, até as alternativas a serem avaliadas. Em seguida, realiza-se a comparação par a par entre os elementos do mesmo nível hierárquico, utilizando a Escala Fundamental de Saaty, que atribui valores de 1 a 9 conforme a importância relativa de um elemento em relação ao outro (Saaty e Vargas, 2012). Esses valores são organizados em matrizes quadradas, nas quais os pesos dos critérios são calculados por meio de vetores de prioridade. Para validar a consistência dos julgamentos, o método calcula o índice de consistência (IC), que deve ser inferior a 0,1, garantindo coerência no processo decisório.

Segundo Bainha et al. (2015), o método tem sido utilizado para solucionar problemas de seleção de fornecedores, alocação de recursos, planejamento estratégico e escolha de alternativas em operações logísticas e industriais. Além disso, o AHP também se mostrou eficiente em inspeções e manutenção, como observado no estudo de Vianna et al. (2019), que utilizaram o método para avaliar a criticidade de válvulas de alívio de pressão, definindo intervalos de inspeção baseados em critérios operacionais.

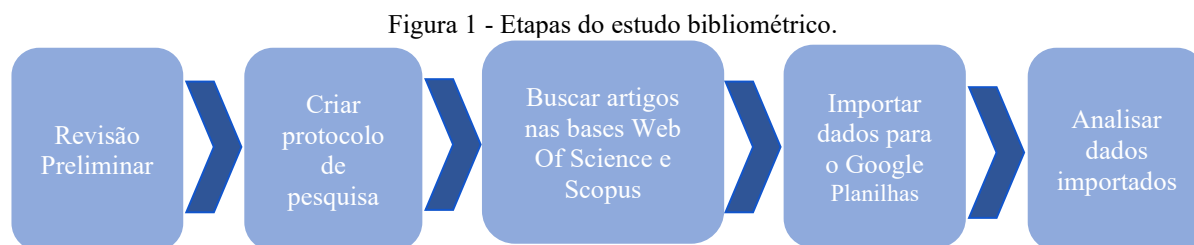
Portanto, o AHP se destaca pela sua flexibilidade e adaptabilidade, sendo aceito tanto no meio acadêmico quanto no setor empresarial. Ele facilita a tomada de decisões ao decompor problemas complexos, ponderar múltiplos critérios e garantir um processo lógico e transparente.

3. METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido a partir de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), elaborada a partir de Tranfield *et al.* (2003) conforme esquema na Figura 1. Inicialmente a partir de uma revisão preliminar sobre o tema de interesse desta pesquisa, com o intuito de identificar as pesquisas que se concentram no tema, bem como os termos de busca a serem utilizados nas bases científicas.

Ainda como resultado da revisão preliminar, decidiu-se quais os critérios de inclusão e exclusão seriam aplicados para seleção dos artigos. Os critérios de inclusão adotados foram tratar da localização de instalações típicas de uma RRS, ou seja, instalações que abrangem atividades de LR, atividades de destinação final, atividades de recuperação de valor, considerando também instalações de transbordo que servem de apoio para as demais citadas (Melo *et. al.*, 2022). Para o propósito deste estudo optou-se por dividir as diferentes instalações

que pertencem a uma RSC em quatro tipos básicos, sendo elas: instalação de coleta, transbordo, processamento e disposição final.



Fonte: A autora (2024)

Essa classificação permite analisar cada caso, buscando identificar possíveis influências no processo de definição da localização proveniente da natureza da mesma. As instalações classificadas como do tipo coleta (Jiang *et al.*, 2019; Rossit *et. al.*, 2019) são aquelas que consolidam os itens coletados, reunindo-os em um local para que estes possam ser armazenados.

Instalações de transbordo tem como objetivo consolidar e armazenar materiais entre vários estágios das RRS com a finalidade de tornar economicamente viável os volumes a serem transportados. Para o tipo transbordo (Bangun *et. al.*, 2022; Chen *et. al.*, 2021) foram consideradas instalações intermediárias entre os geradores de resíduos e a coleta, ou mesmo coleta e instalações de recuperação de valor ou de disposição final.

Instalações de processamento (Bucci *et. al.*, 2014; Achillas *et. al.*, 2010), são aquelas que realizam a recuperação de valor do material ou produto, como reciclagem, remodelagem e/ou remanufatura, dentre outras. Por fim, instalações de disposição final (Stanojevic *et. al.*, 2022; Sánchez-Oro, López-Sánchez, Colmenar, 2020), são aqueles que de posse do rejeito (material que não pode ser recuperado) realizam seu descarte ambientalmente adequado, seus exemplos variam de aterro sanitário a instalações de incineração.

A criação do protocolo de pesquisa deu-se mediante a reunião dos parâmetros de extração dos artigos, juntamente com os critérios de inclusão e exclusão, passando pela definição das bases de pesquisa a consolidação dos termos de busca e suas combinações. No que condiz aos critérios de exclusão foi designado que não seriam considerados artigos que não tratassem de localização de instalações pertencentes a uma RRS.

Os parâmetros de extração contidos no protocolo estão diretamente relacionados com as questões de pesquisa levantadas. Dentre os parâmetros tem-se: autor, título, país, ano, natureza da instalação e objetivo. Para mapear a metodologia utilizada nos artigos foram

extraídos os parâmetros de natureza das instalações e critérios de definição de localização de instalações da RRS. Com isso, formou-se o protocolo que se divide em diferentes dimensões que direcionam os parâmetros que foram extraídos do banco de dados.

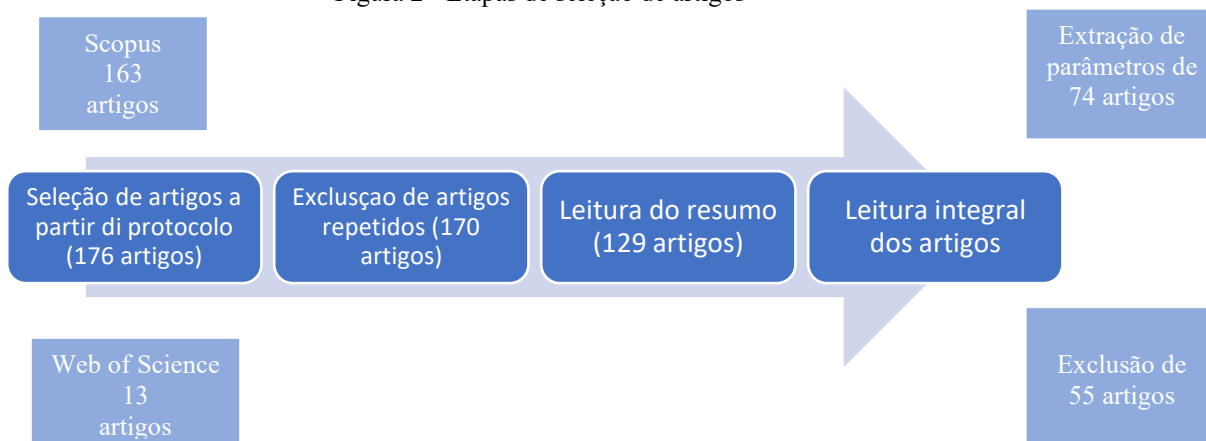
Quadro 1 - Protocolo de pesquisa.

PROTOCOLO DE PESQUISA		
Palavras - Chave	<i>solid waste, waste installation, landfill, wate collection, disposal, waste transfer stations, facilities location, locations factors, Location parameters, obnoxious facilities location problems</i>	
Operador Booleano	<i>OR, AND</i>	
Base de Dados	<i>Web of Science, Scopus</i>	
Critério de Inclusão	Tratar da localização de Instalação de coleta, transbordo, processamento e disposição final de resíduos sólidos	
	Utilizar base de processamento visando a destinação, aterro, recuperação de valor, reciclagem e reparo	
Critério de Exclusão	Não tratar de localização como objetivo do estudo	
Parâmetros	Ano/ País/ Autor/Título/Objeto de estudo/ Objetivo da pesquisa/Tipo de resíduo na instalação	
	Natureza da Instalação	Coleta, transbordo, processamento ou disposição final.
	Critérios de definição da localização	coletar todos os critérios considerados na definição da localização.
Idiomas	Inglês	
Tipos de Documentos	Artigo científico de periódicos	
Anos de Publicação	Sem restrições	

Fonte: A autora (2024)

A fase de busca de artigos nas bases se deu com a aplicação dos termos de busca nas bases foram obtidos 176 artigos, dos quais 13 retornados na *Web of Science* e 163 artigos provenientes da *Scopus*, dentre esses, 6 artigos estavam em duplicata. Essa fase seguiu para a obtenção dos artigos nas bases. Iniciou-se a fase de análise de dados com a leitura de título e *abstract* que foi sucedida pela leitura integral conforme esquema na Figura 2.

Figura 2 - Etapas de seleção de artigos



Fonte: A autora (2024)

Ainda na análise dos dados ocorreu a extração de parâmetros conforme protocolo por meio da leitura integral dos artigos, restando 74 artigos. Para a etapa de análise e resultados, houve análise de conteúdo feita a partir dos dados extraídos dos artigos e organizados na planilha eletrônica *Google Sheets* com gráficos e estatísticas. Essa análise teve como objetivo identificar possíveis relações entre as informações extraídas, além de mostrar como têm sido desenvolvido os estudos sobre instalações de RRS e os critérios de decisão na localização de RRS encontrados na literatura.

A etapa seguinte deste trabalho de pesquisa, deu-se pela elaboração de um questionário (ver Apêndice A) que foi desenvolvido de forma a identificar percepção dos profissionais brasileiros a respeito dos critérios de decisão na localização de diferentes tipos de instalações em uma RRS. Para isso, as perguntas foram estruturadas da seguinte forma: “Em uma escala de 1 a 10, quão determinante é o critério da Distância Limite para a localização de diferentes instalações em uma RRS? Considere que esse critério se refere à distância máxima entre uma instalação de gestão de resíduos (como pontos de coleta, estações de transbordo, locais de processamento ou disposição final) e outros pontos importantes na rede (como geradores de resíduos ou áreas urbanas). O objetivo é otimizar a eficiência do sistema, garantindo acessibilidade aos serviços de gestão de resíduos, ao mesmo tempo que se minimizem os impactos negativos, como poluição, custo de transporte e incômodos para as comunidades locais”.

Considerou-se como escala para as respostas de 1 a 10, com a seguinte interpretação: 1 a 3 pouco decisivo, ou seja, o critério tem baixa importância para a localização das instalações,

para as respostas de 4 a 6 moderadamente decisivo, o critério tem uma importância moderada, mas não é o principal fator. seguindo de 7 a 10 altamente decisivo, sendo o critério é percebido como muito relevante ou indispensável. Foi utilizado ainda o Método *TOPSIS* (Singh *et al.* 2016) para comparar e classificar o quão determinante os critérios são para localizar diferentes tipos de instalações em uma RRS.

A busca e identificação dos profissionais da área de RRS, resíduos sólidos urbanos e Logística Reversa em todo território nacional, deu-se por meio do currículo *lattes*, rede social *ResearchGate* e por uma base de dados de pesquisas anteriores. Por meio de e-mail foram enviados 656 convites. Para envio do questionário, utilizou-se o *Google Forms* gerando o link da pesquisa, onde no total houveram 65 respostas ao questionário, o equivalente a 10% dos profissionais contactados.

A partir dos dados coletados (ver Apêndice B), fez-se a análise das respostas, por meio do método *TOPSIS*, que foi escolhido devido as necessidades do estudo, como os critérios já definidos e que poderiam ser facilmente quantificados, além disso, o método permite cumprir o objetivo de classificar os critérios de forma ágil e prática.

O método foi iniciado com a construção da Matriz de Decisão, com elementos x_{ij} , onde i são os critérios de decisão encontrados na literatura e j foi considerado como os anos de experiência na área, divididos por 1 a 10 anos de experiência, 11 a 20 anos e mais de 20 anos, para a segunda etapa do processo foi realizada a Normalização da Matriz D usando a Equação 1 (Tabela 1), resultando na matriz R. A partir da matriz R, foi realizada a ponderação dos valores, atribuindo-se pesos aos grupos de especialistas de acordo com seu tempo de experiência: de 1 a 10 anos, peso 0,2; entre 11 a 20 anos receberam peso 0,3 e com mais de 20 anos de experiência receberam peso 0,5 baseando-se nos estudos de Tadaiesky *et al.* (2022). Para este cálculo foi utilizada a Equação 2 (Tabela 1) e como resultado, obteve-se a matriz V com valores ponderados.

Tabela 1 - Descrição do método TOPSIS de acordo com as considerações de Singh *et al.* (2016).

Matriz de Decisão	$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$	Matriz Ponderada	$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}$
Equação 1 Coeficientes r_{ij}	$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$	Equação 3 Distância positiva	$S_i^* = \left[\sum_j (v_{ij}^* - v_j^+)^2 \right]^{1/2}$

Matriz Normalizada	$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$	Equação 4 Distância negativa	$S'_i = \left[\sum_j (v'_{ij} - v_j^-)^2 \right]^{1/2}$
Equação 2 Coeficientes v_{ij}	$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$	Equação 5 Indicador C_i^*	$C_i^* = \frac{S'_i}{(S_i^* + S'_i)}$

Fonte: Adaptado de Singh *et al.* (2016)

Da matriz V , determinou-se as soluções ideais positiva e negativa, representando os valores máximo e mínimo da matriz V para cada critério. Logo, calculou-se as distâncias Euclidianas positivas e negativas para cada alternativa, baseando-se nas fórmulas da Equação 3 e Equação 4 (Tabela 1), respectivamente. E finalmente, pode-se calcular o coeficiente C_i^* dado pela Equação 5 (Tabela 1), resultado importante para a geração do ranking dos critérios de decisão analisados.

Após a aplicação do método *TOPSIS*, deu-se a continuidade do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa com a análise e discussões dos resultados obtidos das abordagens qualitativas e quantitativas com o objetivo de detalhar as análises concebidas sobre o tema.

4. RESULTADOS

Na fase de organização dos dados, foi conduzido um levantamento, a partir de artigos científicos selecionados, com o objetivo de analisar as localizações de instalações de resíduos sólidos urbanos em RRS. A seleção dos artigos teve como base a relevância do tema e seguiu critérios definidos previamente, sem restrição de período de publicação, a fim de captar um panorama abrangente da produção científica na área.

Conforme observado na literatura, Krug, Guillaume e Battaia (2021) destacam que a temática dos resíduos vem sendo cada vez mais explorada em pesquisas científicas. Os artigos coletados foram analisados quantitativamente, permitindo identificar tendências e lacunas no campo de estudo. Um aspecto relevante identificado foi o crescimento de publicações relacionadas à localização de instalações em RRS, com uma concentração significativa de artigos publicados entre 2015 e 2022, correspondendo a cerca de 57% do total de publicações analisadas, como mostra o Gráfico 1.

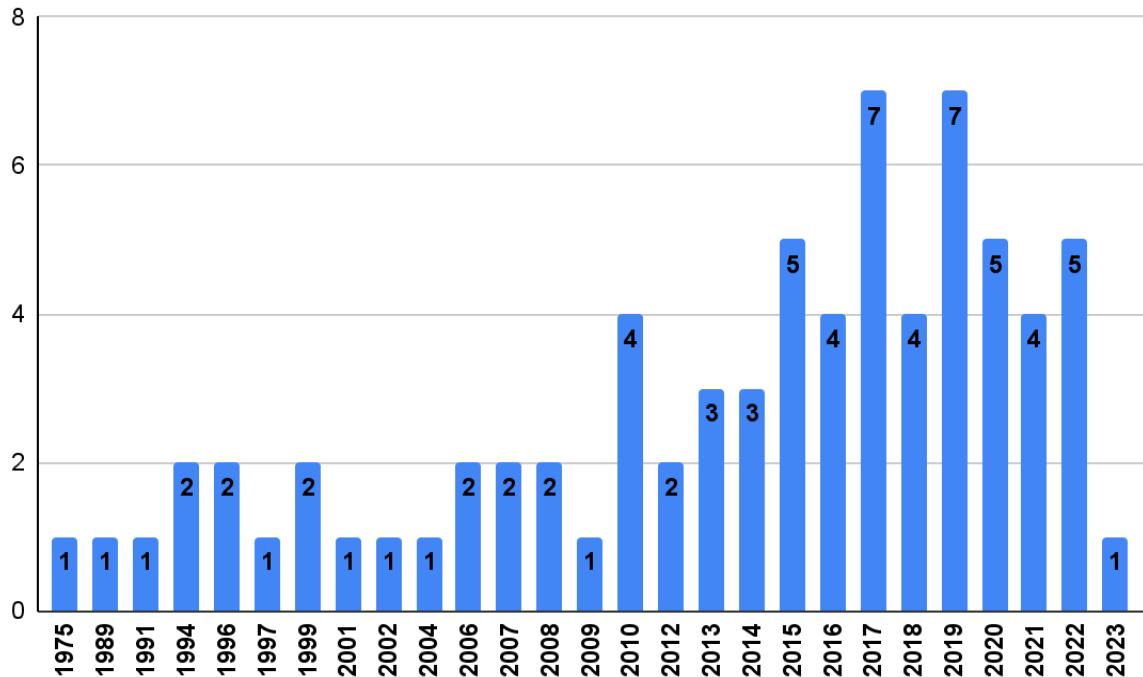


Gráfico 1 - Anos das Publicações.

Fonte: A autora (2024)

Além disso, a análise indicou que, embora o tema seja de alta relevância para a sustentabilidade, o número total de estudos identificados ainda é relativamente pequeno. Este dado reforça a necessidade de ampliar a investigação científica sobre o tema, especialmente diante de sua importância no contexto atual.

A distribuição geográfica das pesquisas está ilustrada no Gráfico 2, evidenciando a distribuição dos estudos sobre localização de instalações de RRS ao redor do mundo, exceto na Antártida, o interesse global pelo tema é um argumento forte para ressaltar sua relevância. Dentre os continentes que mais abordam pesquisas com esse tema estão a Ásia, Europa e América, respectivamente. Os países nestes continentes vêm apresentando cada vez mais interesse na gestão de RS, e em especial na estruturação de RSC. No âmbito dos países, os EUA apresentam 8 estudos, seguido pela Grécia com 7, em terceiro lugar com 6 estudos cada estão Índia, Turquia e Irã, os demais países estão listados no Gráfico 3.

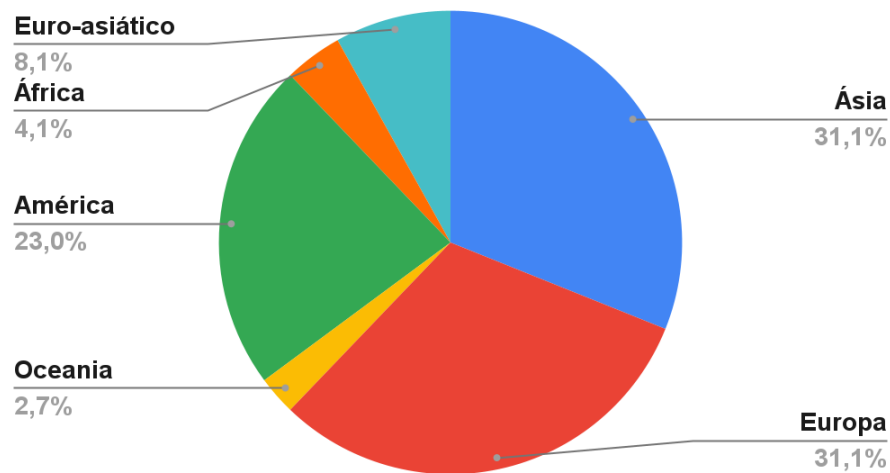


Gráfico 2 - Localização de instalações de RRS abordada por continente
Fonte: a autora (2024).

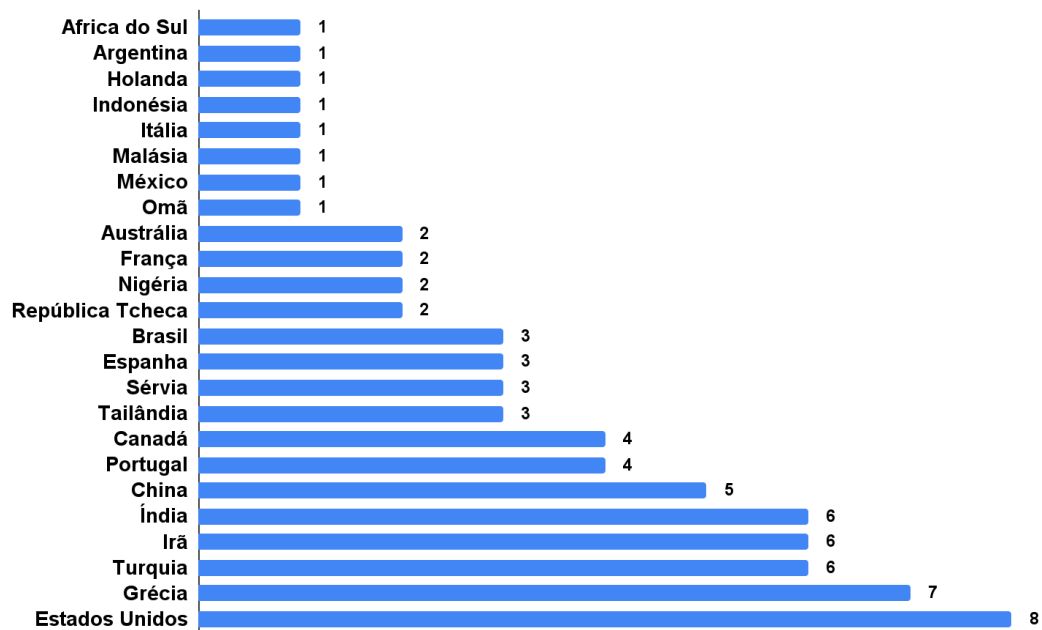


Gráfico 3 - Localização de instalações de RRS abordadas por países.
Fonte: a autora (2024).

No que tange a natureza das instalações abordadas como objeto de pesquisa dos artigos, foram consideradas as instalações de coleta, processamento, transbordo e disposição final, conforme discriminado na seção de metodologia. Observando os artigos analisados notou-se maior interesse nas instalações de Disposição Final como visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Tipos de instalações.

Tipos de instalações abordadas nos artigos	
Coleta	Adeleke O.J., Ali M.M., (2021) ^C , Jiang H. et al. (2019) ^C , Rossit D.G. et al. (2017) ^C , Ghezavati V.R., Beigi M. (2016) ^C , Talaei M. et al. (2016) ^C , Krug Z., Guillaume R., Battaia O. (2021) ^{CP} , Ferri G.L., Chaves G.L.D., Ribeiro G.M., (2015) ^{CT} , Vahdani B. et al. (2014) ^{CPT} , Utku D.H., Erol S., (2020) ^{CPTD} , Zhao J., Keb G.Y. (2019) ^{CPTD} , Nevrlý V. et al. (2019) ^{CPTD} , Erkut E. et al (2008) ^{CPTD} , Mitropoulos P., Giannikos I., Mitropoulos I. (2009) ^{CPTD}
Processamento	Chukwuma E.C.(2019) ^P , Kilic H.S., Cebeci U., Ayhan M.B. (2015) ^P , Bucci M.J. et al. (2014) ^P , Tralhão L., Coutinho-Rodrigues J., Alçada-Almeida L., (2010) ^P , Galan, B. et al. (2013) ^P , Amouzegar M.A., Moshirvaziri K., (1999) ^{PD} , Hrabec, D. et al. (2019) ^{PD} , Asefi H., Lim S., Maghrebi M. (2015) ^{PTD} , Alumur S., Kara B.Y. (2007) ^{PTD} , Krug Z., Guillaume R., Battaia O. (2021) ^{CP} , Vahdani B. et al. (2014) ^{CPT} , Utku D.H., Erol S., (2020) ^{CPTD} , Zhao J., Keb G.Y. (2019) ^{CPTD} , Nevrlý V. et al. (2019) ^{CPTD} , Erkut E. et al (2008) ^{CPTD} , Mitropoulos P., Giannikos I., Mitropoulos I. (2009) ^{CPTD} , Achilles C. et al. (2010) ^P , Mourmouris J.C.,(2006) ^P , Banias G. et al. (2010) ^{PD} , Karagiannidis A. et al (2004) ^{PTD}
Transbordo	Asefi H., Lim S., Maghrebi M. (2015) ^{PTD} , Alumur S., Kara B.Y. (2007) ^{PTD} , Bangun P.B.J. et al. (2022) ^T , Chen Y. et al. (2021) ^T , Lin Z. et al. (2020) ^T , Teran-Somohano A., Smith A.E., (2019) ^T , Rathore P., Sarmah S.P. (2019) ^T , Vu H.L., Ng K.T.W., Bolingbroke D.(2018) ^T , Yadav V., et. al. (2018) ^T , Yadav V. et al. (2017) ^T , Habibi F. et al. (2017) ^T , Toso E.A.V., Alem D. (2014) ^T , Coutinho-Rodrigues J., Tralhão L., Alçada-Almeida L. (2012) ^T , Ratković B. et al. (2023) ^{TD} , Mancini G. et al. (2017) ^{TD} , Hu C., Liu X., Lu J. (2017) ^{TD} , Antunes A.P. (1999) ^{TD} , Ferri G.L., Chaves G.L.D., Ribeiro G.M., (2015) ^{CT} , Vahdani B. et al. (2014) ^{CPT} , Utku D.H., Erol S., (2020) ^{CPTD} , Zhao J., Keb G.Y. (2019) ^{CPTD} , Nevrlý V. et al. (2019) ^{CPTD} , Erkut E. et al (2008) ^{CPTD} , Mitropoulos P., Giannikos I., Mitropoulos I. (2009) ^{CPTD} , Karagiannidis A. et al (2004) ^{PTD} , Yadav V. et. al(2016) ^T
Disposição final	Thakur D.V.(2022) ^D , Li G., Liu J., Giordano A. (2022) ^D , Stanojevic K. et al. (2022) ^D , Franco D.G.D.B., Steiner M.T.A., Assef F.M., (2021) ^D , Hereher M.E., Al-Awadhi T., Mansour S.A. (2020) ^D , Adeleke O.J., Olukanni D.O. (2020) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P. (2018a) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P. (2018b) ^D , Ardjmand E. et al. (2015) ^D , Sonkamble S. et al. (2013) ^D , Aragonés-Beltrán P. et al. (2010) ^D , Chen W.Y., Kao J.J. (2002) ^D , Ribeiro A., Antunes A. (2022) ^D , Bloemhof-Ruwaard J.M., Salomon M., Van Wassenhove L.N. (1996) ^D , Or, I., Akgül M. (1994) ^D , Narayanaswamy R., Kennedy V., (1994) ^D , Haddix G.F. (1975) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P. (2017) ^D , Abedi-Varaki M., Davtalab M. (2016) ^D , Pérez-Salazar M.R. et al. (2015) ^D , Zakaria B., A. et al. (2013) ^D , Khadivi M.R., Fatemi Ghomi S.M.T. (2012) ^D , Hatzichristos T., Giaoutzi M. (2006) ^D , Jenkins-Smith H., Kunreuther H., (2001) ^D , Erkut E., Moran S.R. (1991) ^D , Ye, M.H; Yezer, A.M.J. (1997) ^D , Sánchez-Oro J., López-Sánchez A.D., Colmenar J.M., (2020) ^D , Stefanović N.D., Danilović Hristić N.M., Josimović B.D. (2017) ^D , Tuzkaya G. et al., (2008) ^D , Mutlutürk M., Karagüzel R. (2007) ^D , Ballard K.R., Kuhn R.G.,(1996) ^D , Erkut E., Neuman, S. (1989) ^D , Ratković B. et al. (2023) ^{TD} , Mancini G. et al. (2017) ^{TD} , Hu C., Liu X., Lu J. (2017) ^{TD} , Antunes A.P. (1999) ^{TD} , Mitropoulos P., Giannikos I., Mitropoulos I. (2009) ^{CPTD} , Utku D.H., Erol S., (2020) ^{CPTD} , Zhao J., Keb G.Y. (2019) ^{CPTD} , Nevrlý V. et al. (2019) ^{CPTD} , Erkut E. et al (2008) ^{CPTD} ,

	Amouzegar M.A., Moshirvaziri K., (1999) ^{PD} , Hrabec, D. et al. (2019) ^{PD} , Asefi H., Lim S., Maghrebi M. (2015) ^{PTD} , Alumur S., Kara B.Y. (2007) ^{PTD} , Baniás G. et al. (2010) ^{PD} , Karagiannidis A. et al (2004) ^{PTD}
Coleta ^(C) , Transbordo ^(T) , Processamento ^(P) , Disposição Final ^(D)	

Fonte: A autora (2024)

É importante ressaltar que apesar da classificação de tipos aqui proposta, algumas pesquisas, principalmente com foco na *network design*, podem tratar da localização de mais de um tipo de instalação simultaneamente, nesse caso, pode-se considerar que os critérios de decisão para esses autores são os mesmos e de igual importância para os tipos de instalações abordados em suas pesquisas.

De acordo com as informações do Quadro 2, 13 artigos tratam da instalação de coleta. Destes, há 5 artigos relacionados somente à instalação de coleta, e nestes os critérios de definição em comum são: custo operacional, custo de transporte e demanda. Os outros 10 artigos tratam de coleta, mas abrangendo outros tipos de instalações, dos quais processamento, transbordo e disposição final, onde os critérios de definição analisados que mais influenciam são os citados anteriormente, além de outros critérios relacionados com a capacidade da instalação e com o impacto ambiental gerado em seu entorno.

Considerando a instalação do tipo processamento, há uma quantidade de 20 artigos que tratam dessa natureza, podendo se agregar a outros tipos também, mas são quatro os elementos de localização que mais se repetem, são eles: demanda associada à localização, ou seja, atender a quantidade máxima de pessoas possível associada a determinada localização; critérios ambientais atribuídos à localização, podendo variar entre a emissão de gases no efeito estufa, como também do impacto no solo; a quantidade de resíduo a ser armazenada foram consideradas, e por fim o custo operacional da instalação, conseguindo atrelar restrições de custos fixos e variáveis da mesma.

As instalações de transbordo são abordadas de forma exclusiva em 12 artigos e outros 19 artigos que abordaram sobre essa e outras naturezas de instalação de forma conjunta. Dentre todas as pesquisas que tinham como foco essa natureza de instalação, três elementos se sobressaíram, sendo custo operacional, capacidade e custo com transporte, que podem considerar distância percorrida e capacidade diária de transporte. Vale ressaltar que Yadav *et*

al. (2017), foram os únicos que consideraram a disponibilidade de terra para a implementação da instalação como fator de decisão para instalações de transbordo.

No que diz respeito às instalações de disposição final, foi possível constatar que este foi o tipo de instalação mais explorada pelos pesquisadores, pois a maioria dos estudos sobre localização de instalações está voltado para esta natureza (47 segundo o quadro 2), dos quais 32 artigos são exclusivamente dedicados às instalações de disposição final. No que tange aos critérios de definição de localização de instalações de disposição final, reunidos no Quadro 3, observa-se que os critérios mais citados foram demanda, capacidade, distância limite, custo de instalação e custo de transporte. Esses são elementos considerados importantes na implantação desse tipo de instalação, de acordo com a literatura internacional.

Quadro 3 - Critérios de definição de localização de instalações da RRS.

Critério (total ocorrências) / contagem por tipo de instalação	Referências
Distância limite (16) / 4^C, 3^P, 6^T, 9^D	Adeleke O.J., Ali M.M., (2021) ^C , Rossit D.G. et al. (2017) ^C , Krug Z., Guillaume R., Battaia O.(2021) ^{CP} , Utku D.H., Erol S., (2020) ^{CPTD} , Thakur D.V. (2022) ^D , Franco D.G.D.B., Steiner M.T.A., Assef F.M., (2021) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018a) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P. (2017) ^D , Abedi-Varaki M., Davtalab M.(2016) ^D , Amouzegar M.A., Tralhão L., Coutinho-Rodrigues J., Alçada-Almeida L., (2010) ^P , Moshirvaziri K., (1999) ^{PD} , Bangun P.B.J. et al. (2022) ^T , Chen Y. et al (2021) ^T , Yadav V. et al. (2017) ^T , Ratković B. et al., (2023) ^{TD} , Hu C., Liu X., Lu J.(2017) ^{TD}
Distância (tempo) de transporte entre os locais (1) / 1^D	Stanojevic K. et al. (2022) ^D
Distância de: aldeias, fazendas, florestas, rios, profundidade de áreas de água, ruas principais. (1) / 1^D	Abedi-Varaki M., Davtalab M.(2016) ^D
Distância máxima permitida de locais abertos a serem localizados. (1) / 1^D	Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018a) ^D
Distância máxima permitida de locais abertos a serem localizados. (1) / 1^D	Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018a) ^D
Distância mínima entre instalações. (1) / 1^C, 1^P, 1^T	Vahdani B. et al. (2014) ^{CPT}
Distância entre clientes (instalações existentes) e instalação. (1) / 1^D	Erkut E., Neuman, S.(1989) ^D
Custo de Instalação (14) / 4^C, 4^P, 6^T, 9^D	Rossit D.G. et al. (2017) ^C , Ferri G.L., Chaves G.L.D., Ribeiro G.M., (2015) ^{CT} , Zhao J., Keb G.Y. (2019) ^{CPTD} , Utku D.H., Erol S., (2020) ^{CPTD} , Vahdani B. et al. (2014) ^{CPT} ,

	Franco D.G.D.B., Steiner M.T.A., Assef F.M., (2021) ^D , Pérez-Salazar M.R. et al. (2015) ^D , Zakaria B., A. et al. (2013) ^D , Tralhão L., Coutinho-Rodrigues J., Alçada-Almeida L., (2010) ^P , Achillas C. et al. (2010) ^P , Baniyas G. et al. (2010) ^{PD} , Asefi H., Lim S., Maghrebi M.(2015) ^{PTD} , Coutinho-Rodrigues J., Tralhão L., Alçada-Almeida L., (2012) ^T , Antunes A.P.(1999) ^{TD}
Custo Operacional (29) / 18 ^C , 13 ^P , 21 ^T , 4 ^D	Ghezavati V.R., Beigi M.(2016) ^C , Ferri G.L., Chaves G.L.D., Ribeiro G.M., (2015) ^{CT} , Nevrlý V. et al (2019) ^{CPTD} , Vahdani B. et al. (2014) ^{CPT} , Li G., Liu J., Giordano A. (2022) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018b) ^D , Ardjmand E. et al (2015) ^D , Pérez-Salazar M.R. et al. (2015) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P. (2017) ^D , Ribeiro A., Antunes A. (2022) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018a) ^D , Bloemhof-Ruwaard J.M., Salomon M., Van Wassenhove L.N. (1996) ^D , Narayanaswamy R., Kennedy V., (1994) ^D , Erkut E., Moran S.R.(1991) ^D , Ye, M.H; Yezer, A.M.J.(1997) ^D , Kilic H.S., Cebeci U., Ayhan M.B.(2015) ^P , Bucci M.J. et al. (2014) ^P , Amouzegar M.A., Moshirvaziri K., (1999) ^{PD} , Hrabec, D. et al (2019) ^{PD} , Asefi H., Lim S., Maghrebi M.(2015) ^{PTD} , Alumur S., Kara B.Y.(2007) ^{PTD} , Lin Z. et al (2020) ^T , Teran-Somohano A., Smith A.E., (2019) ^T , Habibi F. et al. (2017) ^T , Yadav V. et. al (2016) ^T , Toso E.A.V., Alem D. (2014) ^T , Coutinho-Rodrigues J., Tralhão L., Alçada-Almeida L., (2012) ^T , Yadav V. et al. (2017) ^T , Hu C., Liu X., Lu J.(2017) ^{TD} , Ratković B. et al., (2023) ^{TD} , Mancini G. et al (2017) ^{TD} , Antunes A.P.(1999) ^{TD}
Custo de Transporte (31) / 19 ^C , 8 ^P , 16 ^T , 5 ^D	Ghezavati V.R., Beigi M.(2016) ^C , Jiang H. et al. (2019) ^C , Ferri G.L., Chaves G.L.D., Ribeiro G.M., (2015) ^{CT} , Nevrlý V. et al (2019) ^{CPTD} , Zhao J., Keb G.Y. (2019) ^{CPTD} , Adeleke O.J., Olukanni D.O.(2020) ^D , Li G., Liu J., Giordano A. (2022) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018b) ^D , Ardjmand E. et al (2015) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P. (2017) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018a) ^D , Thakur D.V. (2022) ^D , Ye, M.H; Yezer, A.M.J.(1997) ^D , Haddix G.F.(1975) ^D , Bucci M.J. et al. (2014) ^P , Galan, B. et al. (2013) ^P , Amouzegar M.A., Moshirvaziri K., (1999) ^{PD} , Hrabec, D. et al (2019) ^{PD} , Asefi H., Lim S., Maghrebi M.(2015) ^{PTD} , Alumur S., Kara B.Y.(2007) ^{PTD} , Rathore P., Sarmah S.P. (2019) ^T , Vu H.L., Ng K.T.W., Bolingbroke D. (2018) ^T , Yadav V., et. al. (2018) ^T , Habibi F. et al. (2017) ^T , Yadav V. et. al (2016) ^T , Yadav V. et al. (2017) ^T , Hu C., Liu X., Lu J.(2017) ^{TD} , Ratković B. et al., (2023) ^{TD} , Mancini G. et al (2017) ^{TD}
Capacidade (25) / 5 ^C , 6 ^P , 11 ^T , 12 ^D	Adeleke O.J., Ali M.M., (2021) ^C , Jiang H. et al. (2019) ^C , Rossit D.G. et al. (2017) ^C , Krug Z., Guillaume R., Battaia O.(2021) ^{CP} , Ferri G.L., Chaves G.L.D., Ribeiro G.M., (2015) ^{CT} , Li G., Liu J., Giordano A. (2022) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018b) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P. (2017) ^D , Pérez-Salazar M.R. et al. (2015) ^D , Bloemhof-Ruwaard J.M., Salomon M., Van Wassenhove L.N. (1996) ^D , Franco D.G.D.B., Steiner M.T.A., Assef F.M., (2021) ^D , Bucci M.J. et al. (2014) ^P , Kilic H.S., Cebeci U., Ayhan M.B.(2015) ^P , Amouzegar M.A., Moshirvaziri K., (1999) ^{PD} , Hrabec, D. et al (2019) ^{PD} , Asefi H., Lim S., Maghrebi M.(2015) ^{PTD} , Lin Z. et al (2020) ^T , Vu H.L., Ng K.T.W., Bolingbroke D. (2018) ^T , Yadav V., et. al. (2018) ^T , Toso E.A.V., Alem D. (2014) ^T , Yadav V. et. al (2016) ^T , Yadav V. et al. (2017) ^T , Hu C., Liu X., Lu J.(2017) ^{TD} , Ratković B. et al., (2023) ^{TD} , Antunes A.P.(1999) ^{TD}
Demanda (25) / 6 ^C , 5 ^P , 8 ^T , 12 ^D	Ghezavati V.R., Beigi M.(2016) ^C , Adeleke O.J., Ali M.M., (2021) ^C , Rossit D.G. et al. (2017) ^C , Krug Z., Guillaume R., Battaia O.(2021) ^{CP} , Ferri G.L., Chaves G.L.D., Ribeiro G.M., (2015) ^{CT} , Nevrlý V. et al (2019) ^{CPTD} , Sánchez-Oro J., López-Sánchez A.D., Colmenar J.M., (2020) ^D , Adeleke O.J., Olukanni D.O.(2020) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018b) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P. (2017) ^D , Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018a) ^D , Pérez-Salazar M.R. et al. (2015) ^D , Stanojevic K. et al. (2022) ^D , Bloemhof-Ruwaard J.M., Salomon M., Van Wassenhove L.N. (1996) ^D , Khadivi M.R., Fatemi Ghomi S.M.T. (2012) ^D , Chukwuma E.C.(2019) ^P , Bucci M.J. et al. (2014) ^P , Tralhão L., Coutinho-Rodrigues J., Alçada-Almeida L., (2010) ^P , Amouzegar M.A., Moshirvaziri K., (1999) ^{PD} , Teran-Somohano A., Smith A.E., (2019) ^T , Vu H.L., Ng K.T.W., Bolingbroke D. (2018) ^T , Yadav V., et. al. (2018) ^T , Toso E.A.V., Alem D. (2014) ^T , Yadav V. et al. (2017) ^T , Ratković B. et al., (2023) ^{TD}
Risco percebido (1) / 1 ^D	Ardjmand E. et al (2015) ^D

Tecnologia (2) / 1 ^C , 2 ^P , 2 ^T , 2 ^D	Utku D.H., Erol S., (2020) ^{CPTD} , Asefi H., Lim S., Maghrebi M.(2015) ^{PTD}
Política Governamental (3) / 3 ^D	Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018b) ^D , Franco D.G.D.B., Steiner M.T.A., Assef F.M., (2021) ^D , Zakaria B., A. et al. (2013) ^D
Coleta ^(C) , Transbordo ^(T) , Processamento ^(P) , Disposição Final ^(D)	

Fonte: A autora (2024)

A pesquisa identificou nos 74 artigos selecionados, 14 critérios de decisão de localização para as instalações de coleta, transbordo, processamento e disposição final, como visto ainda no Quadro 3. No entanto, ao buscar as definições desses critérios, foi possível perceber que alguns estavam correlacionados, possuindo uma mesma perspectiva em sua definição, como resultado dessa análise, o questionário (Survey) foi desenvolvido a partir de 9 critérios, destacados no Quadro 4, onde a definição de cada critério baseou-se nas referências bibliográficas citadas nos artigos utilizados neste estudo.

Quadro 4: Critérios de definição de localização, definição e referências utilizados na survey.

Critérios	Definição	Referências
1-Distância Limite	refere-se à distância máxima entre uma instalação de gestão de resíduos (como pontos de coleta, estações de transbordo, locais de processamento ou disposição final) e outros pontos importantes na rede (como geradores de resíduos ou áreas urbanas). O objetivo é otimizar a eficiência do sistema, garantindo acessibilidade aos serviços de gestão de resíduos, ao mesmo tempo que se minimizem os impactos negativos, como poluição, custo de transporte e incômodos para as comunidades locais.	Adeleke O.J., Ali M.M., (2020); Ratković B. et al., (2023); Tralhão L., Coutinho-Rodrigues J., Alçada-Almeida L., (2010); Yadav V. et al. (2017); Rossit D.G. et al. (2017); Utku D.H., Erol S., (2020)
2-Distância	visa reduzir custos operacionais, tempo de transporte e os riscos associados à movimentação de resíduos sólidos. Além disso, a Distância contribui para a segurança pública e ambiental ao manter as instalações afastadas de áreas residenciais e urbanas.	Stanojevic K. et al. (2022); Abedi-Varaki M., Davtalan M.(2016); Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018a); Vahdani B. et al. (2014); Erkut E., Neuman, S.(1989)
3-Custo de Instalação	essencial para a viabilidade financeira de projetos de infraestrutura, pois está diretamente relacionado à aquisição de equipamentos, adaptação de veículos, construção de infraestruturas e instalação de tecnologias específicas.	Utku D.H., Erol S., (2020); Coutinho-Rodrigues J., Tralhão L., Alçada-Almeida L., (2012); Franco D.G.D.B., Steiner M.T.A., Assef F.M., (2021)
4-Custo Operacional	engloba os gastos necessários para manter o funcionamento contínuo de uma operação ou sistema, como mão de obra, maquinário, energia	Nevrlý V. et al (2019); Yadav V. et. al (2016); Wichapa N., Khokhajaikiat

	elétrica, entre outros.	P.(2018b)
5-Custo de Transporte	abrange as despesas associadas à movimentação de resíduos sólidos, como consumo de combustível, manutenção de veículos, medidas de segurança para o transporte de materiais perigosos, distância percorrida e volume transportado.	Adeleke O.J., Olukanni D.O.(2020); Zhao J., Keb G.Y. (2019); Ferri G.L., Chaves G.L.D., Ribeiro G.M., (2015)
6-Demanda	o volume que as instalações devem receber para processar ou transferir, de acordo com sua natureza.	Krug Z., Guillaume R., Battaia O.(2021); Adeleke O.J., Ali M.M., (2021); Wichapa N., Khokhajaikiat P. (2017)
7-Risco Percebido	se refere ao potencial impacto negativo associado à localização e transporte de resíduos sólidos, incluindo riscos de acidentes que possam expor a população a poluentes ou causar danos irreversíveis aos sistemas ecológicos e agrícolas.	Ardjmand E. et al (2015)
8-Tecnologia	relacionado às tecnologias disponíveis para a manutenção e eficiência do sistema, de acordo com o tipo de instalação.	Utku D.H., Erol S., (2020); Asefi H., Lim S., Maghrebi M.(2015)
9-Políticas Governamentais	o conjunto de normas e diretrizes voltadas à proteção ambiental, saúde pública e sustentabilidade no manejo de resíduos. Além de definir regulamentações, as políticas governamentais estabelecem o escopo de proteção ambiental e saúde pública, integrando planejamento urbano e aceitação social nas decisões de manejo de resíduos.	Franco D.G.D.B., Steiner M.T.A., Assef F.M., (2021); Wichapa N., Khokhajaikiat P.(2018b); Zakaria B., A. et al. (2013)

Fonte: A autora (2024)

De posse das respostas coletadas na Survey aplicada aos profissionais da área de RRS, foi realizado o tratamento dos dados, aplicando o método *TOPSIS*, de acordo com as diretrizes apresentadas por Singh et al. (2016). Como primeira etapa do método, dividiu-se os respondentes em 3 grupos considerando seu tempo de experiência na área de RRS, assim sendo: profissionais com 1 a 10 anos de experiência, profissionais entre 11 a 20 anos de experiência e profissionais com mais de 20 anos de experiência.

Desses respondentes, aproximadamente 44,6% afirmaram ter de 1 a 10 anos de experiência na área, enquanto, 24,6% responderam ter entre 11 a 20 anos e 30% dos profissionais com mais de 20 anos de experiência.

Após essa divisão, foi possível organizar a Matriz D com os dados das médias das notas dadas pelos profissionais sobre o quão importante os critérios de decisão com para cada tipo de instalação (coleta, transbordo, processamento e disposição final) mostrados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5.

Tabela 2: Médias das notas para instalação de Coleta.

Cód	Crítérios	G1(1 a 10 anos)	G2 (11 a 20 anos)	G3(Mais de 20 anos)
C01	Distância Limite	8,48	7,88	7,84
C02	Distância	8,48	8,13	8
C03	Custo de Instalação	7,66	8,19	6,74
C04	Custo Operacional	8,24	8,38	7,26
C05	Custo de Transporte	8,45	8,69	8
C06	Demanda	8,38	8,25	7,21
C07	Risco Percebido	7,72	8,25	7,11
C08	Tecnologia	7,38	7,31	6,32
C09	Políticas Governamentais	8,17	8,31	7,74

Fonte: A autora (2024)

Tabela 3: Médias das notas para instalação de Transbordo.

Cód	Crítérios	G1(1 a 10 anos)	G2 (11 a 20 anos)	G3(Mais de 20 anos)
T01	Distância Limite	8,07	8	6,79
T02	Distância	8,07	8,31	6,79
T03	Custo de Instalação	7,83	7,88	6,53
T04	Custo Operacional	8,31	7,81	6,74
T05	Custo de Transporte	8,10	8,63	7,32
T06	Demanda	8	7,94	6,58
T07	Risco Percebido	8,31	8,25	6,26
T08	Tecnologia	7,31	7,25	6,58
T09	Políticas Governamentais	8,10	8,06	7,05

Fonte: A autora (2024)

Tabela 4: Médias das notas para instalação de Processamento.

Cód	Crítérios	G1(1 a 10 anos)	G2 (11 a 20 anos)	G3(Mais de 20 anos)
P01	Distância Limite	8	8,19	7,37
P02	Distância	8,03	8,38	7,58
P03	Custo de Instalação	8,45	8,75	7,21
P04	Custo Operacional	8,93	8,69	7,16
P05	Custo de Transporte	8,10	7,50	6,11
P06	Demanda	8,31	8,44	7,26
P07	Risco Percebido	8,66	8,13	7,42
P08	Tecnologia	8,28	8,19	8,11
P09	Políticas Governamentais	8,41	8,50	8,16

Fonte: A autora (2024)

Tabela 5: Médias das notas para instalação de Disposição Final.

Cód	Critérios	G1(1 a 10 anos)	G2 (11 a 20 anos)	G3(Mais de 20 anos)
D01	Distância Limite	8	8,25	7,58
D02	Distância	8,24	8,25	7,58
D03	Custo de Instalação	8,69	8,50	7,21
D04	Custo Operacional	8,69	8,81	7,16
D05	Custo de Transporte	8,59	8	7,37
D06	Demanda	8,38	8,31	7,26
D07	Risco Percebido	8,93	8,44	8,16
D08	Tecnologia	8,31	8,19	7,11
D09	Políticas Governamentais	8,38	8,63	8,42

Fonte: A autora (2024)

O passo seguinte foi a normalização dessas matrizes utilizando a Equação 1, da tabela 1, isso resultou nas matrizes R1, R2 (Tabela 6) e R2, R4 (Tabela 7), que correspondem respectivamente às instalações de coleta, transbordo, processamento e disposição final.

Tabela 6: Matriz R1 e R2 Normalizadas.

	rij (G1)	rij (G2)	rij (G3)		rij (G1)	rij (G2)	rij (G3)
C01	0,348	0,322	0,354	T01	0,335	0,332	0,336
C02	0,348	0,332	0,361	T02	0,335	0,345	0,336
C03	0,314	0,334	0,304	T03	0,325	0,327	0,323
C04	0,338	0,342	0,328	T04	0,345	0,325	0,333
C05	0,347	0,355	0,361	T05	0,337	0,358	0,362
C06	0,344	0,337	0,326	T06	0,335	0,330	0,325
C07	0,317	0,337	0,321	T07	0,345	0,343	0,310
C08	0,303	0,299	0,285	T08	0,304	0,301	0,325
C09	0,336	0,340	0,350	T09	0,337	0,335	0,349

Fonte: A autora (2024)

Tabela 7: Matriz R3 e R4 Normalizadas.

	rij (G1)	rij (G2)	rij (G3)		rij (G1)	rij (G2)	rij (G3)
C01	0,319	0,328	0,332	T01	0,317	0,328	0,335
C02	0,320	0,336	0,342	T02	0,324	0,328	0,335
C03	0,337	0,351	0,325	T03	0,342	0,338	0,318
C04	0,356	0,348	0,323	T04	0,342	0,351	0,316
C05	0,323	0,301	0,275	T05	0,338	0,318	0,325
C06	0,331	0,338	0,327	T06	0,329	0,331	0,321
C07	0,345	0,326	0,334	T07	0,351	0,336	0,360
C08	0,330	0,328	0,365	T08	0,327	0,326	0,314
C09	0,336	0,341	0,368	T09	0,329	0,343	0,372

Fonte: A autora (2024)

Após a normalização das matrizes R, determinou-se pesos para os grupos de respondentes, conforme Tadaiesky *et al.* (2022), ficando assim: profissionais com 1 a 10 anos de experiência peso 0.2; entre 11 e 20 anos de experiência 0.3 e peso 0.5 para os profissionais com mais de 20 anos de experiência. Com esses pesos, obteve-se as Matrizes V1, V2 (Tabela 8) e V3, V4 (Tabela 9) ponderadas, seguindo a ordem das instalações: coleta, transbordo, processamento e disposição final, como apresentado a seguir:

Tabela 8: Matriz V1 e V2 Ponderadas.

Cód	vij (G1*0.2)	vij (G2*0.3)	vij (G3*0.5)	Cód	vij (G1*0.2)	vij (G2*0.3)	vij (G3*0.5)
C01	0,070	0,096	0,177	T01	0,067	0,100	0,168
C02	0,070	0,100	0,181	T02	0,067	0,104	0,168
C03	0,063	0,100	0,152	T03	0,065	0,098	0,161
C04	0,068	0,103	0,164	T04	0,069	0,097	0,167
C05	0,069	0,106	0,181	T05	0,067	0,108	0,181
C06	0,069	0,101	0,163	T06	0,067	0,099	0,163
C07	0,063	0,101	0,161	T07	0,069	0,103	0,155
C08	0,061	0,090	0,143	T08	0,061	0,090	0,163
C09	0,067	0,102	0,175	T09	0,067	0,101	0,174

Fonte: A autora (2024)

Tabela 9: Matriz V3 e V4 Ponderadas.

Cód	vij (G1*0.2)	vij (G2*0.3)	vij (G3*0.5)	Cód	vij (G1*0.2)	vij (G2*0.3)	vij (G3*0.5)
C01	0,064	0,098	0,166	T01	0,063	0,098	0,167
C02	0,064	0,101	0,171	T02	0,065	0,098	0,167
C03	0,067	0,105	0,162	T03	0,068	0,101	0,159
C04	0,071	0,105	0,161	T04	0,068	0,105	0,158
C05	0,065	0,090	0,138	T05	0,068	0,095	0,163
C06	0,066	0,101	0,164	T06	0,066	0,099	0,160
C07	0,069	0,098	0,167	T07	0,070	0,101	0,180
C08	0,066	0,098	0,183	T08	0,065	0,098	0,157
C09	0,067	0,102	0,184	T09	0,066	0,103	0,186

Fonte: A autora (2024)

Adiante, tem-se a apresentação das soluções ideais positivas e negativas no contexto de cada tipo de instalação, esses resultados foram encontrados a partir das distâncias euclidianas (Equações 3 e 4 da Tabela 1).

Tabela 10: Solução ideal positiva e negativa de cada tipo de instalação.

Tipo de Instalação	Solução	G1(1 a 10 anos)	G2 (11 a 20 anos)	G3(Mais de 20 anos)
Coleta	Ideal Positiva (vi+)	0,0697	0,1065	0,1807
	Ideal Negativa (vi-)	0,0606	0,0896	0,1427
Transbordo	Ideal Positiva (vi+)	0,0690	0,1075	0,1808
	Ideal Negativa (vi-)	0,0607	0,0904	0,1548
Processamento	Ideal Positiva (vi+)	0,0697	0,1065	0,1807
	Ideal Negativa (vi-)	0,0606	0,0896	0,1427
Disposição Final	Ideal Positiva (vi+)	0,0712	0,1053	0,1838
	Ideal Negativa (vi-)	0,0638	0,0902	0,1376

Fonte: A autora (2024)

Então, com o resultado da solução ideal positiva e solução ideal negativa, pode-se usar a Equação 5 da Tabela 1 e determinar o coeficiente C_i^* , sendo este coeficiente utilizado para ordenar os critérios de decisão usados neste estudo, como mostrado nas Tabelas 11, 12, 13 e 14 a seguir:

Tabela 11: Distâncias da Solução ideal positiva e negativa, coeficiente de C_i^* e Ranking dos Critérios para instalação de Coleta.

Cálculo do Si+	Cálculo do Si-	C_i^*	Posição	Cód	Critérios
0,0106	0,0363	0,99	1º	C05	Custo de Transporte
0,0069	0,0404	0,85	2º	C02	Distância
0,0300	0,0145	0,81	3º	C09	Políticas Governamentais
0,0172	0,0260	0,77	4º	C01	Distância Limite
0,0003	0,0425	0,60	5º	C04	Custo Operacional
0,0186	0,0247	0,57	6º	C06	Demanda
0,0218	0,0214	0,50	7º	C07	Risco Percebido
0,0426	0,0000	0,33	8º	C03	Custo de Instalação
0,0079	0,0350	0,00	9º	C08	Tecnologia

Fonte: A autora (2024)

Tabela 12: Distâncias da Solução ideal positiva e negativa, coeficiente de C_i^* e Ranking dos Critérios para instalação de transbordo.

Cálculo do Si+	Cálculo do Si-	C_i^*	Posição	Cód	Critérios
0,0153	0,0172	0,95	1º	T05	Custo de Transporte
0,0137	0,0196	0,70	2º	T09	Políticas Governamentais
0,0220	0,0110	0,59	3º	T02	Distância
0,0175	0,0160	0,53	4º	T01	Distância Limite
0,0017	0,0318	0,48	5º	T04	Custo Operacional
0,0202	0,0132	0,39	6º	T06	Demanda
0,0264	0,0150	0,36	7º	T07	Risco Percebido
0,0264	0,0078	0,33	8º	T03	Custo de Instalação
0,0097	0,0230	0,23	9º	T08	Tecnologia

Fonte: A autora (2024)

Tabela 13: Distâncias da Solução ideal positiva e negativa, coeficiente de C_i^* e Ranking dos Critérios para instalação de processamento.

Cálculo do Si+	Cálculo do Si-	C_i^*	Posição	Cód	Critérios
0,0204	0,0296	0,90	1°	P09	Políticas Governamentais
0,0155	0,0348	0,84	2°	P08	Tecnologia
0,0217	0,0293	0,69	3°	P02	Distância
0,0225	0,0287	0,63	4°	P07	Risco Percebido
0,0491	0,0008	0,59	5°	P01	Distância Limite
0,0211	0,0285	0,57	6°	P06	Demanda
0,0184	0,0310	0,57	7°	P03	Custo de Instalação
0,0086	0,0459	0,56	8°	P04	Custo Operacional
0,0051	0,0479	0,01	9°	P05	Custo de Transporte

Fonte: A autora (2024)

Tabela 14: Distâncias da Solução ideal positiva e negativa, coeficiente de C_i^* e Ranking dos Critérios para instalação de disposição final.

Cálculo do Si+	Cálculo do Si-	C_i^*	Posição	Cód	Critérios
0,0209	0,0109	0,86	1°	D09	Políticas Governamentais
0,0205	0,0110	0,77	2°	D07	Risco Percebido
0,0270	0,0081	0,34	3°	D02	Distância
0,0279	0,0109	0,34	4°	D01	Distância Limite
0,0253	0,0071	0,28	5°	D04	Custo Operacional
0,0266	0,0057	0,23	6°	D03	Custo de Instalação
0,0073	0,0248	0,22	7°	D05	Custo de Transporte
0,0304	0,0029	0,17	8°	D06	Demanda
0,0049	0,0301	0,08	9°	D08	Tecnologia

Fonte: A autora (2024)

Os resultados das tabelas acima mostram, respectivamente, o ranking do quão decisivos são os critérios de localização de instalações de coleta, transbordo, processamento e disposição final, de acordo com a opinião dos profissionais da área de RRS.

5. DISCUSSÕES

Sobre os critérios de definição da localização de instalações de RRS, pode-se perceber nos resultados encontrados as necessidades específicas de cada tipo de instalação direcionada às suas funções dentro da rede reversa. Nesta pesquisa, com o uso do método multicritério *TOPSIS* foi possível classificar os critérios decisórios na localização de diferentes tipos de instalações: coleta, transbordo, processamento e disposição final, de acordo com as percepções

dos profissionais da área, além disso, levou-se em consideração impactos causados pelas instalações de RRS nos âmbitos ambientais, sociais e econômicos.

Dos critérios encontrados na literatura internacional, foram destacados nove: distância limite, distância, custo de instalação, custo operacional, custo de transporte, demanda, risco percebido, tecnologia e políticas governamentais. As discussões sobre os resultados seguem da seguinte maneira:

5.1. Instalações de Coleta

As instalações de coleta trata-se do ponto inicial da RRS, é nesta etapa que se consolida os resíduos para posterior transporte. Na análise dos resultados, entre os critérios mais decisivos para esta instalação estão: custo de transporte, distância, políticas governamentais e distância limite. Com Ci^* 0,99 e 0,85, respectivamente, os critérios custo de transporte e a distância, tem relação direta com a logística das operações das instalações de coletas, a necessidade de minimizar a distância dos pontos gerados de resíduos com essas instalações, ajuda a reduzir as distâncias percorridas e conseqüentemente reduz o custo de combustível e manutenção dos veículos. No caso, a distância influencia o custo de transporte no sentido de reduzir os custos operacionais, e isso faz com que esses critérios necessitam ser analisados de maneira estratégica na escolha da localização, a fim de torná-la mais eficiente e reduzir seus custos operacionais.

Em relação às políticas governamentais, seu resultado classificatório de Ci^* 0,81 pode estar relacionado à crescente discussão sobre a importância de regulamentações e incentivos fiscais para a implementação de instalações de RRS, sua relevância no que diz respeito ao licenciamento ambiental e o cumprimento de normas e leis voltadas à gestão de resíduos sólidos. A posição da distância limite com resultado de 0,77 na classificação, mostra as preocupações pertinentes às comunidades próximas, assim como, as conseqüências ambientais trazidas pela localização dessas instalações. O custo operacional possui o menor Ci^* em comparação aos critérios logísticos, 0,66 uma explicação para isso, seria porque os custos operacionais de mão de obra e energia, por exemplo, são mais impactados pela dimensão das instalações de coleta do que pela sua localização. A posição no ranking do critério demanda, Ci^* igual a 0,57, seria um indicativo de que o volume de resíduos para coleta possui menor influência na localização.

Dentre os outros critérios, têm-se o risco percebido com Ci^* de 0,50, este resultado pode estar relacionado aos menores impactos negativos das instalações de coleta nas comunidades e

nas regiões ao redor. E sobre o custo de instalação com resultado de 0,33, percebe-se a menor importância dada a este critério em comparação aos custos de transporte e operacional, por terem maiores implicações na viabilidade logística e econômica. Quanto ao resultado do critério tecnologia C_i^* igual a 0 (zero), percebe-se que este, de acordo com a avaliação dos profissionais, possui mínimo impacto considerado a localização de instalações de coleta, pois as operações dessas instalações dependem mais de ferramentas logísticas, sem necessariamente depender de tecnologia de ponta.

Como observado no quadro 3, os autores Vahdani *et al.* (2014) destacam o custo de transporte como critério mais relevante para a localização de instalações de coleta, afirmando que este critério representa 70% a 80% dos custos operacionais totais do sistema logística dessa instalações, além disso, para Jiang *et al.* (2019) a eficiência nesse critério afeta diretamente o critério distância, pois o aumento da distância entre os centros de coleta e os geradores de resíduos contribui para elevar os custos logísticos.

Sobre o critério políticas governamentais não foram encontrados autores que tratem especificamente no contexto das instalações de coleta (ver quadro 3). Para o critério tecnologia o estudo de Utku e Erol (2020), enfatizam que as instalações de resíduos devem estar equipadas com tecnologias capazes de minimizar os custos e riscos associados ao transporte e processamento desses materiais, mas que as instalações de coleta ainda possuem pouca ou quase nenhum desenvolvimento a nível tecnológico. O comparativo entre os resultados obtidos neste estudo, por meio da percepção dos especialistas e da aplicação do método TOPSIS, em relação à classificação dos critérios, demonstra uma convergência significativa com os achados presentes na literatura, evidenciando a coerência das análises realizadas.

5.2. Instalações de Transbordo

Como resultado deste estudo a ordem de classificação dos critérios decisivos para localização da instalação de transbordo foi: custo de transporte, políticas governamentais e distância, seguindo pelos moderadamente decisivos distâncias limite, custo operacional e demanda, por conseguinte, os critérios menos decisivos: riscos percebidos, custo de instalação e tecnologia. O custo de transporte em primeiro lugar na classificação com C_i^* de 0,95, demonstra o quanto este critério é relevante como estratégia na decisão para a localização das instalações de transbordo, isso pode estar relacionado ao fato de, a distância entre os pontos de coleta e as instalações de processamento e disposição final deve ser mínima, ou pelo menos

equilibrada, com o objetivo de reduzir custos, principalmente de transporte e operacional, além disso, esse critério minimiza possíveis impactos ambientais.

Como segundo critério mais decisivo com C_i^* igual a 0,70, tem-se as políticas governamentais, tornando evidente a importância das discussões sobre regulamentações para o licenciamento e conformidades ambientais como estratégicas, refletindo na preocupação em reduzir, ou mesmo evitar os impactos negativos gerados às comunidades e ao meio ambiente. Em relação ao critério de distância, sua classificação com C_i^* 0,59 pode indicar a necessidade de minimizar o tempo de transporte e os riscos associados à movimentação de grandes volumes de resíduos, além disso, este critério influencia os custos de transporte, logística e segurança.

Distância limite, custo operacional e demanda, com C_i^* 0,53; 0,48 e 0,39; respectivamente. Com este resultado pode-se analisar que, a distância limite reforça a necessidade de uma localização equilibrada entre eficiência logística e aceitação das comunidades. Enquanto, custo operacional, pode ser um indicativo sobre sua menor criticidade em comparação com os critérios mais determinantes, como custo de transporte e distância. O resultado da classificação do critério de demanda sugere que as instalações de transbordo atendem demandas preexistentes e não dependem de variações significativas de volume, ou seja, possuem capacidade projetada para atender as demandas necessárias, não impactando diretamente na escolha da localização das instalações de transbordo.

Os critérios risco percebido, custo de instalação e tecnologia, com C_i^* 0,36; 0,33; 0,23; nessa ordem, estão entre os critérios de menor relevância na decisão de localização de instalações de transbordo. A classificação desses critérios, como do risco percebido, sugere que a preocupação com os impactos ambientais e sociais são menores no que diz respeito às instalações de transbordo. No que tange o custo de instalação, mostra uma sua pouca relevância com estratégia na localização das instalações de transbordo. Por fim, tecnologia como último critério, pode referir-se ao funcionamento das operações realizadas nessas instalações, que dependem de ferramentas básicas para triagem e movimentação, exigindo menos tecnologia em relação a outras instalações da RRS.

Sob análise dos critérios conforme a literatura, temos o custo de transporte amplamente reconhecido como um dos principais critérios para a localização de instalações, como pode ser visto no quadro 3, e em relação a instalação de transbordo, o estudo de Vahdani *et al.* (2014) reforça que uma localização eficiente das estações de transbordo pode minimizar os custos por unidade de peso e distância, aumentando a eficiência logística e reduzindo as emissões de

poluentes. A distância entre os locais de geração, as instalações de transbordo e os centros de tratamento é amplamente discutida como um fator crítico. Coutinho-Rodrigues *et al.* (2012) destacam que a proximidade das instalações com as áreas urbanas deve equilibrar a distância entre instalações de transbordo e áreas residenciais deve ser maximizada para mitigar o desconforto da população, ao mesmo tempo em que é preciso minimizar o percurso para transporte eficiente.

No que diz respeito a tecnologia, os autores Wichapa e Khokhajaikiat (2017), afirma que as operações de transbordo exigem tecnologia básica para triagem e movimentação dos resíduos, não demandando grandes investimentos em equipamentos avançados, como ocorre em instalações de tratamento ou disposição final. Em tratando-se do critério custo de instalação, Coutinho-Rodrigues, Tralhão, Alçada-Almeida (2012), fazem uma análise onde destacam esse critério como determinante para a localização de instalações de transbordo, pois envolve muitos investimentos e por isso afeta tanto a viabilidade econômica do projeto, quanto a eficiência operacional.

Dessa maneira, é possível constatar, a partir de um comparativo entre os resultados da Survey e a literatura que existe coerência entre prática e teoria, uma vez que na classificação é reforçada a importância estratégica necessária dos principais critérios e reforça o que a literatura vem abordando quando se trata da localização das instalações de transbordo.

5.3. Instalação de Processamento

As instalações de processamento são responsáveis pela recuperação de valor dos resíduos, sendo destaque na sustentabilidade e economia circular. Isso torna-se evidente no resultado da classificação dos critérios de localização considerados neste estudo, onde tem-se: política governamental e tecnologia como altamente decisivos, distância, risco percebido, distância limite, custo de instalação, demanda e custo operacional, critérios intermediários e custo de transporte como menos decisivo dentre os critérios.

As políticas governamentais como critério de maior C_i^* na localização de instalações de processamento 0,90; pode ser um indicativo do papel significativo que o governo tem sobre os canais reversos, principalmente no que se refere ao funcionamento eficiente das suas operações que necessitam de altos investimentos, principalmente em tecnologia com C_i^* de 0,84, segundo critério na classificação, dessa forma, tornar a instalação de processamento viável economicamente depende necessariamente de subsídios e incentivos governamentais. A

distância de C_i^* 0,69, evidencia a relevância deste critério na localização de instalações de processamento, pois ao usá-la de forma estratégica, vê-se a possível redução no custo de transporte e a otimização necessária da integração com outros tipos de instalações da cadeia reversa, permitindo equilíbrio de custos, acessibilidade e sua viabilidade econômica.

Com o risco percebido mais uma vez em destaque na classificação com C_i^* 0,63, nota-se a percepção das comunidades locais sobre os impactos gerados pelas instalações da RRS, como a exposição a poluentes, influenciando sua aceitação, tornando este critério potencialmente estratégico. Em seguida, tem-se distância limite, seu peso na classificação de 0,59; também se mostra determinante sobre o mínimo impacto que a localização das instalações da rede reversa precisa ter sobre as áreas urbanas e ambientais, a fim de cumprirem seu papel na sustentabilidade.

A demanda com C_i^* 0,57; sugere que este critério influencia na localização ao determinar a quantidade necessária de instalações para a garantia da eficiência operacional para atender aos volumes de resíduos. O critério custo de instalação, também com C_i^* 0,57; demonstra o quão decisivo é buscar o equilíbrio sobre os investimentos ao construir infraestruturas e manter a viabilidade econômica e operacional ao determinar a localização das instalações de processamento. A posição do custo operacional com 0,56; aparece com menor impacto sobre a escolha de localização em relação aos fatores estruturais, mas não o torna irrelevante, considerando que este critério torna possível o funcionamento adequado da instalação. O custo de transporte com menor C_i^* dentre os critérios, 0,01; reflete que este critério para as instalações de processamento é uma consequência da localização e não decisivo.

No quadro 3, pode-se observar que não já estudos direcionados critério política governamental em relação a instalações de transbordo, isso porque os estudos, priorizaram critérios operacionais, econômicos, como custo de transporte, distância e custo de instalação, que possuem métricas mais objetivas e quantitativas, visto que, as abordagens usadas pelos autores estavam voltadas a modelos matemáticos multiobjetivos. Porém, foi possível constatar neste estudo o quanto as políticas governamentais tem peso, sem o critério mais determinante para a localização da instalação de processamento.

Nos estudos de Franco, Steiner e Assef (2021), embora o critério tecnologia não seja o principal critério determinante na localização de instalações de processamento, mostra-se amplamente reconhecido como um elemento complementar e estratégico, contribuindo para ser aplicada em conjunto com critérios como custos de transporte e distância, fortalece a eficácia

das instalações de processamento, especialmente em contextos urbanos e regiões de alta densidade populacional.

Os estudos de Hrabec *et al.* (2019) e Zhao e Keb (2019) colocam o custo de transporte como determinante na localização de instalações de processamento, enquanto no resultado deste estudo ele possui classificação mínima, sugerindo que ele não tem caráter decisivo. Essa diferença pode ser explicada pelo foco dos modelos adotados. Nos estudos citados, a otimização é holística, considerando transporte como variável estratégica, no entanto neste estudo os profissionais podem ter considerado o transporte como critério secundário em um contexto onde outros critérios, como demanda ou custo de instalação possuem maior peso.

5.4. Instalação de Disposição Final

Como último elo da rede reversa, as instalações de disposição final são destinadas a receber os resíduos sem possibilidade de reaproveitamento, são os aterros sanitários e sistemas de incineração. A classificação dada para os critérios de decisão de localização dessas instalações foi a seguinte: como mais decisivos, políticas governamentais com $Ci^* 0,86$, sendo o destaque, permite perceber a importância da intervenção do governo para viabilizar economicamente esse tipo de instalação, pois os custos aqui aumentam consideravelmente, além disso, as políticas governamentais são responsáveis por garantir que essas instalações se localizem em áreas que minimizem os riscos sociais e ambientais. Com $Ci^* 0,77$, tem-se o critério risco percebido, sua posição na classificação para localização da instalação de disposição final, reforça a responsabilidade e preocupação devidas ao governo ao buscar políticas públicas estratégicas para possibilitar segurança ambiental e social, evitando potenciais acidentes ou danos ambientais, tornando importante escolher locais que reduzem esses riscos.

Com mesmo Ci^* na classificação, 0,34, a distância e distância limite evidenciam a mesma importância de ambos os critérios, que de certa forma, estão relacionados a estratégia necessária para equilibrar a localização e funcionamento dessas instalações com as áreas mais sensíveis, que são as urbanas e de proteção ambiental.

O custo operacional com $Ci^* 0,28$; custo de instalação classificado com 0,23 e custo de transporte com 0,22, quase em um mesmo grau de decisão, permite analisar que embora relevantes não possuem papel decisivo para escolha da localização de instalações de disposição

final, mas vale ressaltar que, caso não seja escolhido o local de forma estratégica esses critérios podem impactar negativamente os custos da operação.

A demanda com C_i^* 0,17, uma diferença notória de peso com os dois primeiros critérios, sugere que determinar a localização para esse tipo de instalação da rede reversa não depende diretamente da quantidade de resíduos, mas da necessidade de atender critérios regulatórios e sociais. Em última análise, tecnologia com C_i^* 0,08, reflete sobre as limitações tecnológicas específicas para esta instalação. Atualmente, apenas dois métodos usados para disposição final de resíduos, a incineração e os aterros sanitários, relativamente eficazes e com grandes desafios na gestão de resíduos.

Os artigos encontrados na literatura que abordam as políticas governamentais como critério na localização de instalações de RRS, estão todos voltados para a instalação de disposição final (ver quadro 3). Wichapa e Khokhajaikiat (2018) ressaltam que políticas governamentais são determinantes na localização de instalações de disposição final de resíduos infecciosos, uma vez que as regulamentações são o ponto de partida para definir áreas elegíveis. E para Zakaria et al. (2013), fazem um análise da seleção de locais para instalações integradas de resíduos perigosos, afirmando que políticas governamentais fornecem a base legal para identificar áreas seguras e compatíveis.

Os resultados da literatura e deste estudo destacam que as políticas públicas são determinantes para escolha de instalações de disposição final, porém como discussão do resultados deste estudo, enfatizou-se o fator econômico e a necessidade da presença do estado para viabilidade das instalações, para autores mencionados, o foco ambiental e social justificam porque as políticas governamentais são determinantes, pois garantem a localização em áreas que minimizem os impactos ambientais e sociais, além de viabilizar a operação conforme as regulamentações.

No estudo apresentado por Ardjmand et al. (2015), o critério risco percebido tem grande destaque sendo considerado um critério indispensável a ser considerado na localização de instalações de disposição final, devido suas consequências diretas a segurança pública e a aceitação social da infraestrutura. Tais argumentos estão alinhados com os resultados e discussões determinados neste estudo, onde ambos reconhecem o risco percebido como altamente determinante na localização de instalações de disposição final.

Nos estudos de Asefi, Lim e Maghrebi (2015), assim como no resultado e discussões feitas nesta pesquisa, são mencionadas que as limitações tecnológicas e capacidades mínimas

das instalações de disposição final, influenciam sobre a decisão de sua localização, destacando que as tecnologias disponíveis exigem altos investimentos e têm eficiência variável dependendo do tipo de resíduo processado. E embora métodos como incineração e aterros sanitários sejam amplamente utilizados, sua aplicação é limitada por desafios como custos elevados. Assim, a tecnologia é vista como uma consequência operacional da escolha da localização, e não um fator decisivo na tomada de decisão para sua localização.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho abordou 9 critérios de localização de instalações em Redes Reversas de Suprimentos (RRS) encontrados na literatura, que foram utilizados como base para verificar o quão determinante esses critérios são para a localização dos diferentes tipos de instalações: coleta, transbordo, processamento e disposição final, além de aplicar do método multicritério TOPSIS para classificar destacando sua importância para a eficiência operacional e a sustentabilidade. Dos critérios considerados nesta pesquisa os mais determinantes para a localização são a distância limite, o custo operacional e a demanda das instalações, sendo estes, importantes para otimizar recursos e reduzir impactos ambientais e sociais. Além disso, com resultados encontrados, pode-se observar que a análise por tipo de instalação (coleta, transbordo, processamento e disposição final) mostrou as diferenças na relevância dos critérios em cada contexto.

De maneira prática, a pesquisa contribui com os tomadores de decisão e gestores de RRS, ao propor uma metodologia que facilita a priorização de critérios por meio do TOPSIS. A possibilidade de adaptar os pesos dos critérios para diferentes realidades operacionais torna a proposta uma ferramenta útil para a gestão de instalações em diversos setores. No âmbito teórico, o trabalho contribui para a literatura acadêmica ao ampliar a compreensão sobre as interações entre os critérios decisórios e suas implicações para a gestão de redes logísticas reversas.

A análise com especialistas brasileiros traz uma perspectiva regional que contribui para a adaptação de modelos globais ao contexto local. Além disso, o uso do TOPSIS como metodologia se mostrou adequado, sugerindo sua aplicabilidade em futuras investigações sobre redes reversas e problemas de localização. Essa abordagem reforça a necessidade de integrar análises multicritério ao estudo de redes logísticas sustentáveis.

Entretanto, é importante reconhecer as limitações desta pesquisa, das quais tem-se o tamanho da amostra utilizada na Survey, composta por 65 especialistas, o que pode ter limitado a generalização dos resultados. Para contornar essa limitação, foram adotadas estratégias de diversificação dos respondentes, considerando profissionais de diferentes níveis de experiência (de 1 a mais de 20 anos) e de diferentes setores, de forma a garantir uma perspectiva mais abrangente. Outra limitação está relacionada à dependência de percepções subjetivas dos participantes, mitigada por meio da utilização de uma escala padronizada de 1 a 10 para a avaliação dos critérios e a separação dos participantes em grupos de experiência, reduzindo a influência de vieses individuais.

Diante disso, o trabalho se destacou buscar identificar os critérios mais relevantes para a localização de instalações em Redes Reversas de Suprimentos de diferentes naturezas, levando em consideração a metodologia com uso do TOPSIS e a relevância prática com a aplicação da Survey. Ao apresentar contribuições práticas, teóricas e políticas, espera-se que o estudo sirva de base para tomadores de decisão em empresas e órgãos reguladores. Como propostas para pesquisas futuras, sugere-se a ampliação da análise para outras regiões e setores, utilização de técnicas de validação cruzada e comparação de métodos, como o uso do AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para aumentar a confiabilidade dos resultados. Desse modo, o presente estudo não apenas reforça a importância da gestão eficiente de RRS, mas também contribui para uma logística reversa mais eficiente, sustentável e responsável.

REFERÊNCIAS

- ADELEKE, Olawale J.; ALI, Montaz. M. **An efficient model for locating solid waste collection sites in urban residential areas.** International Journal of Production Research, v. 59, n. 3, p. 798-812, 2021.
- ADELEKE, Olawale; OLUKANNI, David. **Facility location problems: models, techniques, and applications in waste management.** Recycling, v. 5, n. 2, p. 10, 2020.
- ALMEIDA, Mário. **ELABORAÇÃO DE PROJETO, TCC, DISSERTAÇÃO E TESE: Uma Abordagem Simples, Prática e Objetiva.** [S.l.]: Grupo GEN, 2014. E-book. ISBN 9788597025927. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597025927/>. Acesso em: 07 jun. 2024.
- BAINHA, Fernanda.; VIANNA, Dalessandro.; MEZA, Edwin. **Aplicação do Método AHP à Tomada de Decisão Gerencial: um estudo de caso em serviço de hotelaria offshore.** Revista Marketing e Turismo, XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015.
- BUCCI, Michael et al. **Incorporating economies of scale into facility location problems in carpet recycling.** Journal of the Textile Institute, v. 105, n. 12, p. 1300-1311, 2014.
- CHEN, Wei-Yea et al. **Optimizing locations of waste transfer stations in rural areas.** PloS One, v. 16, n. 5, p. e0250962, 2021.
- CHOWDHARY, Devendra; SHANKAR, Ravi. **A framework for the selection of location for thermal power plants using AHP-TOPSIS STEEP-fuzzy methodology.** Energy, v. 42, p. 510-521, 2012. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/energy>. Acesso em: 3 jun. 2024.
- CHURCH, Richard L.; DREZNER, Zvi. **Review of obnoxious facilities location problems.** Computers & Operations Research, [S.l.], v. 138, p. 105468, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2021.105468>.
- FRANCO, David.; STEINER, Maria.; ASSEF, Fernanda. **Optimization in waste landfilling partitioning in Paraná State, Brazil.** Journal of Cleaner Production, v. 283, p. 125353, 2021.
- HABIBI, Farhad et al. **A multi-objective robust optimization model for site-selection and capacity allocation of municipal solid waste facilities: A case study in Tehran.** Journal of Cleaner Production, v. 166, p. 816-834, 2017.
- HEREHER, Mohamed.; AL-AWADHI, Talal.; MANSOUR, Shawky. **Assessment of the optimized sanitary landfill sites in Muscat, Oman.** The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, v. 23, n. 3, p. 355-362, 2020.
- KALCZYNSKI, Pawel; DREZNER, Zvi. **The Obnoxious Facilities Planar: math xmlns.** Omega, [S.l.], v. 111, p. 102639, set. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2022.102639>.
- KENGPOL, Athakorn; RONTLAONG, Piya; TUOMINEN, Markku. **A Decision Support System for Selection of Solar Power Plant Locations by Applying Fuzzy AHP and TOPSIS: an empirical study.** Journal of Software Engineering and Applications, [S.l.], v. 06, n. 09, p. 470-481, 2013. Scientific Research Publishing, Inc.. <http://dx.doi.org/10.4236/jsea.2013.69057>.
- KRUG, Zoé; GUILLAUME, Romain.; BATAÏA, Olga. **Design of reverse supply chains under uncertainty: the lexicographic R* criterion for exploring opportunities.** International Journal of Production Research, v. 59, n. 11, p. 3221-3236, 2021.
- LI, Guokai; LIU, Jingkuang; GIORDANO, Andrea. **Robust optimization of construction waste disposal facility location considering uncertain factors.** Journal of Cleaner Production, v. 353, p. 131455, 2022.

LI, Fu; PLAXTON, Gregory; SINHA, Vaibhav. **The obnoxious facility location game with dichotomous preferences**. Theoretical Computer Science, [S.L.], v. 961, p. 113930, jun. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tcs.2023.113930>.

MARTINS, Vitor et al. **Analysis of the Activities That Make Up the Reverse Logistics Processes and Their Importance for the Future of Logistics Networks: An Exploratory Study Using the TOPSIS Technique**. Logistics, v. 6, p. 60, 2022.

MELO, André et al. **Analysis of activities that make up reverse logistics processes: proposition of a conceptual framework**. Brazilian Journal of Operations & Production Management, v. 19, n. 2, 2022.

MELO, André et al. **Frameworks for reverse logistics and sustainable design integration under a sustainability perspective: a systematic literature review**. Research in Engineering Design, v. 32, n. 2, p. 225-243, 2021.

NOBRE, Amanda et al. **Analysis of Decision Parameters for Route Plans and Their Importance for Sustainability: An Exploratory Study Using the TOPSIS Technique**. Logistics, v. 6, p. 32, 2022. <https://doi.org/10.3390/logistics6020032>.

NUNES, Denilson et al. **Approaches to Performance Assessment in Reverse Supply Chains: A Systematic Literature Review**. Logistics, v. 7, n. 3, p. 36, 2023.

OLIVEIRA, Charles. **Modelos de otimização aplicados ao problema de máxima cobertura: estudo de caso do SAMU-BH. 2019**. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

PANTOJA, Charles; OLIVEIRA, Jayane. **Otimização Multiobjetivo de Localização de Instalações: Uma abordagem considerando aspectos estratégicos e operacionais**. 2015. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade do Estado do Pará, Castanhal, 2015.

RAMPASSO, I. S. et al. **Implementing social projects with undergraduate students: an analysis of essential characteristics**. International Journal of Sustainability in Higher Education, v. 22, n. 1, p.198–214, 2021.

RATKOVIĆ, Branislava et al. **Bi-objective approach for designing a regional waste management system: a case study of vojvodina (serbia)**. Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy, [S.l.], v. 41, n. 2, p. 303-311, 7 jul. 2022. SAGE Publications. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1177/0734242x221105446>. Acesso em: 28 mar. 2024.

ROSSIT, Diego et al. **An application of the augmented ϵ -constraint method to design a municipal sorted waste collection system**. Decision Science Letters, v. 6, n. 4, p. 323-336, 2017.

SATO, Fábio. **Problemas e métodos decisórios de localização de empresas**. RAE-eletrônica, São Paulo, v. 1, n. 2, jul./dez. 2002. Disponível em: <http://www.rae.com.br/electronica/index.cfm?FuseAction=Artigo&ID=1462&Secao=EMPRESA%20JR&Volum e=1&Numero=2&Ano=2002>. Acesso em: 1 jun. 2024.

Saaty, T. L.; Vargas, L. G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process**. Boston: Springer, 2012.

SINGH, R.K.; GUPTA, A.; KUMAR, A.; KHAN, T.A.. **Ranking of barriers for effective maintenance by using TOPSIS approach**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 22 No. 1, pp. 18–34, 2016.

SOLIANI, R.; KUMSCHLIES, M.; SCHALCH, V. **The management of solid urban waste as a sustainability strategy**. Revista Espacios, v. 40, n. 3, p. 9, 2019.

STANOJEVIĆ, Kristina et al. **Selection of the optimal medical waste incineration facility location: A challenge of medical waste risk management**. Vojnosanitetski Pregled, v. 79, n. 2, p. 125-132, 2022.

TADAIESKY, Dhiordan et al. **Challenges to Promoting Resilience in Supply Chains Observed during the COVID-19 Pandemic: An Exploratory Study of the Amazon Region Using the TOPSIS Technique.** Logistics, 2022, 6, 78. <https://doi.org/10.3390/logistics6040078>

THAKUR, Vikas. **Locating temporary waste treatment facilities in the cities to handle the explosive growth of HCWs during pandemics: A novel Grey-AHP-OCRA hybrid approach.** Sustainable Cities and Society, v. 82, p. 103907, 2022.

TOSO, Eli; ALEM, Douglas. **Effective location models for sorting recyclables in public management.** European Journal of Operational Research, v. 234, n. 3, p. 839-860, 2014.

TRANFIELD, D. et al. **Towards a methodology for developing evidence-based management knowledge through systematic review.** British Journal of Management, v. 14, n. 3, p. 207-212, 2003.

VAHDANI, Behnam et al. **An artificial intelligence approach for fuzzy possibilistic-stochastic multi-objective logistics network design.** Neural Computing and Applications, v. 25, n. 7-8, p. 1887-1902, 2014.

WEGNER, Roger; BATTISTI, Aline; TONTINI, Julia; MALHEIROS, Michel; ROSSATO, Vanessa. **Aplicação do método analytic hierarchy process (ahp) na priorização das ações de inovações em serviços em um estudo de multicaso.** Navus, Florianópolis, v. 10, p. 01 - 09, 2020.

WICHAPA, Narong; KHOKHAJAIKIAT, Porntep. **Solving multi-objective facility location problem using the fuzzy analytical hierarchy process and goal programming: a case study on infectious waste disposal centers.** Operations Research Perspectives, v. 4, p. 39-48, 2017.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARÂMETROS DE DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES EM REDES REVERSAS DE SUPRIMENTOS (RRS)

Seção 1

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa da Universidade do Estado do Pará (UEPA) sobre os critérios de decisão na localização de instalações em Redes Reversas de Suprimentos (RRS). O tempo estimado de participação é de 10 minutos.

Com a demanda crescente por práticas sustentáveis, a escolha da localização de instalações em RRS é crucial para equilibrar sustentabilidade e eficiência. Diversos estudos na literatura abordam a escolha da localização dessas instalações, considerando diferentes critérios. Assim, esta pesquisa visa entender a importância dos critérios usados na localização de diferentes instalações como coleta, processamento (reciclagem, reparo, etc.), transbordo (instalações intermediárias que consolidam volumes para transferência) e destinação final (aterro sanitário, incineração, etc.), segundo a percepção de profissionais e acadêmicos da área.

Email:

Termo de consentimento para participação na pesquisa

Ao assinar este item, declaro concordância em participar da pesquisa.

Seção 2

Dados Profissionais

1. Qual sua formação?
2. Qual sua função?
3. Qual seu tempo de experiência na área (anos)?

Seção 3

Parâmetros

1. Em uma escala de 1 a 10, quão decisivo é o critério da **Distância Limite** para a localização de diferentes instalações em uma RRS? Considere que esse critério se refere à distância máxima entre uma instalação de gestão de resíduos (como pontos de coleta, estações de transbordo, locais de processamento ou disposição final) e outros pontos importantes na rede (como geradores de resíduos ou áreas urbanas). O objetivo é otimizar a eficiência do sistema,

3. Processamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Disposição Final	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Em uma escala de 1 a 10, quão decisivo é o critério do **Custo de Transporte** para a localização de diferentes instalações em uma RRS? Considere que esse critério abrange as despesas associadas à movimentação de resíduos sólidos, como consumo de combustível, manutenção de veículos, medidas de segurança para o transporte de materiais perigosos, distância percorrida e volume transportado.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Coleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Transbordo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Processamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Disposição Final	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Em uma escala de 1 a 10, quão decisivo é o critério de **Demanda** para a localização de diferentes instalações em uma RRS? Considere a Demanda como o volume que as instalações devem receber para processar ou transferir, de acordo com sua natureza.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Coleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Transbordo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Processamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Disposição Final	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Em uma escala de 1 a 10, quão decisivo é o critério de **Risco Percebido** para a localização de diferentes instalações em uma RRS? Considere que esse critério se refere ao potencial impacto negativo associado à localização e transporte de resíduos sólidos, incluindo riscos de acidentes que possam expor a população a poluentes ou causar danos irreversíveis aos sistemas ecológicos e agrícolas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Coleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Transbordo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Processamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Disposição Final	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Em uma escala de 1 a 10, quão decisivo é o critério de **Tecnologia** para a localização de diferentes instalações em uma RRS? Considere que esse critério está relacionado às tecnologias disponíveis para a manutenção e eficiência do sistema, de acordo com o tipo de instalação.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------

1. Coleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Transbordo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Processamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Disposição Final	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Em uma escala de 1 a 10, quão decisivo é o critério de **Políticas Governamentais** para a localização de diferentes instalações em uma RRS? Considere que esse critério envolve o conjunto de normas e diretrizes voltadas à proteção ambiental, saúde pública e sustentabilidade no manejo de resíduos. Além de definir regulamentações, as políticas governamentais estabelecem o escopo de proteção ambiental e saúde pública, integrando planejamento urbano e aceitação social nas decisões de manejo de resíduos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Coleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Transbordo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Processamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Disposição Final	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**APÊNDICE B – PLANILHA DE RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO:
PARÂMETROS DE DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES EM REDES
REVERSAS DE SUPRIMENTOS (RRS)**

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Be8Ef6d6FtsDFoACHtM8w-Xtr87DBKEHD-JroqoOuEY/edit?usp=sharing>



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia Curso de
Graduação em Engenharia de Produção
Tv. Enéas Pinheiro, nº2626-Marco
CEP: 66095-100 Belém-PA
www.uepa.br