

UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Tanaiane Beatriz Spoti

**PERCEPÇÃO DE GESTORES E USUÁRIOS SOBRE O SISTEMA DE
COLETA MECANIZADA EM TRÊS CIDADES DO SUL DO PAÍS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Profa. Dra. Creusa Sayuri Tahara Amaral
Orientadora

Araraquara, SP – Brasil
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

S749 Spoti, Tanaiane Beatriz
Percepção de gestores e usuários sobre o sistema de coleta mecanizada em três cidades do sul do país/Tanaiane Beatriz Spoti. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2023.
97f.

Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Engenharia de Produção – Universidade de Araraquara - UNIARA

Orientador: Profa. Dra. Creusa Sayuri Tahara Amaral

1. Coleta de resíduos sólidos. 2. Resíduos sólidos urbanos. 3. Coleta automatizada. 4. Gestão de resíduos sólidos urbanos. 5. Coleta de resíduos automatizada. I. Título.

CDU 62-1

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SPOTI, B.S. **Percepção de gestores e usuários sobre o sistema de coleta mecanizada em três cidades do sul do país.** 2023. 97p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade de Araraquara, Araraquara-SP.

ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Tanaiane Beatriz Spoti

TÍTULO DO TRABALHO: Percepção de gestores e usuários sobre o sistema de coleta mecanizada em três cidades do sul do país

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2023

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede a Universidade de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.



Tanaiane Beatriz Spoti

Universidade de Araraquara – UNIARA

Rua Carlos Gomes, 1217, Centro. CEP: 14801–340, Araraquara-SP

Email (do autor): tanaiane.spoti@uniara.edu.br



FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara – UNIARA – para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

NOME DO AUTOR: TANAIA NE BEATRIZ SPOTI

TÍTULO DO TRABALHO:

DISSERTAÇÃO INTITULADA "A PERCEPÇÃO DE GESTORES E USUÁRIOS SOBRE O SISTEMA DE COLETA MECANIZADA EM TRÊS CIDADES DO SUL DO PAÍS"

Assinatura do(a) Examinador(a)

Conceito

Prof(a). Dr(a). Creusa Sayuri T. Amaral (orientador(a))
Universidade de Araraquara - UNIARA

(X)Aprovado () Reprovado

Prof(a). Dr(a). Vera Mariza Henriques de M.
Costa Universidade de Araraquara - UNIARA

(X)Aprovado () Reprovado

Prof(a). Dr(a). Ednilson Viana
Universidade De São Paulo - USP

(X)Aprovado () Reprovado

Versão definitiva revisada pelo(a) orientador(a) em: ___/___/___

Prof(a). Dr(a). Creusa Sayuri T. Amaral(orientador(a))

Dedico este trabalho a minha mãe, minha incentivadora a quem sempre deu total apoio e sempre me incentivou, sempre acreditando em mim e nunca me deixando desistir dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades e por ter me dado força para chegar até aqui pois sem fé não somos nada;

Aos meus pais, por todo apoio;

A minha orientadora, por toda paciência, carinho, atenção e por todos os ensinamentos, pois sem ela eu jamais conseguiria;

Aos colaboradores da empresa de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos que abriu as portas para me ajudar a pesquisa do trabalho;

A todos que diretamente ou indiretamente me apoiou para a elaboração deste trabalho.

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes”.
(Cora Coralina)

RESUMO

A gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) vêm sendo discutida há muito tempo, especialmente o processo de coleta no espaço urbano em função do custo, trajeto, transporte e adesão da população. Para amenizar a problemática dos resíduos sólidos urbanos domésticos é necessário otimizar o uso dos sistemas de coleta e transporte, que possam oferecer vantagens sob o aspecto econômico, social e ambiental. Assim, o objetivo deste trabalho é identificar a percepção de gestores e moradores sobre o sistema de coleta automatizada para os resíduos sólidos domiciliares na cidade de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre. A metodologia elaborada para este fim foi uma pesquisa de campo, que analisou três locais na região sul do Brasil, onde foram implantados um sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizada. A partir de um questionário, utilizado como instrumento de coleta de dados, foram analisadas as opiniões de moradores e gestores sobre os benefícios, vantagens e desvantagem do sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizado. Como resultados verificou-se que o sistema de coleta automatizada é bem aceito pela grande maioria dos moradores das cidades analisadas, sem graves relatos de problemas relacionados com a tecnologia para coleta dos RSU. O principal fator para o funcionamento do sistema é a conscientização da população em relação ao descarte correto dos RSU. Assim, o sistema de coleta dos RSU domésticos automatizado é eficiente, ou seja, representa custos viáveis, com melhora da limpeza das vias urbanas, reduzindo os resíduos que podem poluir o ambiente e proporciona ao funcionário, que opera o caminhão, mais segurança e qualidade no trabalho. Contudo, o apoio e conscientização da população são necessários para diminuir o vandalismo, que depredam os contentores bem como o apoio dos catadores de lixo, que muitas vezes espalham o lixo dos contentores em busca de material para reciclagem. A ação dos governantes em parceria com a população e com empresas pode tornar o processo de coleta de RSU um ciclo virtuoso, em que todos ganham.

Palavras-chave: Coleta de resíduos sólidos urbanos. Resíduos sólidos urbanos domésticos. Coleta Automatizada. Gestão de resíduos sólidos urbanos. Impactos da coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizada.

ABSTRACT

The management of Urban Solid Waste (USW) has been discussed for a long time, especially the collection process in urban space due to cost, route, transport and population adherence. To alleviate the problem of domestic solid urban waste, it is necessary to optimize the use of collection and transport systems, which can offer advantages from an economic, social and environmental point of view. Thus, the objective of this work is to identify the perception of managers and residents about the automated collection system for household solid waste in the city of Bento Goncalves, Caxias do Sul and Porto Alegre. The methodology developed for this purpose was a field survey, which analyzed three locations in Brazil, where was implemented an automated domestic solid waste collection system. Based on a questionnaire used as a data collection instrument, to obtain the opinions of residents and managers on the benefits, advantages and disadvantages of the automated domestic urban solid waste collection system were analyzed. As a result, it was found that the automated collection system is well accepted by the vast majority of residents of the analyzed cities, without serious reports of problems related to the technology for collecting USW. The main factor for the functioning of the system is the awareness of the population regarding the correct disposal of MSW. Thus, the automated domestic MSW collection system is efficient, that is, it represents viable costs, with improved cleaning of urban roads, reducing waste that can pollute the environment and providing the employee, who operates the truck, with more safety and quality at work. However, the support and awareness of the population are necessary to reduce vandalism, which destroys containers, as well as the support of garbage collectors, who often spread the garbage from containers in search of material for recycling. Action by government officials in partnership with the population and companies can turn the MSW collection process into a virtuous cycle, in which everyone wins.

Key-words: *Garbage collection. Urban garbage. Automated collection. Management of urban solid waste. Impacts of automated garbage collection.*

Lista de figuras

Figura 1 - Procedimentos da metodologia.....	37
Figura 2: Mapa de Bento Goncalves – RS	40
Figura 3:Mapa de Caxias do Sul - RS	41
Figura 4: Descrição dos bairros de Caxias do Sul – RS	42
Figura 5:Mapa de Porto Alegre – RS	43
Figura 6: Descrição dos bairros de Porto Alegre – RS.....	44
Figura 7:Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre o sistema de coleta.....	53
Figura 8: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre os horários de coleta.....	53
Figura 9: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a frequência de coleta	54
Figura 10: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a limpeza	54
Figura 11: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre os benefícios.....	55
Figura 12: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a distribuição dos containers	55
Figura 13: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a distância a percorrer até o container	56
Figura 14: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a segurança do container 8	56
Figura 15: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre o manuseio do container	57
Figura 16: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre o sistema de coleta.....	59
Figura 17: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre os horários de coleta.....	59
Figura 18: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a frequência de coleta.....	60
Figura 19: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a limpeza	60

Figura 20: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre os benefícios.....	61
Figura 21: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a distribuição dos containers	61
Figura 22: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a distância a percorrer até o container	62
Figura 23: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a segurança do container	62
Figura 24: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre o manuseio do container	63
Figura 25: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre o sistema de coleta.....	64
Figura 26: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre os horários de coleta.....	65
Figura 27: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a frequência de coleta.....	65
Figura 28: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a limpeza	66
Figura 29: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre os benefícios.....	66
Figura 30: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a distribuição dos containers	67
Figura 31: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a distância a percorrer até o container	67
Figura 32: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a segurança do container	68
Figura 33: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre o manuseio do container	68
Figura 34: Comparação entre a opinião dos moradores	71
Figura 35: Avaliação geral dos moradores	72
Figura 36: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Sistema de coleta	73
Figura 37: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Horários de coleta.....	73

Figura 38: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Frequência de coleta	74
Figura 39: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas - Limpeza	75
Figura 40: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Benefícios	75
Figura 41: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Distribuição dos containers	76
Figura 42: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Distância a percorrer.....	76
Figura 43: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas Segurança do container.....	77
Figura 44: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Manuseio do container.....	77

Lista de Quadros

Quadro 1: Resultado das buscas nas bases de artigos	41
Quadro 2: Resultado das buscas nas bases de artigos de 2012 a 2022	42
Quadro 3: Síntese das respostas dos gestores	47
Quadro 4: Síntese das informações	69

Lista de Tabelas

Tabela 1: Opiniões dos moradores sobre o sistema de coleta automatizada implantado na cidade Bento Gonçalves	47
Tabela 2: Opiniões dos moradores sobre o sistema de coleta automatizada implantado na cidade Caxias do Sul	53
Tabela 3: Opiniões dos moradores sobre o sistema de coleta automatizada implantado na cidade de Porto Alegre -RS	58
Tabela 4 Resultados proporcionais ao total de respondentes das cidades Bento Gonçalves, Caxias do Sul e de Porto Alegre	63
Tabela 5: Resultados proporcionais ao total de respondentes das cidades Bento Gonçalves, Caxias do Sul e de Porto Alegre	63
Tabela 6: Resultados proporcionais ao total de respondentes	64
Tabela 7: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas	65

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANTT – Agencia Nacional de Transportes Terrestres

CONEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SNVS - sistema nacional de vigilância sanitária

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio ambiente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Problemática	17
1.2 Objetivo Geral.....	19
1.2.1 Objetivo Específico	19
1.3 Justificativa	19
1.4 Estrutura do Trabalho	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos	22
2.2 Geração dos Resíduos Sólidos no Brasil	25
2.3 Modelo de limpeza urbana operante no Brasil	27
2.4 COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	28
2.4.1 Transporte	31
2.4.2 Riscos Ocupacionais.....	31
2.5 SISTEMA DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOMÉSTICOS AUTOMATIZADA	33
2.5.1 Um exemplo de sistema coletor.....	33
3 METODOLOGIA	37
3.1 – Pesquisa bibliográfica	38
3.2 – Instrumento de coleta.....	38
3.3 Universo de pesquisa	39
3.3.1 Bento Gonçalves.....	39
3.3.2 Caxias do Sul	40
3.3.3 Porto Alegre.....	42
3.4 Procedimentos.....	44
3.5 Instrumento de coleta de dados.....	46
3.6 Etapas da coleta de dados	47
3.6.1 Entrevistas com gestores.....	48
3.6.2 Entrevistas com a amostra da população	48
3.7 Avaliação do Sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizados	49
4 RESULTADOS	50
4.1 Análise dos dados dos gestores.....	51
4.2 Análise da opinião dos moradores	52
4.2.1 Cidade de Bento Gonçalves	52
4.2.2 Cidade de Caxias do Sul	58
4.2.3 Cidade de Porto Alegre.....	64
4.2.4 Comparação dos resultados das cidades Bento Gonçalves, Caxias do Sul e de Porto Alegre ..	69
5 CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A – PESQUISA QUALITATIVA	88
APÊNDICE B – PESQUISA QUALITATIVA	90
ANEXO A – Respostas dos Gestores referente ao questionário do Apêndice B	91
ANEXO B – Leis relacionadas a coleta de lixo	95

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, industrial e econômico teve como consequência a geração de um grande volume de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU, que necessitam ser adequadamente destinados. Assim, o papel da coleta de RSU também inclui a preocupação com o impacto ambiental dos centros urbanos, sendo uma estratégia para minimizar tais problemas ambientais e as decisões sobre o investimento em novos métodos de coleta desses resíduos, em específico os domésticos. Essas decisões devem ser justificadas e avaliadas em termos de viabilidade ambiental, tecnológica e econômica.

A coleta, triagem, transporte, processamento e reciclagem de RSU realizado de maneira correta pode levar a resultados, que sejam sustentáveis a médio e longo prazo, considerando as necessidades das demandas de desenvolvimento urbano (USÓN et al., 2013). Para o adequado tratamento do alto volume de resíduos é necessário um sistema, que tenha um custo-benefício significativo, o que tem sido um grande problema para os gestores responsáveis pela coleta. Contudo, a gestão dos RSU, desde a sua coleta até o seu descarte não vem recebendo os investimentos que deveriam, pois muitas vezes outros assuntos são tratados como prioridades ambientais e as questões de saneamento básico, como o tratamento dos RSU, que estão diretamente envolvidos com o meio ambiente, não têm evoluído (SOUSA; CAMPOS; OLIVEIRA, 2016).

Assim, uma questão importante sobre os resíduos sólidos domésticos é o seu sistema de coleta, sendo mais conhecido o sistema de coleta convencional, em que as pessoas deixam os seus resíduos fora de suas residências e aguardam o caminhão de coleta passar pela rua e os garis recolhem os sacos com os resíduos. Este procedimento utiliza processos alternativos, como em algumas cidades que possuem o sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizados, em que as pessoas descartam os sacos de resíduos domésticos em contentores localizados próximos a sua residência, para que um caminhão faça a coleta, contando apenas com o motorista, que opera o sistema mecânico para esvaziar o contentor.

Algumas cidades no Brasil contam com sistemas mais modernos de coleta de resíduos sólidos urbanos, podendo se disseminar por todo o país. Por outro lado, isso seria viável? Qual seria a eficiência desse sistema de coleta mais moderno? E como a

população avalia esse sistema? E qual seria a avaliação dos gestores que prestam o serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos?

1.1 Problemática

Dentre as diferentes atividades envolvidas na gestão de resíduos urbanos, a coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos é uma das mais relevantes, tanto pelo custo quanto pelos impactos potenciais sobre a qualidade do ambiente urbano. Em países desenvolvidos como a Europa, por exemplo, a coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos pode representar até 70% de todos os custos da gestão de resíduos em uma municipalidade (MARIA et al., 2016).

As características físicas das cidades em países em desenvolvimento, a sua rápida expansão e a falta de recursos para fornecer uma infraestrutura e serviços urbanos necessários, traduzem-se em uma coleta dos resíduos gerados insuficiente e ineficiente, bem como o seu descarte inadequado nas ruas, terrenos vagos, etc (ANDRIANISA; RANDRIATSIFERANA; RAKOTOARITERA, 2017).

A questão da coleta de resíduos sólidos domésticos (RSD) necessita de uma análise detalhada sobre os fatores de seleção do sistema de equipamentos e como estes influenciam na eficiência da coleta de tais resíduos (FARRÉ et al., 2021). Nota-se a necessidade da gestão do sistema de coleta adequados e, abre-se a oportunidade de implantação de sistemas de coleta mais eficientes, diferentes do convencional.

Percebemos que as empresas voltadas para a área da saúde têm uma grande preocupação com o sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos por conta dos riscos de contaminação por contato. Com isso, torna-se muito pertinente citar que a inovação de produtos que beneficiam o meio ambiente depende também de consumidores dispostos e capazes de adquirir essas inovações, de uma legislação ambientalmente assertiva, incentivos governamentais e campanhas educativas que disseminam a cultura sustentável. Para o processo de coleta de RSD não é diferente, pois para a implantação de um novo sistema de coleta é necessário que se crie uma cultura de conscientização ambiental, fazendo com que os indivíduos mudem os seus hábitos e costumes (CALIARI; RUIZ; VALENTE, 2018).

Corroborando com tal ideia, Viana (2020) descreve o problema da contaminação dos trabalhadores durante a pandemia do coronavírus:

Os resíduos domiciliares, após contato com uma pessoa infectada, podem então carregar esse vírus (caso ele sobreviva) até o trabalhador que atua sobre

a massa de resíduos sem proteção. Além disso, os resíduos domiciliares ainda contêm uma parcela de resíduos de serviço de saúde devido à inexistência de um sistema eficiente de coleta diferenciada para esse resíduo junto à população (VIANA, p., 2020).

Outra questão importante é a financeira, pois a implantação de um novo sistema demanda a gestão de custos, que atenda às necessidades de novos investimentos, a qual deverá ser empreendida, mediante um prévio estudo sobre as dificuldades com as quais poderá se defrontar neste percurso (POMPERMAYER, 1993). Desta forma, a empresa precisa preparar-se financeiramente para a inserção de novos investimentos. Assim, a implantação de um sistema de automatização de coleta de RSD exige um planejamento financeiro por parte dos gestores.

Outro ponto importante é a questão da avaliação do sistema, que geralmente leva tempo para se analisar as suas vantagens. O sistema de coleta mecanizada no Brasil é um tema relativamente novo, com poucos estudos acadêmicos que avaliem as dificuldades, os fatores de sucesso e insucessos, que necessitam ser medidos para que melhorias sejam propostas, pois a coleta é normalmente um fator de custo significativo no gerenciamento de RSU.

O gerenciamento dos RSU significa todas as atividades para manter o município limpo, por meio de um sistema de coleta e transporte adequado e o tratamento dos resíduos, utilizando tecnologias adequadas com a realidade local. As ações e operações envolvidas na gestão estão interligadas, influenciando as demais atividades, com a destinação dos RSU de forma correta e segura. Assim, o desenvolvimento de um modelo de gestão de RSU adequado ao município, traz apenas benefícios para toda a população (PIAZ; FERREIRA, 2011). Desta forma, percebe-se a necessidade de avaliação dos sistemas de coleta de RSU.

Outro ponto que torna relevante a necessidade de se avaliar o sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil são os desafios para o cumprimento das determinações da PNRS, pois apesar de terem ocorrido melhorias no gerenciamento dos RSU, ele ainda não atende às mudanças propostas pela PNRS, que precisam ser cumpridas para uma gestão integrada de RSU mais eficaz e sustentável tanto ao meio ambiente quanto à sociedade (NASCIMENTO et al., 2015).

A partir deste contexto, coloca-se a seguinte questão de pesquisa: A coleta conteineirizada é viável do ponto de vista econômico, ambiental e social para as cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre?

1.2 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho é identificar de modo exploratório, a percepção de gestores e moradores sobre um sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizados, nas cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre.

1.2.1 Objetivo Específico

- Avaliar a percepção da população de moradores sobre o sistema de coleta automatizado;
- Avaliar a percepção dos gestores sobre o sistema de coleta automatizado;
- Avaliar as vantagens, desvantagens e os benefícios que as cidades estudadas tiveram com o sistema de coleta automatizado.

1.3 Justificativa

A gestão adequada dos resíduos deve ser uma prioridade para reduzir a poluição ambiental e garantir a segurança da saúde da população e dos ecossistemas do planeta. Nos países em desenvolvimento, a gestão e conscientização de resíduos é uma questão emergente. Para assegurar a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável, a gestão adequada dos resíduos urbanos é uma prioridade. No entanto, nos países em desenvolvimento, por falta de infraestrutura, além de investimentos no processo de coleta e destinação dos resíduos sólidos urbanos domésticos, tem tornado a gestão desses resíduos pouco eficiente, resultando em maior contaminação ambiental (SOHAG; PODDER, 2020).

Em diversas áreas de gestão e administração percebe-se que é relevante a opinião da população em relação a administração pública, ou seja, os serviços oferecidos pelo município, sendo responsabilidade da prefeitura municipal e os gestores responsáveis em oferecer um bom serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos aos cidadãos que pagam seus impostos (KOTLER; KELLER, 2006).

Os sistemas tradicionais de gestão de resíduos municipais dependem da coleta e armazenamento de resíduos em lixeiras, até a sua coleta e o transporte por uma agência local de gestão de resíduos. Embora estes sistemas sejam flexíveis, eles têm desvantagens importantes e impactos ambientais como odores e pragas devido ao acúmulo de resíduos nas lixeiras, falta de higienização, ruído, congestionamentos de tráfego durante a coleta, além de contribuírem com as emissões de gases de efeito estufa pelos caminhões (FARRÉ et al., 2021).

É responsabilidade dos gestores públicos a escolha do tipo de sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos, o tipo de transporte e destino final adequado. A coleta pode ser oferecida pelo próprio município ou pela contratação de empresas privada por meio de licitação. Esta atividade requer cuidados na administração das melhores alternativas do ponto de vista ambiental, bem como em termos de segurança do trabalho, pois existem riscos envolvidos na atividade, que podem comprometer o desempenho das equipes de trabalho ao se ausentarem por motivos de acidente (FERRÃO; MORAES, 2021).

A tecnologia pode influenciar os impactos ambientais de forma positiva, tornando-se cada vez mais importantes novas infraestruturas e recursos oferecidos pelos sistemas que oferecem coordenação física e computacional. O impacto da tecnologia e da inovação no desenvolvimento urbano foi destacado sob o termo “cidade inteligente” onde várias definições e dimensões foram fornecidas para uma cidade inteligente. Dentre essas definições, está o desenvolvimento sustentável, que sugere que uma cidade é inteligente quando o objetivo de investir em infraestrutura é promover o crescimento econômico sustentável, qualidade de vida e gestão eficiente dos recursos naturais. Existe uma definição em que uma cidade inteligente não é apenas sobre a infraestrutura inteligente, mas a medida em que essa infraestrutura auxilia no objetivo de desenvolvimento sustentável (ESMAEILIAN, 2018).

Atualmente, diferentes tipos de sistemas de coleta de RSU estão sendo implementados nas cidades modernas (LAURIERI et al., 2020). A coleta automatizada é um exemplo, que conta com ganhos desde a área da saúde da população até a valorização do bairro e conseqüentemente dos imóveis, trazendo a sensação de bem-estar à população (SILVA; GOYA; PEREIRA, 2015). O compartimento é fechado e possui um tamanho relativamente maior que as lixeiras, evitando o mau cheiro e que animais espalhem sacos de lixo pelas calçadas (BIBIANO et al., 2013). Existem poucos locais no Brasil, que utilizam o sistema de coleta automatizada, tornando importante um estudo dos impactos que este tipo de sistema proporciona, tanto econômicos, como ambientais e sociais, que podem auxiliar no processo de tomada de decisão pelos gestores municipais.

Para complementar, qualquer tipo de desperdício de recursos é prejudicial à sociedade e ao ambiente. Assim, a inovação tecnológica e gestão devem direcionar as políticas públicas e da indústria, em direção, por exemplo, à "cidade inteligente", que consideram o fator ecológico um elemento impactante, incluindo a poluição e seus efeitos drásticos na saúde dos organismos vivos e do meio ambiente (KARTHIK et al., 2021).

Assim, é possível tornar nossas cidades mais ecologicamente corretas, seguras e ajustadas com a ajuda da tecnologia, que disponibiliza novas oportunidades para tornar as cidades mais inteligentes, como pela introdução de sistemas de gestão de resíduos mais inteligentes, que mostra-se como uma boa estratégia para melhorar a vida na área urbana, que merece ser explorado na prática e também avaliado academicamente, de modo a comprovar seus benefícios e apontar os problemas, para que possam ser superados.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é composto por seis seções:

- Seção 1 – Introdução: aborda alguns aspectos teóricos relativos à gestão de resíduos sólidos e seu o contexto, problemática e questão de pesquisa, objetivo e justificativa;
- Seção 2 – Revisão da literatura a relacionada a coleta resíduos sólidos urbanos e suas respectivas normas, coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos e a descrição do sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizados, utilizado nas cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre;
- Seção 3 – Apresenta-se a metodologia, ou seja, trata-se dos procedimentos utilizados no estudo;
- Seção 4 - Análise dos dados coletados nas cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre sobre o sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizados;
- Seção 5 – Conclusão e considerações finais;
- E por último as Referências utilizadas no trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), lei de número 12.305/10 que propõe a prática de hábitos de consumo sustentável. De acordo com o Artigo 2 – Definições: XVI –

resíduos sólidos são: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

E em relação a sua classificação temos como base o Artigo 13:

I - Quanto à origem:

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama (Sistema Nacional do Meio ambiente) e do SNVS (sistema nacional de vigilância sanitária);

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - Quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, os resíduos referidos na alínea “d” do inciso I do **caput**, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Dessa forma evidencia-se a diversidade e complexidade dos resíduos sólidos. Os resíduos sólidos de origem urbana (RSU) são aqueles produzidos pelas inúmeras atividades desenvolvidas em áreas com aglomerações humanas dos municípios, que englobam resíduos de várias origens, como residencial, comercial, de estabelecimentos de saúde, industriais, da limpeza pública (varrição, capina, poda e outros), da construção civil e, finalmente, os agrícolas. Dentre os vários RSU gerados, compreendendo desde restos de alimentos, papéis, plásticos, metais, vidro e até componentes considerados perigosos por serem prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública, ou seja, os resíduos de origem domiciliar ou aqueles com características similares, como os comerciais, e os resíduos da limpeza pública, são normalmente encaminhados para a disposição em aterros sob responsabilidade do poder municipal (ZANTA, 2004).

De acordo com a Lei 12.305/10, Art. 3º entende-se por:

Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei (BRASIL, 2010).

Gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

De acordo com Rodrigues (2017), devido a complexidade da gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos e estrutura utilizada, existe a necessidade de constantes investimentos, mas mesmo cientes dessa necessidade, a realidade é que muitos municípios realizam a gestão desses resíduos sem qualquer cobrança ou organização para arrecadação de recursos e/ou obtenção de financiamento junto aos demais entes da Federação. Ou seja, a gestão dos RSU não recebesse a atenção e os investimentos na proporção em que ela necessita.

A população mundial tem aumentado continuamente a um ritmo acelerado. Existem mais de 7 bilhões de pessoas na era atual e a questão que acompanha este problema é a quantidade de resíduos sólidos urbanos domésticos. Para lidar com esse problema, diversos autores, como Pamintuan (2020), sugerem o uso de tecnologias da informação para monitorar o processo de coleta de resíduos. A gestão de resíduos é considerada como um elemento crítico para garantir que o crescimento populacional seja sustentável para o meio ambiente, para a sociedade e a economia. Assim, fornecer um sistema de gestão de resíduos eficaz e eficiente aos cidadãos torna-se um desafio para os municípios, principalmente devido a falta de recursos financeiros (AL-JABI; DIAB, 2017).

Dessa forma, gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) vem sendo preocupação em diversas áreas de estudo, tornando -se um dos grandes desafios para as cidades ao longo das próximas décadas. Os RSU englobam resíduos provenientes de atividades domésticas em residências, resíduos da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, além de outros serviços de limpeza urbana. Ao longo do tempo eles sofreram alterações quantitativas e qualitativas, contudo sua gestão não acompanha a evolução das tecnologias de produção. Dessa forma, as consequências e os impactos decorrentes desse fato são significativos tanto no meio ambiente quanto na saúde pública (SANTIAGO, 2012).

A coleta faz parte do gerenciamento de RSU e é um dos itens que exige muita atenção dos gestores na área porque, de acordo com a LEI Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 no capítulo II das definições: X –

gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei (BRASIL, 2010).

A gestão integrada de resíduos sólidos está baseada em diversos princípios que possibilitam a sustentabilidade ambiental, econômica e social (KLEI; DIAS; JAYO, 2018). A questão-chave na gestão de resíduos é que as lixeiras em locais públicos são transbordadas com bastante antecedência antes do início do próximo processo de limpeza (coleta), isso por sua vez, leva a vários perigos, como mau odor e feiura para aquele lugar que pode ser a causa principal para a disseminação de várias doenças. O derramamento de resíduos em áreas cívicas gera a condição poluída nas áreas vizinhas. Gupta (2019) sugere que para eliminar ou mitigar os resíduos sólidos urbanos domésticos e manter a limpeza, é necessário um sistema de gestão de resíduos baseado em inteligência artificial.

2.2 Geração dos Resíduos Sólidos no Brasil

A geração de resíduos sólidos acompanhou a humanidade em todo seu desenvolvimento histórico e está diretamente relacionada ao modelo cultural, a renda e aos hábitos de consumo excessivo da sociedade, que tem como consequência o alto nível de desperdício (ROTH, 1996).

A grande produção de RSU tornou-se um dos problemas ambientais mais discutidos atualmente. A preocupação em como gerir esses resíduos tem sido foco de pesquisadores das mais diversas áreas de estudo, tornando-se um desafio urbano para as próximas décadas (SANTIAGO, 2012).

As cidades do globo produziram 2,01 bilhões de toneladas de RSU coletivamente em 2016 com uma quantidade per capita de 0,74kg por dia. A produção anual de RSU deve aumentar em 70% dos níveis de 2016 para 3,40 bilhões de toneladas em 2050, com rápida expansão populacional e urbanização (SINGH,2019). Segundo Silva, Rosas e Nazaré (2018) o aumento da produção dos RSU, pode trazer consequências desastrosas para o meio ambiente e para a qualidade de vida da coletividade. Este fato tem tornado o tema da preservação do meio ambiente global como o foco da política global e como consequência vem orientando o planejamento estratégico das políticas de gestão de resíduos em todo o mundo (FUNCHT et al., 2020).

Assim, problemas relacionados aos resíduos sólidos têm crescido nas sociedades contemporâneas, implicando a deterioração da qualidade de vida nos grandes centros urbanos. O esgotamento dos recursos naturais não ocorre isoladamente, visto que o homem é parte integrante da natureza e, portanto, sofre com toda intervenção indevida sobre ela. Os resíduos sólidos urbanos gerados pela sociedade em suas diversas atividades, quando não tem um bom gerenciamento resultam em riscos à saúde pública, provocam degradação ambiental, além dos aspectos sociais, econômicos e administrativos envolvidos na questão (SIQUEIRA, 2009).

A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) ainda é um grande desafio para os países em desenvolvimento, inclusive no Brasil, onde os municípios são os principais responsáveis pelo seu gerenciamento (NASCIMENTO et al., 2015). Além disso, no Brasil, também existe a dificuldade de quantificar os Resíduos Sólidos Urbanos gerados per capita. Isso acontece porque a coleta informal e ineficiente do sistema de coleta pública impede que parte dos resíduos sólidos gerados sejam coletados e contabilizados. Com isso, cerca de 19,7% dos resíduos gerados no Brasil não são recolhidos (NASCIMENTO et al., 2015).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), no Brasil os sistemas de limpeza urbana coletam em torno de 150 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) por dia. O que nos faz perceber que estamos diante do desafio da construção do desenvolvimento sustentável e é preciso criar ferramentas capazes de prover informações que facilitem a avaliação do grau de sustentabilidade das sociedades, monitorando tendências de desenvolvimento, que auxiliem na definição de metas de melhoria (POLAZ, 2009).

De acordo com o IPEA as cidades brasileiras em 2018 geraram cerca de 79 milhões de toneladas de RSU, cuja coleta chegou a 92% desse total, equivalentes a pouco mais de 72 milhões de toneladas, dos quais apenas 43,3 milhões de toneladas, 59,5% do coletado foi destinado para os aterros sanitários em aterros. Os 40,5% do total coletado foi despejado inadequadamente em lixões ou aterros controlados e aproximadamente 6,3 milhões de toneladas geradas anualmente continuam sem ao menos serem coletadas, e outros acabam sendo depositadas sem controle, mesmo quando a legislação determina a destinação para tratamento e, em último caso, para aterros sanitários (IPEA,2021).

Assim, verifica-se cada vez mais a necessidade de um sistema de coleta e transporte correto dos resíduos sólidos urbanos. A etapa do gerenciamento dos RSU relacionada a coleta e o transporte de resíduos das cidades até um aterro sanitário é uma

das etapas que mais consomem recursos financeiros, além de causar danos ao meio ambiente pelas emissões de poluentes, ou seja, percebemos uma relação direta entre a quantidade de RSU e os problemas ambientais. Assim, pode-se dizer que o gerenciamento de resíduos se tornou nas últimas décadas uma atividade de suma importância para a vida nas cidades do mundo inteiro. Os RSU contribuem negativamente para o acúmulo de gases na atmosfera, fazendo assim com que o gerenciamento e processos de coleta e transporte dos resíduos venha ganhando cada vez mais destaque, buscando adequações e melhorias nas etapas de coleta para conseguirmos reduzir os impactos ambientais, por exemplo, pode-se fazer a coleta do RSU de uma forma que seja reduzido o trajeto do caminhão, contribuindo para a diminuição dos custos com combustível, como também minimizando as emissões de gases (COSTA; OMETTO; NASCIMENTO, 2019).

2.3 Modelo de limpeza urbana operante no Brasil

Quanto a destinação final dos RSU como principal modelo encontra-se os métodos de disposição no solo como aterro sanitário, aterro controlado ou lixão. Os aterros sanitários, que segundo a ABNT -NBR 8.419, consistem na técnica de disposição dos resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

Os aterros controlados são a fase intermediária entre o lixão e o aterro sanitário, que se compreende como um lixão, com algumas mudanças estruturais, que buscaram tornar legal o local de destinação de resíduos sólidos urbanos, mas continua inadequado do ponto de vista ambiental, por contaminar o solo natural. O aterro controlado não combate a poluição, por não receber a camada impermeabilizante ideal antes da deposição de lixo, o que causa a poluição do solo e do lençol freático. Ele também não trata todo o chorume produzido pela decomposição dos resíduos orgânicos e gases que emanam da decomposição dos RSU e as atividades do aterro controlado ficam expostas ao ambiente (CARDOZO, 2009).

Os lixões são o resultado das descargas de RSU a céu aberto sem proteção ao meio ambiente (IPT,1995). Por sua invasão ao meio ambiente, os lixões já são rejeitados pela legislação brasileira desde 1981, sendo que em 1998 foram tipificados como crime ambiental, e em 2010, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos que foi regulamentada a destinação dos resíduos sólidos no país, onde pediram a extinção dos lixões até 2014. Mas o fim dos lixões não foi respeitado por 41,6% dos municípios. A destinação incorreta de resíduos sólidos urbano se configura como conflito nos mais diversos segmentos:

ambiental, social, jurídico, territorial, econômico, sanitário e de saúde pública (LAVOR et al., 2017).

Os aterros sanitários são uma tentativa de consolidação de instrumentos necessários ao controle ambiental das áreas de disposição final de RSU, onde eles são compactados para promover a sua redução volumétrica, que geralmente é proporcionada pela aplicação de pressões sobre os resíduos por meio do emprego de equipamentos mecânicos, como tratores de esteira.

Os aterros também promovem a redução volumétrica ao longo do tempo, causadas pela constante deposição de novas camadas e ao processo de decomposição da matéria orgânica presente. Essa compactação traz as seguintes vantagens: aumento da vida útil dos aterros sanitários, redução da migração descontrolada de gases e líquidos lixiviados, diminuição da vazão de líquidos lixiviados, aumento da estabilidade do maciço de resíduos, a possibilidade de tráfego imediato de veículos sobre o maciço e melhorias no aspecto estético da massa de resíduos aterrada (CATAPRETA, 2008).

As estações de transbordo, tem o objetivo imediato de armazenarem resíduos temporariamente para que sejam transferidos para caminhões maiores. A compostagem, que se trata de um processo de reciclagem da parte orgânica dos resíduos sólidos urbanos. A incineração, que é uma técnica de eliminação de resíduos pela sua combustão (SOUSA; CAMPOS; OLIVEIRA, 2016).

A destinação dos resíduos sólidos urbanos é um problema que necessita ser resolvido para o progresso da sociedade como um todo, pois constitui um grave fator de poluição ambiental, decorrente do desenvolvimento urbano e industrial, visto que este último é um fator que exacerbava os problemas relacionados à produção, coleta e destinação de resíduos sólidos. Assim, de um lado temos a necessidade de manutenção do equilíbrio ecológico, por outro lado temos os problemas mais específicos, como manter a qualidade de vida urbana, utilizar adequadamente os recursos naturais, harmonizar o desenvolvimento socioeconômico de uma determinada área, sobretudo controlando a poluição (PEREIRA; MAIA, 2012; OLIVEIRA, 2020).

2.4 COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A coleta de resíduos sólidos urbanos é uma medida sanitária, pois auxilia na prevenção da proliferação de doenças nas áreas rurais e urbanas, por isso os resíduos

sólidos urbanos precisam ser descartados e coletados da melhor forma possível (SOBRAL, 2017).

O tema vem ganhando importância, mas há 10 anos atrás já havia dados de que eram coletadas no Brasil entre 180 e 250 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos (GOUVEIA, 2012).

Tendo em vista os princípios básicos de acesso universal aos serviços públicos básicos de saúde estabelecidos por lei, os serviços de coleta regular domiciliar e comercial são responsabilidades da gestão municipal (SOUTO; LOPES, 2019). Geralmente em um município existem três tipos principais de coletas utilizadas para a captação de resíduos, são elas: a dos resíduos urbanos, a dos resíduos hospitalares e a coleta seletiva. A coleta de resíduos urbanos consiste no recolhimento e transporte dos resíduos sólidos urbanos doméstico produzido em residências, condomínios, instituições públicas, estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços (DETOFENO; STEINER, 2009). Para este estudo a coleta que nos interessa é a coleta dos resíduos urbanos domiciliares.

Em alguns países, é preciso muito esforço e dinheiro para concluir a coleta de resíduos sólidos urbanos (YANG; LI, 2020). Um dos desafios específicos que alguns países e comunidades enfrentam é a falta de infraestrutura para a adequada coleta de resíduos sólidos urbanos, falta de recursos para instituições governamentais para construir, gerenciar e aplicar políticas de gerenciamento de resíduos e a pobreza sistêmica. Além disso, questões mais urgentes, como desenvolvimento econômico, saúde pública e redução da pobreza, geralmente têm precedência sobre a proteção ambiental. Muitas vezes os governos dos países em desenvolvimento são incapazes de fornecer a infraestrutura necessária para a criação, manutenção e gestão adequadas dos resíduos sólidos urbanos, incluindo estradas seguras e suficientes para a coleta de resíduos, caminhões para a coleta, mão de obra remunerada e aterros sanitários seguros e extensos (BROWNING et al., 2021).

A infraestrutura tradicional de gestão de resíduos sólidos urbanos é muitas vezes impedida de ser construída, devido aos riscos associados a áreas de instabilidade política e riscos naturais. O desenvolvimento de um programa de gestão eficaz e eficiente de resíduos sólidos municipais bem-sucedido, em escala nacional, depende de grandes quantias de dinheiro, tempo e apoio, que são restritos nos países em desenvolvimento. Ou seja, se os moradores das cidades não tiverem recipientes ou área convenientes para o descarte dos resíduos sólidos urbanos domésticos, é provável que simplesmente despejem

seus resíduos nas ruas ou cursos d'água (YUKALANG; CLARKE; ROSS, 2017). Tal procedimento causa uma problemática ambiental de difícil solução, pois a maior parte dos sistemas de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos não faz a coleta dos que estejam descartados em lugares inadequados, mas apenas nos pontos definidos para coleta, o que pode causar acúmulo de resíduos em locais inadequados, causando poluição do meio ambiente, além de contribuir para a proliferação de pragas e doenças (MUCELIN; BELLINI, 2008).

Para os países mais desenvolvidos, cujo volume de produção de resíduos sólidos urbanos gerado é grande, as questões e destinação desses resíduos também é uma preocupação, com regulamentações específicas e leis ambientais que punem civis que as desobedecerem. As pesquisas sobre o tema, nesses países tem como destaque os projetos voltados a coleta seletiva.

De acordo com Carvalho (2015), países com estruturas problemáticas associadas à deficiência na gestão dos resíduos sólidos urbanos, são foco de notícias de desastres, como por exemplo na Índia, onde civis de Bangalore em 2015 presenciaram um incêndio em um lago da cidade, devido à intensa poluição do rio por resíduos industriais não tratados.

Para Juras (2005), a Alemanha é pioneira em soluções para os tratamentos de resíduos sólidos urbanos, em que grande parte dos resíduos produzidos é reciclado, ou é destinado para uso em produção de energia. A coleta dos resíduos sólidos urbanos domésticos é realizada por caminhões automatizados. Aqueles materiais que não podem ser reciclados, o fabricante é obrigado a aceitar a devolução desses resíduos e então realizar sua eliminação de maneira correta.

Segundo Santos (2018), alguns países planejam estruturas mais complexas para coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos. Em Barcelona por exemplo, os resíduos são transportados à vácuo via tubulações. No Brasil, o hospital Sírio-libanês foi pioneiro em utilizar essa tecnologia de sistema a vácuo em 2017 (HOSPITAL SÍRIO-LIBANÊS, 2017). Como este é um sistema de alto custo é mais comum encontrar caminhões automatizados recolhendo os resíduos, que dispõe em contêineres fixos para armazenamento temporário. Quando os contêineres atingem sua capacidade de armazenagem, caminhões com sistema automatizados recolhem o contêiner e o levam para o centro de triagem.

Empresas que utilizam sistemas automatizados têm ganhado destaque em países desenvolvidos não apenas pela tecnologia, mas também pela coleta seletiva dos resíduos

sólidos urbanos domésticos já separado por moradores, onde esses materiais são levados para centros específicos para reciclagem (WMNORTHWEST-PACIFIC NORTHWEST, 2022)

2.4.1 Transporte

A coleta e transporte dos RSU pode se tornar uma questão crítica na maioria das cidades brasileiras, pois esse serviço é prestado em domicílio, com veículos de coleta que são responsáveis por percorrer todas as vias da cidade, coletando os resíduos sólidos urbanos domésticos de cada residência ou prédio, depositado na calçada. Não há padronização de como os RSU devem ser colocados nos espaços urbanos aguardando a coleta, nem há fiscalização e multa por parte do órgão responsável para evitar exposição pública ou descarte por pessoas fora dos serviços de limpeza da cidade. Em muitos casos isso torna complexa a limpeza da cidade (MELQUIADES, 2015).

A seleção dos veículos para coleta de RSU depende da quantidade de resíduos, a distância a percorrer, a largura e condição das estradas e das tecnologias de processamento (SINGH, 2019). Alguns sistemas podem ser usados para melhorar a qualidade de serviço na coleta de RSU, diminuindo o número de viagens para coleta, além de reduzir os custos associados ao processo e manter o serviço mais eficiente e limpo (KEERTHANA et al., 2017).

2.4.2 Riscos Ocupacionais

O sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos manuais, que é o mais utilizado no Brasil e em diversos países em desenvolvimento, exige uma operação laboriosa do coletor ao longo do percurso. Os movimentos exigem força, pois os sacos podem ser pesados, são repetitivos, como levantar, empurrar, puxar e carregar, além de estar substancialmente relacionada a riscos físicos, químicos, biológicos e psicossociais. É considerada uma profissão insalubre em grau máximo (TANOUYE et al., 2022).

Os fatores que mais contribuem para os acidentes de trabalho dos coletores são as dificuldades na utilização dos Equipamento de Proteção Individual (EPI), o ritmo acelerado de trabalho e a negligência com moradores quanto à destinação de resíduos para coleta. Os principais incidentes observados com estes trabalhadores são: cortes, lesões dos membros, quedas, exposição constante a agentes biológicos e físicos além de problemas ergonômicos (FERRÃO; MOARES, 2021).

De acordo com os anexos presentes na Norma Regulamentadora NR 15 são configuradas atividades insalubres: Ruído contínuo ou intermitente (Anexo 1 da NR-15); Ruído de impacto (Anexo 2 da NR-15); Calor (Anexo 3 da NR-15); Radiações ionizantes (Anexo 5 da NR-15); Condições hiperbáricas (Anexo 6 da NR-15); Radiações não-ionizantes (Anexo 7 da NR-15); Vibração (Anexo 8 da NR-15); Frio (Anexo 9 da NR-15); Umidade (Anexo 10 da NR-15); Agentes químicos (Anexo 11, 12 e 13 da NR-15); Agentes químicos do (Anexo 11 da NR-15 que geram direito ao adicional de insalubridade apenas se excedidos os limites de tolerância); Poeiras minerais (Anexo 12 da NR-15); Agentes químicos do (Anexo 13 da NR-15 que geram direito ao adicional de insalubridade se identificados por inspeção no local de trabalho); Agentes biológicos (Anexo 14 da NR-15) (NR 15, 1978).

Os coletores de resíduos domésticos são expostos a concentrações de bactérias e endotoxinas acima dos limites recomendados, pois estão sujeitos a exposição ao bioaerosol (são uma subcategoria de partículas liberadas de ecossistemas terrestres e marinhos para a atmosfera. Eles consistem em componentes vivos e não vivos, como fungos, pólen, bactérias e vírus), o que tem sido associada a problemas de saúde como asma, sintomas irritantes das vias aéreas, doenças infecciosas, gastrointestinais e de pele e câncer. Efeitos citotóxicos foram observados em muitas amostras, demonstrando o potencial risco à saúde dos trabalhadores que coletam resíduos sólidos urbanos domésticos. Esses resultados também sugerem que os riscos diferem, dependendo do tipo de resíduo e dos locais de descarga/descarga (SALAMBANGA et al., 2022).

Os trabalhadores também estão expostos a outros riscos ocupacionais, são eles:

- Físicos: ruído, vibração, calor, frio, umidade;
- Químicos: gases, névoa, neblina, poeira, substâncias químicas tóxicas;
- Mecânicos: atropelamento, quedas, esmagamentos pelo compactador de resíduos, fraturas;
- Ergonômicos: sobrecarga da função osteomuscular e da coluna vertebral, com consequente comprometimento patológico e adoção de posturas forçadas incômodas;
- Biológicos: contato com agentes biológicos patogênicos (bactérias, fungos, parasitas, vírus), principalmente através de materiais perfurocortantes;
- Sociais: falta de treinamento e condições adequadas de trabalho (VELLOSO, 2009).

2.5 SISTEMA DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOMÉSTICOS AUTOMATIZADA

Um exemplo de sistema de coleta RSU doméstico mecanizado é quando os resíduos são descartados pela população locais determinados, onde são alocados contêineres vedados, que são de fácil deslocamento e manuseio. O contêiner, após o período de descarte de resíduos pela população é recolhido com a ajuda de um braço mecânico, localizado no caminhão, oferecendo mais segurança aos funcionários, visto que os mesmos deixam de ter contato com o RSU doméstico.

Com este tipo de sistema os sacos de resíduos podem ser retirados das calçadas, melhorando o impacto visual, a diminuição de restos alimentares, que podem se espalhar devido ao rompimento dos sacos por animais que transitam pelas ruas, odores da decomposição dos mesmos, e também reduzindo a possibilidade dos sacos serem levados pelo vento ou pelas enxurradas decorrentes de chuvas, causando danos ao saneamento e o meio ambiente (COLETA DE LIXO, 2023).

Em algumas cidades estão sendo implantados contentores soterrados, para o armazenamento subterrâneo dos resíduos, até o momento da coleta. Esta é uma solução indicada para locais com alto nível de movimentação das vias, por utilizar pouco espaço externo, e também para locais históricos e turísticos, pois a solução valoriza a arquitetura, sem interferir na beleza do local (GALLEP, 2015).

O desenvolvimento de uma solução de sistema híbrido para um veículo coletor, que realiza tarefas dinâmicas de direção, parcialmente ou altamente automatizadas pelo veículo coletor parcialmente controladas pelo operador por meio de um dispositivo remoto, quando estudada e bem desenvolvida representa uma solução segura e econômica para o processo de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos.

Um passo importante para uma implementação bem-sucedida é especificar uma fase de teste completo, em que a viabilidade de todas as funções, bem como o seu custo-efetividade sejam investigados (HENRIQUES et al., 2021).

2.5.1 Um exemplo de sistema coletor

Os equipamentos variam suas características de acordo com a sua origem e fabricação. Neste estudo apresenta-se a descrição de um equipamento produzido por uma empresa Brasileira, que nos cedeu tais informações.

Algumas características básicas são necessárias para que o equipamento realize todo o ciclo de coleta de maneira efetiva. Alguns desses requisitos, foram criados pela ANFIR (Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários), em uma assembleia temática, em que as normas foram amplamente debatidas pelos fabricantes nacionais com base nas normas europeias, listadas a seguir:

- Estanqueidade quanto ao vazamento de resíduos e chorume das vias;
- Geometria e habilidade adequada para acoplar-se/coletar contentores de 2,4m³ e 3,2m³;
- Altura máxima durante a operação de Carga / Coleta;
- Capacidade de realizar a operação de maneira harmoniosa, amigável e com a menor taxa de ruídos possível;
- Taxa de compactação dos resíduos (mínimo de 3:1);
- Sistema rápido de descarga do resíduo no destino;
- Praça de compactação com volume mínimo de 4,5m³;
- Capacidade adequada para realização de manobras (conforme sugerido no manual do chassi selecionado);
- Distribuição adequada de carga no chassi do caminhão.

Geralmente, empresas de coleta de resíduos sólidos urbanos mensuram o número de caminhões necessários para atender uma determinada região de acordo com as características do equipamento que possuem ou de acordo com o equipamento disponível para compra no mercado. Assim, pode-se afirmar que para a realização da coleta é necessário avaliar:

- O tempo de deslocamento, que leva do deslocamento da garagem até o local de coleta;
- O tempo de coleta, realizando todo o percurso definido para uma determinada região;
- O tempo de deslocamento 2, que considera o tempo necessário para um caminhão, em sua capacidade máxima de carga, se deslocar até a área de despejo e retornar para área de coleta ou para a garagem;
- Também deve ser relacionado o número de habitantes, distanciamento dos contentores, de acordo com cada cidade e a sua necessidade específica.

2.5.1.1 Funcionamento do equipamento

Após essa breve descrição dos principais componentes do equipamento, pode-se expandir a visão do mecanismo de funcionamento do sistema de coleta. A coleta pode ser dividida em três fases: a carga; a compactação; e a descarga.

A **Carga** é o processo de carregamento do equipamento, ou seja, o ato de transferir os resíduos depositado no interior dos contentores (Lixeiras padronizadas de 2,4m³ e 3,2m³) para o Coletor/Compactador Lateral, com este devidamente posicionado e parado.

Ao posicionar o Caminhão/Equipamento devidamente alinhado ao contentor presente em via, calçadas ou local adequado, o operador/motorista inicia o processo de coleta do contentor utilizando um sistema gerenciado por CLP (Controlador Lógico Programável). A operação de coleta do contentor, que é realizado por meio do *Lifter*, e para acioná-lo, primeiramente é necessário que o caminhão esteja com o freio de estacionamento devidamente acionado e com o câmbio em Neutro, e pela IHM (interface Homem Máquina) aciona-se a tomada de força. Com esta ligada o CLP passa a monitorar entre outras condições de segurança a rotação do motor garantindo que a rotação não exceda os limites previstos pela tomada de força e bomba hidráulica, dessa forma a rotação do motor é transferida para a bomba, e a energia mecânica do motor é convertida em energia hidráulica.

A partir desse momento, por meio de *Joystick* o operador aciona o *Lifter*, que baseado em lógicas pré-programadas inicia a sequência de movimentos que tem como objetivo acoplar-se ao contentor, carregá-lo de forma segura, elevá-lo até a posição onde possibilita a descarga dos resíduos contido no interior do mesmo na “Praça de Compactação” e então realizar a descarga do contentor, ou seja, ocorre a transferência dos resíduos contido no interior do contentor para o compactador. Nesse momento o operador verifica pelas câmeras, as condições de segurança, tanto da Praça de Compactação, quanto da área em torno do local, onde encontrava-se originalmente o contentor, e realiza a devolução do contentor já descarregado, na posição original.

Após o devido reposicionamento do contentor, o operador ainda por meio do *Joystick*, realiza a rotina que garante que o *Lifter* seja novamente posicionado junto ao equipamento, em sua posição de transporte, garantindo segurança para que o caminhão possa se deslocar e dar sequência ao trabalho de coleta.

Com os resíduos já transferidos para a Praça de Compactação, inicia-se a **compactação** que, trata-se do deslocamento dos resíduos ali presentes, para o interior da

caixa de carga por meio do “Martelo Compactador”, que é acionado por dois cilindros hidráulicos, que fazem com que o martelo exerça força contra os resíduos e que ao se deparar com o preenchimento da caixa de carga tenha capacidade de impor pressão ao mesmo, buscando a taxa de compactação esperada, que fica entre 3:1 e 4:1.

O ciclo de compactação é totalmente gerenciado pelo CLP, que entre outras funções busca também a otimização energética do equipamento/caminhão, fazendo com que a força necessária para compactar os resíduos seja exercida somente quando a caixa de carga já conter em seu interior, resíduos suficientes para tal compactação, isto é, no período inicial da coleta, o martelo desloca-se com força necessária apenas para o deslocamento dos resíduos, e em número de operação limitada em 2 ou 3 ciclos, gerenciada pelo CLP.

Ao atingir pressão pré-determinada gerenciada pelo CLP, o sistema hidráulico que movimenta o martelo compactador “avisa” o CLP que a caixa de carga se encontra cheia, já que o martelo passa a encontrar resistência ao deslocar-se, não conseguindo atingir pontos de referência “normais ao seu ciclo”.

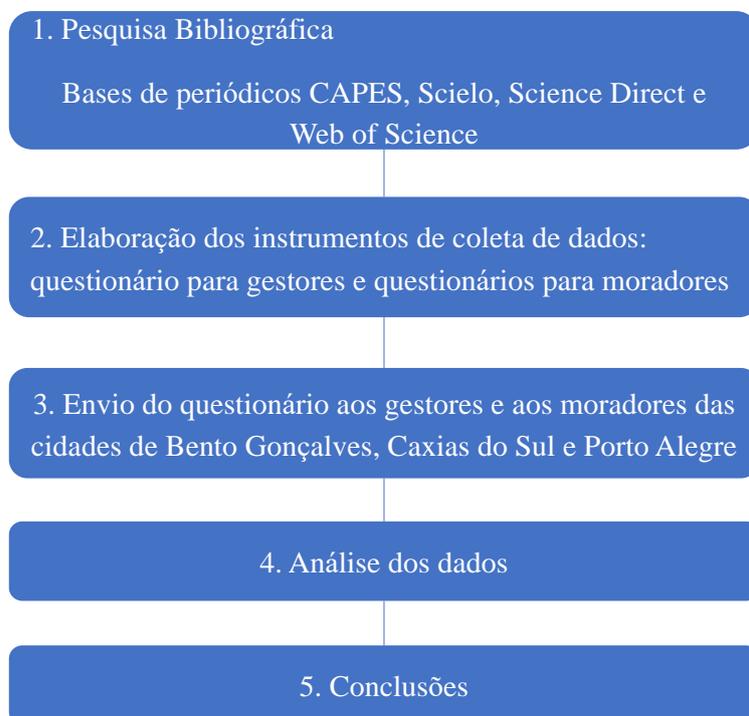
Esse sinal indica ao operador, também por meio de alarmes presentes da IHM, que chegou a hora de efetuar a descarga do equipamento. Essa fase final da coleta deve ser efetuada em locais pré-definidos (Estações de Transbordo, Aterros, etc.). O operador/motorista deve deslocar o caminhão para esse local, e repetir o procedimento que aciona a tomada de força, mas dessa vez com a operação de descarga selecionada na IHM. Com o caminhão devidamente posicionado, o operador pode verificar a área ao redor do equipamento, por meio de câmeras e espelhos retrovisores e acionar o comando que abre a porta traseira, que é movimentada por cilindros hidráulicos. A posição da porta é monitorada pelo CLP e chegando a abertura total, libera-se o movimento do conjunto compactador/ejetor, que acionado por cilindro hidráulico telescópico, “expulsa” os resíduos compactados do interior da caixa de carga.

3 METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa de caráter exploratório, com vistas a conhecer aspectos sociais, econômicos e ambientais do sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizados, que se encontra nos estágios iniciais de difusão no Brasil. É um estudo de temporalidade transversal e de abordagem fundamentalmente qualitativa, utilizando-se de questionários para a coleta de dados. Foram elaborados dois questionários, sendo um deles para analisar as questões associadas aos gestores do sistema de coleta e o outro questionário com objetivo de avaliar a opinião dos moradores, que utilizam o sistema, de modo a levantar informações que possam contribuir para o entendimento dos benefícios e vantagens do sistema de coleta automatizado, para a sustentabilidade do nosso planeta Terra.

A pesquisa foi realizada de forma fracionada primordialmente pela coleta de: (1) Dados primários; (2) Dados secundários, de acordo com o procedimento metodológico descrito a seguir.

Figura 1 - Procedimentos da metodologia



Fonte: Próprio autor (2022)

Como ilustra a figura 1, inicialmente foi feito uma pesquisa bibliográfica em algumas bases de periódicos para fundamentação teórica e revisão da literatura sobre o tema estudado, indispensável para o desenvolvimento do trabalho e elaboração dos questionários.

3.1 – Pesquisa bibliográfica

Para o embasamento teórico foram pesquisados trabalhos relacionados a coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos, coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizados, resíduos sólidos urbanos domésticos urbano e gestão de resíduos sólidos urbanos, entre teses, dissertações, artigos de periódicos, livros e normas. Assim, inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico relacionado ao tema. A bibliografia foi obtida por meio buscas em bases de pesquisa, como o portal da CAPES, Scopus e Scielo, para tal pesquisa foram utilizadas palavras chave em inglês e português.

As mesmas palavras foram utilizadas em inglês e como critério de exclusão foram utilizadas datas, ou seja, buscamos artigos a partir de 2011 (Critério de 10 anos). Os artigos encontrados passaram pela leitura do título, que exclui os artigos fora do escopo do trabalho. Os artigos restantes leram-se o resumo, para chegar aos selecionados para leitura, pertinentes ao referencial teórico do trabalho.

3.2 – Instrumento de coleta

A etapa seguinte foi a elaboração do instrumento para coleta de dados sobre o sistema de coleta de resíduos, do ponto de vista dos gestores municipais, responsáveis pelas operações de limpeza pública das cidades onde foram implantados o sistema de coleta automatizada. Também foi elaborado um instrumento avalia a opinião da população sobre o sistema de coleta automatizada, para identificar os pontos positivos e negativos, além das mudanças percebidas após a implantação do sistema. As novas tecnologias devem atender às necessidades da sociedade, para que os avanços ocorram também na melhoria da qualidade de vida.

O questionário para os moradores foi respondido, a partir de uma consulta voluntária com os moradores de cada das cidades que fazem parte do estudo. Assim, foi realizada uma visita às cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre, para a pesquisa de opinião com os moradores que recebem o serviço de coleta automatizada. Em Bento Gonçalves 35 moradores responderam ao questionário, em Caxias do Sul

foram 80 moradores e em Porto Alegre 60 moradores participaram voluntariamente da pesquisa de opinião.

O questionário para os gestores foi enviado por e-mail, após um contato prévio por telefone. Contudo, um dos gestores não aceitou participar da pesquisa.

A etapa seguinte foi a análise das informações, com apoio da pesquisa bibliográfica, fundamentou a avaliação sobre os desafios a serem superados para que o sistema de coleta de RSU domésticos automatizado seja uma alternativa viável para os governantes implantarem o sistema de coleta automatizado nas cidades e para que a população tenha o máximo benefício desse serviço.

Os dados foram organizados em uma planilha e foram elaborados os gráficos, tabelas e realizadas as comparações das informações obtidas. Os questionários dos gestores foram analisados de modo qualitativo e sintetizados.

3.3 Universo de pesquisa

Para a elaboração e desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas informações dos gestores de sistemas de coleta de resíduos sólidos e de moradores de cidades localizadas no estado do sul do país, Bento Gonçalves, Porto Alegre e Caxias do Sul.

Foram utilizadas informações coletadas por meio de dois questionários, um deles respondido pelos gestores do sistema de coletas de resíduos sólidos urbanos domésticos de três cidades localizadas no estado do sul do país, as cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre. Outro questionário foi aplicado à uma amostra da população usuária do sistema de coleta automatizada das cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre.

3.3.1 Bento Gonçalves

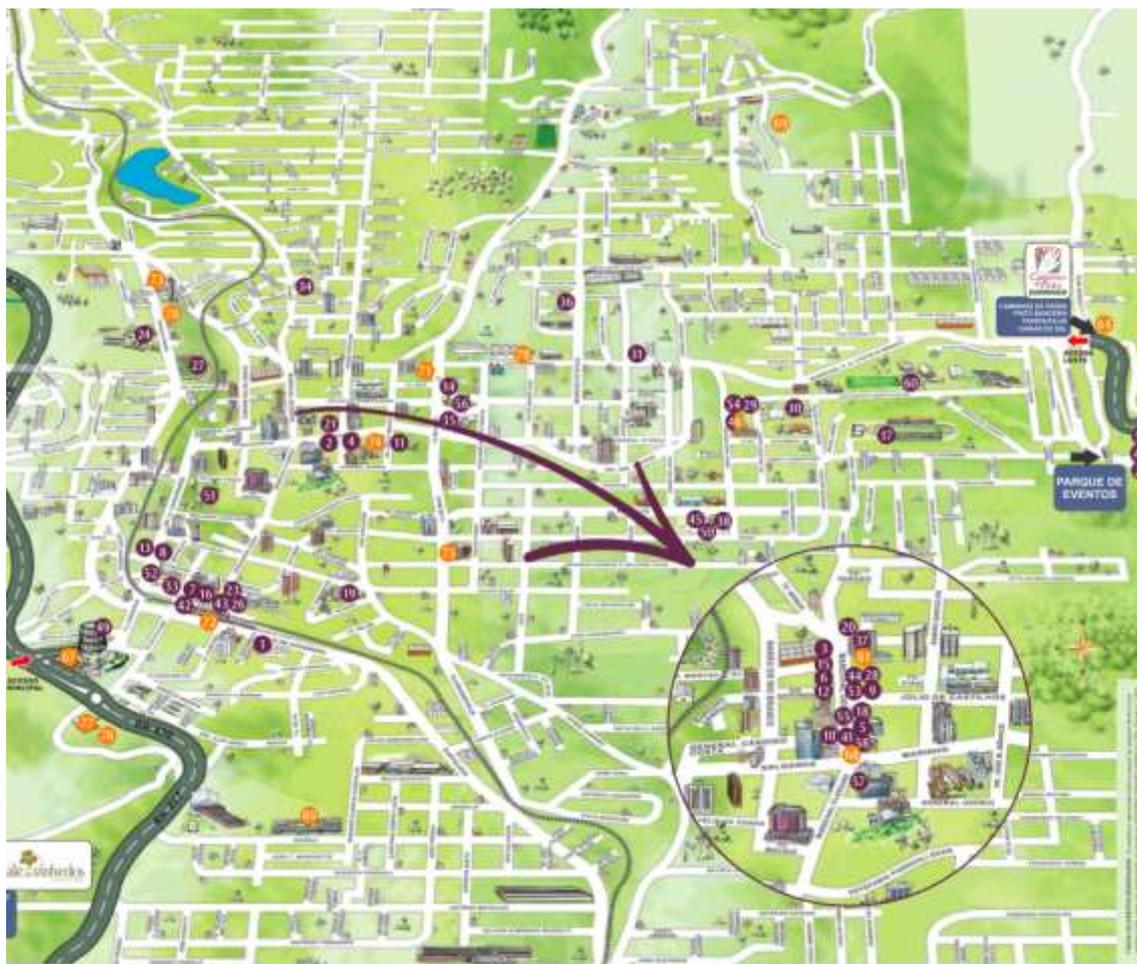
A cidade de Bento Gonçalves conta com uma população de 123.090 habitantes, de acordo com o último censo do IBGE – 2010 (IBGE, 2021). Na área central tem-se nas vias gastronômicas da cidade 74 containers de coleta automatizada (coleta orgânica), 40 containers de 2.400 litros e 34 containers de 3.200 litros. Além disso, para coleta seletiva existem 84 containers de 1.000 litros, 20 containers de 1000 litros para coleta de vidro. A cidade de Caxias com conta com uma população de 123.090 habitantes de acordo com o último censo do e uma área de 273,576km² IBGE – 2021 (IBGE, 2021).

Na área central tem-se nas vias gastronômicas da cidade 74 containers de coleta automatizada (coleta orgânica), sendo constituídos por 40 containers de 2.400 litros e 34

containers de 3.200 litros. Além disso, foram disponibilizados para a coleta seletiva 84 containers de 1.000 litros, 20 containers de 1000 litros para coleta de vidro (RN Freitas).

Em Bento Gonçalves a pesquisa foi realizada na região central da cidade, como ilustra a figura 2, em casas e também em estabelecimentos comerciais, com moradores e funcionários que utilizam o sistema de coleta automatizado.

Figura 2: Mapa de Bento Gonçalves – RS



Fonte: Site www.bento.tur.br (2023)

3.3.2 Caxias do Sul

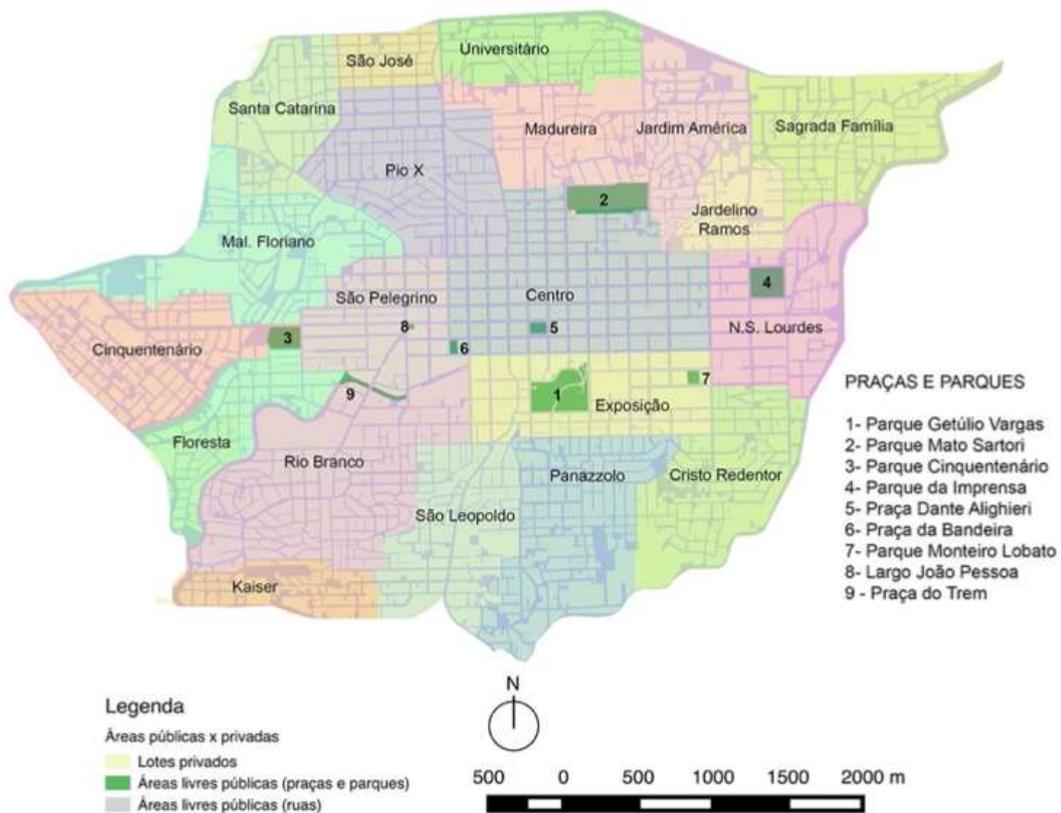
Caxias do Sul é uma cidade que possui uma área territorial de 1.652,308km² com 523.716 habitantes IBGE - 2021 (IBGE 2021).

Em Caxias do Sul, de acordo com o último censo, a cidade possui uma população de 435.564 pessoas (IBGE, 2021), onde há cerca de 2 mil pares de contêineres para resíduos orgânicos e seletivo. No total, são mais de 1.340 quadras contempladas, alcançando uma população de 205 mil pessoas e representando 45% da população. Já

estão na quarta fase de implantação, contemplando mais dez bairros com coleta mecanizada, sendo eles: Panazzolo, Bela Vista, Cruzeiro, Sagrada Família, Jardim América, 1º de maio/Jardelino Ramos, Universitário/Madureira, São Leopoldo, Colina Sorriso e Parte do Jardim Itália.

Em Caxias do Sul a pesquisa foi realizada nos bairros Panazzolo, Cristo Redentor e Jardim Itália, que podem ser identificados na figura 3 e 4.

Figura 3: Mapa de Caxias do Sul - RS



Fonte: GREGOLETTO; ZAMPIERI, 2018.

Figura 4: Descrição dos bairros de Caxias do Sul – RS

Bairro	Área bairro (m2)	Área construída (m2)	Área lotes (m2)	I.A.	Área livre (m2)	% área lotes	% área livre total	% ruas	% praças/parques
Centro	1.527.551	4.075.049	960.694	4,24	493.598	62,89	32,31	27,52	4,80
Cinquentenário (I)	1.015.352	715.983	672.742	1,06	311.992	66,26	30,73	27,71	3,02
Cristo Redentor	981.514	1.099.840	778.457	1,41	203.057	79,31	20,69	20,69	0,00
Exposição	919.952	1.822.549	593.763	3,07	235.250	64,54	25,57	15,69	9,89
Floresta	313.163	299.575	219.502	1,36	93.661	70,09	29,91	29,91	0,00
Jardelino Ramos	425.448	286.192	329.535	0,87	95.913	77,46	22,54	22,54	0,00
Jardim América	876.124	803.141	720.066	1,12	111.118	82,19	12,68	7,55	5,13
Kayser (I)	418.010	307.509	302.402	1,02	115.608	72,34	27,66	27,66	0,00
Madureira	633.835	854.834	548.486	1,56	85.349	86,53	13,47	13,47	0,00
Marechal Floriano (I)	1.172.077	846.999	1.013.298	0,84	158.779	86,45	13,55	13,55	0,00
Medianeira	318.582	394.729	221.688	1,78	96.894	69,59	30,41	30,41	0,00
N.S. Lourdes (I)	946.598	1.373.290	702.639	1,95	199.092	74,23	21,03	16,29	4,74
Panazzolo	1.177.776	1.309.454	888.056	1,47	289.720	75,40	24,60	24,60	0,00
Pio X	1.128.010	1.791.147	835.499	2,14	292.511	74,07	25,93	25,93	0,00
Rio Branco	1.587.739	1.939.410	1.176.577	1,65	411.162	74,10	25,90	25,90	0,00
Sagrada Família	1.010.173	1.089.043	834.232	1,31	175.941	82,58	17,42	17,42	0,00
Santa Catarina (I)	656.788	722.225	477.254	1,51	179.534	72,66	27,34	27,34	0,00
São José (I)	258.445	247.442	178.513	1,39	79.932	69,07	30,93	30,93	0,00
São Leopoldo (I)	872.723	1.017.332	647.465	1,57	225.258	74,19	25,81	25,81	0,00
São Pelegrino	757.618	2.041.046	586.177	3,48	170.090	77,37	22,45	19,69	2,76
Universitário	613.380	600.464	406.257	1,48	207.123	66,23	33,77	33,77	0,00
Totais	17.610.858	23.637.253	13.073.081	1,81	4.231.582	74,23	24,02	22,29	1,73

Fonte: GREGOLETTO; ZAMPIERI, 2018.

3.3.3 Porto Alegre

A Capital do Estado Sul do país possui uma área territorial de 495,390km² e conta com uma população de 1.492.530 pessoas IBGE - 2021 (IBGE 2021). De acordo com o site da prefeitura na capital, a coleta automatizada é realizada pelo menos três vezes por semana. Os bairros onde possuem somente a coleta automatizada são: Auxiliadora, Bom Fim, Bela Vista, Centro Histórico, Cidade Baixa, Farroupilha, Independência, Moinhos de Vento, Mont'Serrat, Praia de Belas e Rio Branco e possuem bairros que são atendidos parcialmente pela coleta automatizada: Azenha, Floresta, Higienópolis, Petrópolis, Menino Deus, Santa Cecília, Santana e São João.

Figura 6: Descrição dos bairros de Porto Alegre – RS

Dados de População e Domicílios do Censo Demográfico 2010 - IBGE por bairros novos de Porto Alegre

Bairros 2016	População	Domicílios
1 Aberta dos Morros	7.146	2.247
2 Agronomia	2.331	647
3 Anchieta	2.024	625
4 Arquipélago	8.330	2.573
5 Auxiliadora	9.683	4.235
6 Azenha	13.804	5.943
7 Bela Vista	11.787	4.770
8 Belém Novo	10.100	3.313
9 Belém Velho	10.835	3.405
10 Boa Vista	10.053	4.072
11 Boa Vista do Sul	2.309	727
12 Bom Fim	11.593	5.812
13 Bom Jesus	28.675	8.832
14 Camaquã	17.938	6.326
15 Campo Novo	8.766	2.789
16 Cascata	13.013	4.097
17 Cavalhada	29.299	10.404
18 Cel Aparício Borges	19.303	5.183
19 Centro Histórico	39.154	20.017
20 Chácara das Pedras	6.668	2.439
21 Chapéu do Sol	2.913	807
22 Cidade Baixa	15.379	8.301
23 Costa e Silva	15.842	4.918
24 Cristal	31.946	11.144
25 Cristo Redentor	16.455	6.694
26 Espírito Santo	5.606	1.830
27 Extrema	1.981	644
28 Farrapos	18.986	6.151
29 Farroupilha	961	438
30 Floresta	11.596	4.784
31 Glória	17.067	5.716
32 Guarujá	4.811	1.483
33 Higienópolis	10.724	4.423
34 Hípica	18.645	6.331
35 Humaitá	11.502	4.165
36 Independência	8.112	4.001
37 Ipanema	13.728	4.503
38 Jardim Botânico	12.521	5.192
39 Jardim Carvalho	25.386	8.090
40 Jardim do Salso	4.405	1.848
41 Jardim Europa	2.299	857
42 Jardim Floresta	3.307	1.128
43 Jardim Isabel	2.835	899
44 Jardim Itú	17.853	6.228
45 Jardim Leopoldina	18.016	7.575
46 Jardim Lindóia	7.417	2.823
47 Jardim Sabará	13.530	4.851
48 Jardim São Pedro	3.967	1.527
49 Lageado	4.481	1.418
50 Lami	4.289	1.340
51 Lomba do Pinheiro	58.106	17.873
52 Mário Quintana	38.116	11.181
53 Medianeira	11.223	4.063
54 Menino Deus	31.650	14.049
55 Moinhos de Vento	11.937	5.423
56 Mont' Serrat	11.236	4.890
57 Morro Santana	19.338	6.679
58 Navegantes	4.327	1.581
59 Nonoai	25.160	8.654
60 Parque Santa Fé	6.376	2.083
61 Partenon	48.160	17.041
62 Passo D'Areia	21.968	9.005
63 Passo das Pedras	15.902	5.095
64 Pedra Redonda	274	99
65 Petrópolis	37.496	16.263
66 Pitinga	4.352	1.382
67 Ponta Grossa	8.722	2.820
68 Praia de Belas	2.281	1.000
69 Restinga	53.508	15.574
70 Rio Branco	17.531	7.542
71 Rubem Berta	33.168	11.651
72 Santa Cecília	5.768	2.554
73 Santa Maria Goretti	3.509	1.328
74 Santa Rosa de Lima	35.333	11.569
75 Santa Tereza	39.577	12.159
76 Santana	20.723	9.220
77 Santo Antônio	13.161	5.326
78 São Caetano	757	285
79 São Geraldo	8.681	3.488
80 São João	12.226	5.104
81 São José	26.522	8.339
82 São Sebastião	7.019	2.638
83 Sarandi	59.711	20.016
84 Serraria	6.239	1.857
85 Sétimo Céu	1.329	433
86 Teresópolis	14.707	4.864
87 Três Figueiras	4.070	1.397
88 Tristeza	16.692	6.446
89 Vila Assunção	4.418	1.491
90 Vila Conceição	1.349	445
91 Vila Ipiranga	18.659	7.689
92 Vila Jardim	13.189	4.506
93 Vila João Pessoa	13.041	4.132
94 Vila Nova	32.469	10.667
PORTO ALEGRE	1.409.351	508.456

Elaboração: ObservaPOA/2018.

Fonte: www.observapoa.com.br (2023).

3.4 Procedimentos

Para o referencial teórico foram pesquisados trabalhos relacionados a coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos convencional e mecanizada ou automatizada, como os profissionais da área referenciam o sistema. As fontes consultadas foram teses, dissertações, artigos de periódicos, livros e normas técnicas. O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de pesquisa em bancos de dados da CAPES, Google acadêmico, Scielo, Science Direct e Web of Science, conforme descritos nas tabelas

seguintes. No quadro 1, a seguir temos o número de artigos encontrados na ampla busca, detalhado de acordo com cada base de dados.

Quadro 1: Resultado das buscas nas bases de artigos

Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Garbage collection	Capes	758	59.402
	Google acadêmico	163.000	477.000
	Scielo	107	102
	Science Direct	35	18.579
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
urban waste	Capes	3.348	353
	Google acadêmico	326.000	2.550.000
	Scielo	421	423
	Science Direct	325	119.819
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Urban garbage	Capes	753	2.982
	Google acadêmico	141.000	2.150.000
	Scielo	83	88
	Science Direct	16	12.258
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Mechanized garbage collection	Capes	2	18
	Google acadêmico	14.500	2.150.000
	Scielo	0	0
	Science Direct	0	541
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
impacts of mechanized garbage collection	Capes	0	0
	Google acadêmico	13.100	16.300
	Scielo	0	0
	Science Direct	0	377
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Urban solid waste management	Capes	640	15.926
	Google acadêmico	122.000	1.160.000
	Scielo	68	137
	Science Direct	377	45.505

Fonte: próprio autor (2022)

A partir do filtro por data (de 2011 a 2021) para a busca nas bases de periódicos, foram obtidos os seguintes números de artigos conforme o quadro 2.

Quadro 2: Resultado das buscas nas bases de artigos de 2012 a 2022

Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos/ Garbage Collection	Capes	518	59.402
	Google acadêmico	28.500	87.200
	Scielo	54	55
	Science Direct	32	10.775
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Resíduos urbanos/ Municipal waste	Capes	3.348	1
	Google acadêmico	15.800	836.000
	Scielo	301	309
	Science Direct	179	71.955
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Resíduos sólidos urbanos domésticos urbano/ Urban garbage	Capes	753	2.298
	Google acadêmico	16.500	61.600
	Scielo	22	47
	Science Direct	14	7.967
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos mecanizada/ Mechanized garbage collection	Capes	2	37
	Google acadêmico	9.120	10.200
	Scielo	0	0
	Science Direct	0	271
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Impactos da coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos mecanizada/ Impacts of mechanized garbage collection	Capes	0	2
	Google acadêmico	8.830	10.200
	Scielo	0	0
	Science Direct	0	230
Palavra – chave	Bases de Pesquisa	Total Geral (Português)	Total Geral (Inglês)
Gestão de resíduos sólidos urbanos/ Urban solid waste management	Capes	662	
	Google acadêmico	15.700	250.000
	Scielo	57	0
	Science Direct	4	0

Fonte: próprio autor (2022)

A grande quantidade de muitos artigos encontrados, é uma indicação de que as palavras-chave utilizadas podem associar-se a outros temas e ter outras aplicações, que estão fora do escopo deste trabalho. Assim, muitos artigos não estavam relacionados ao tema de pesquisa, que nos levou a selecionar apenas os mais recentes, mais relevantes e encontrados a partir de outras referências.

3.5 Instrumento de coleta de dados

A estratégia prevista para o desenvolvimento do presente estudo foi definida conforme critérios considerados suficientes com os objetivos da pesquisa. Uma das mais importantes destas delimitações diz respeito ao referencial teórico necessário para

elaboração de questionário para coleta de dados que permitam, de modo exploratório, discutir a percepção dos moradores e gestores sobre o sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizado.

Para este estudo foram elaborados dois questionários, descritos nos apêndices A e B, que consideraram variáveis relacionadas à coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos urbanos, as dificuldades da implantação, as vantagens e desvantagens do sistema automatizado e outras informações relevantes para a análise dos impactos da coleta mecanizada na economia, no âmbito social e ambiental.

As questões elaboradas para os gestores foram de caráter qualitativo, do tipo abertas. As questões elaboradas para avaliar o nível de satisfação (em escala ordinal) dos usuários do sistema, ou seja, os moradores das regiões, que utilizam o serviço de coleta mecanizada, visaram identificar como os moradores receberam o serviço de coleta automatizada.

3.6 Etapas da coleta de dados

A coleta das informações deve ocorrer durante o mês de janeiro do ano de 2023. Para a elaboração da coleta de dados primeiramente foi estabelecido o instrumento de coleta de dados, conforme descrito. O questionário para o gestor foi estruturado com perguntas abertas, para respostas livres, de modo a permitir mais flexibilidade para o gestor expressar a sua opinião sobre o assunto.

Para manter o sigilo e anonimato dos respondentes, não foram coletados dados pessoais, para que os mesmos não se sintam pressionados ou intimidados em responder a pesquisa, garantido pela lei de proteção de dados LGPD. Para os moradores foi perguntado sua idade, profissão e se o mesmo era o responsável sobre o descarte de resíduos sólidos urbanos domésticos de sua residência ou comércio. O respondente foi informado sobre o sigilo dos dados, que as informações seriam utilizadas exclusivamente para a pesquisa.

Assim, a pesquisa com o questionário prosseguiria somente após o consentimento livre e esclarecido do respondente. O pesquisador se comprometeu a conduzir a pesquisa de forma objetiva e imparcial, não havendo nenhuma interferência no relato compartilhado, visando a integridade na pesquisa.

A entrevista, no sentido mais amplo de comunicação verbal e no sentido mais estrito de coleta de informações sobre um tema científico específico é a estratégia mais utilizada no processo de trabalho de campo (MINAYO, 2008). A entrevista é uma

oportunidade de conversa direta entre o entrevistado e o entrevistador. Existem diversos tipos de entrevistas.

Neste trabalho foi utilizada a pesquisa classificada como entrevista totalmente estruturada, apoiada por um roteiro ou questionário, que direcionou as perguntas, mas permite ao respondente total liberdade nas respostas (GUERRA, 2014) aplicado aos gestores e a outra aplicada aos moradores também estruturada, mas com as respostas em escala likert.

3.6.1 Entrevistas com gestores

Inicialmente, pretendeu-se realizar entrevistas semiestruturadas com dois gestores da cidade de Bento Gonçalves, em que um gestor pertence à secretaria do ambiente da prefeitura de Bento Gonçalves e o outro gestor pertence a empresa privada responsável pelo sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos da cidade. Na cidade de Caxias de Sul seria entrevistada a gestora da Codeca, empresa responsável pela coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos da cidade, mas os diretores não autorizaram a entrevista. Na cidade de Porto Alegre, a entrevista foi realizada com um gestor da empresa responsável por uma parte da coleta de lixo automatizada na cidade.

As entrevistas foram previamente agendadas e após o consentimento em participar da pesquisa, um e-mail foi enviado com o questionário, onde foram listadas perguntas abertas relacionadas ao início da implantação do sistema de coleta, seu desenvolvimento, a visão do gestor de quais mudanças ocorreram e se há prestação de ampliação o sistema. O questionário está descrito no Apêndice B e as respostas no anexo A.

3.6.2 Entrevistas com a amostra da população

Após a entrevista com os gestores foram feitas entrevistas com os moradores de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre, que residem ou trabalham na região onde o sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizado foi implantado. Para aplicação do questionário foram abordados moradores de ambos os sexos, maiores de 18 anos. O questionário buscou analisar a percepção da população em relação ao sistema de coleta automatizado.

Foram entrevistados um total de 175 pessoas sendo 35 residentes da cidade de Bento Gonçalves, 80 residentes de Caxias do Sul e 60 residentes de Porto Alegre.

A abordagem foi realizada de forma aleatória, com o critério de que moradores das cidades fossem residentes ou trabalhassem nos locais com o sistema de coleta automatizado implantado. Destacando que a aplicação do questionário foi feita de forma imparcial, sem nenhuma possibilidade de influenciar as respostas do entrevistado.

O questionário aplicado é descrito no apêndice A.

3.7 Avaliação do Sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizados

Para a avaliação qualitativa do sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizada, nas cidades selecionadas para o estudo, foram coletados dados a partir dos questionários, que foram codificados e classificados para tabulações, elaboração de gráficos, para sintetizar as informações que permitam a análise exploratória sobre a percepção dos gestores e moradores do sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizado, nas cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre.

4 RESULTADOS

A literatura consultada mostrou a importância do tema e como as questões associadas aos resíduos sólidos urbanos devem ser estudadas, para que novas propostas possam ser implantadas, de modo a reduzir os riscos ambientais e também melhorar os aspectos relacionados a limpeza urbana. Para a análise dos dados dos questionários aplicados com os gestores e com os moradores das cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre foi elaborada a tabulação e classificação dos dados, para que fosse realizada a análise descritiva, com as tabelas e gráficos, além de indicadores que sugerem os impactos da implantação do sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos mecanizada.

Após análise das respostas da população e dos gestores obtidas pelo questionários aplicados verificou-se que a coleta mecanizada traz como benefício mais evidente o aspecto de limpeza das vias públicas, pois com o confinamento dos resíduos nos contêineres, a cidade ficou com as vias mais limpas sem os sacos plásticos de resíduos espalhados ao longo delas, independente do horário da realização da coleta, e ainda proporcionam benefícios diretos à população, já que o sistema, permite aos moradores a flexibilidade de descartar os resíduos sólidos urbanos domésticos a qualquer hora do dia ou da noite, sem se preocupar com os horários de coleta, imposto pelo sistema de coleta tradicional.

Um ponto importante informado pelos gestores como benefício, que o sistema oferece mais segurança aos funcionários, que deixam de ter contato direto com os resíduos. Outra vantagem do sistema de coleta mecanizada é que os contentores evitam que os sacos de resíduos deixados pela população sejam rasgados por animais, ou até pessoas, ou levados por enxurradas, colaborando com o meio ambiente e preservando a limpeza dos rios, córregos e também dos bueiros.

Porém percebeu-se que para o sistema funcionar adequadamente, primeiramente é necessário que a população seja consciente e que aceite o novo sistema, pois parte dos problemas encontrados, como vandalismo em que algumas pessoas tentam destruir os contentores, colocando fogo, amassando entre outras formas, por má aceitação ou até mesmo falta de educação. Algumas pessoas, ao em vez de abrir o contentor para descartar os resíduos, deixa o lixo para fora do contentor, que acarreta mal cheiro e outros problemas.

A partir da pesquisa apurou-se a informação de que o sistema automatizado é bom, porém não foi informado uma medida dessa melhora. Contudo, o sistema automatizado necessita de planejamento e um bom orçamento para sua implantação. Em relação aos custos deve-se lembrar que esse sistema exige manutenção para os contentores e também para o caminhão. Quando todos esses fatores estão alinhados pode-se dizer que o sistema automatizado é eficiente e capaz de atender às necessidades do município.

4.1 Análise dos dados dos gestores

As respostas dos gestores dos sistemas de coleta de RSU domésticos das cidades foram sintetizadas no quadro 3.

Quadro 3: Síntese das respostas dos gestores

Vantagens	Desvantagens	Benefícios
Sistema moderno	Dificuldade para a conscientização da população para a utilização do novo sistema.	Menor impacto Segurança do trabalhador
Flexibilidade de horário para o descarte dos resíduos para a população	Necessidade de remanejamento de funcionários	Reduz o risco de acidentes de trabalho
Menos funcionários para a coleta;	Custo de investimento elevado	Incentivar a cultura do cuidado com o lixo
Os resíduos (sacos de lixo) não ficam expostos na rua	Mão de obra especializada para manutenção dos equipamentos,	Satisfação da população
Horário flexível para colocar o lixo nos contêineres.	motorista-operador deve ser muito bem treinado	Melhoria da qualificação profissional
A principal vantagem para a cidade é a limpeza da via pública	Desvantagem para os moradores, que reclamam que tem que se deslocar para poder colocar o lixo no contêiner.	Treinamento para funcionário operar o caminhão de coleta
Maior segurança para o funcionário que coleta os contêineres	Desvantagem do novo é a restrição geográfica, pois não é viável a implantação em todos os locais	Melhora a gestão do processo
	Necessidade de deslocamento para depositar o lixo	Simplificação do processo de coleta
	Desvantagem do novo é a restrição geográfica, pois não é viável a implantação em todos os locais.	Maior qualificação dos funcionários.
	Os moradores devem sem informados e treinados a utilizar o sistema de coleta automatizado	Limpeza das vias públicas
	Recicladores, às vezes sujam e espalham resíduos pelo entorno	Os resíduos (sacos de lixo) não ficam expostos na rua
	A localização dos contêineres é um elemento de reclamação	Gestão do processo
		Redução de riscos aos trabalhadores
		Maior segurança no trabalho

Fonte: Próprio autor (2023).

A opinião dos gestores sobre o sistema são:

Gestor 1: “Eu o considero bastante eficiente, evidentemente alguns pontos que exige muita demanda eles precisam talvez melhor dimensionados principalmente os seletivos. Mas com relação a aceitação ele é muito bem-vindo.”

Gestor 2: “É um sistema mais moderno, já consolidado na Europa, com menos impacto ambiental e mais seguro para os profissionais operarem.”

Gestor 3: “Sistema muito prático e que facilita muito a gestão em função da automatização do processo de coleta (diminuição de mão de obra).”

4.2 Análise da opinião dos moradores

4.2.1 Cidade de Bento Gonçalves

A tabela 1, descreve as opiniões dos 35 moradores que participaram da pesquisa sobre o sistema de coleta automatiza implantado na cidade Bento Gonçalves.

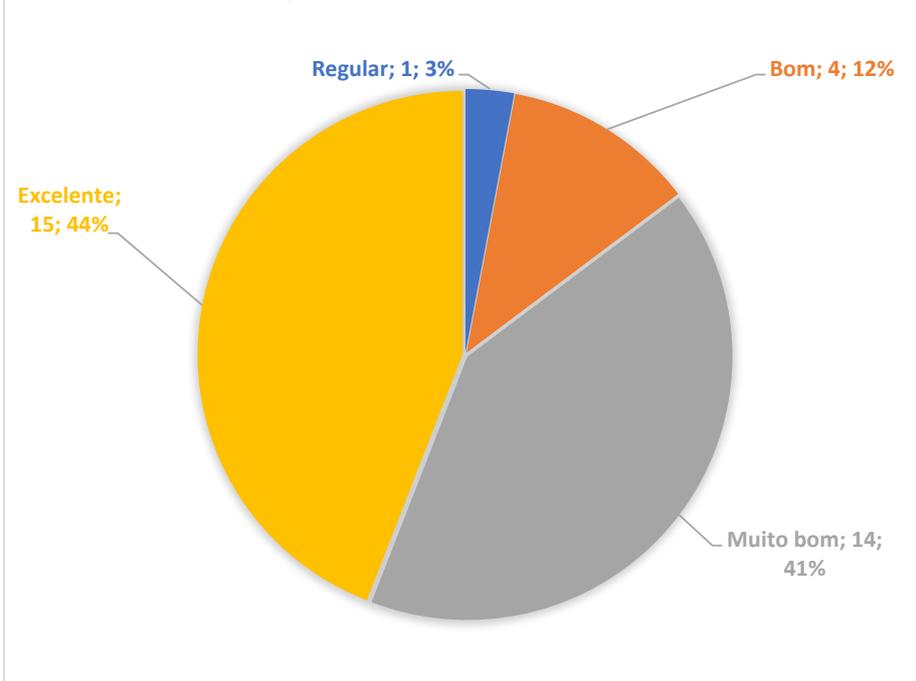
Tabela 1: Opiniões dos moradores sobre o sistema de coleta automatiza implantado na cidade Bento Gonçalves

	Pe	Ru	Re	Bo	M bo	Exc
1. Qual a sua opinião sobre o novo sistema de coleta de lixo mecanizada, implantado em seu bairro?	0	0	1	4	14	15
2. Qual a sua opinião em relação ao horário que a coleta é realizada na sua rua?	0	0	1	4	10	19
3. Qual a sua opinião sobre a frequência em que a coleta é realizada?	0	2	1	8	8	14
4. Qual a sua opinião sobre a limpeza da sua rua após a implantação do novo sistema de coleta de lixo?	0	0	3	5	9	17
5. Qual a sua opinião sobre os benefícios do novo sistema de coleta de lixo?	1	1	0	9	11	12
6. Qual a sua opinião sobre a distribuição dos containers no bairro?	1	3	3	10	6	11
7. Qual a sua opinião sobre a distância da sua casa até o container?	2	0	1	3	7	19
8. Qual a sua opinião sobre a segurança do container para a contenção do lixo?	0	0	7	0	10	18
9. Qual a sua opinião sobre o manuseio do container para dispensar o lixo?	0	2	5	1	8	16
Total marginal	4	8	22	44	83	141

Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 7: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre o sistema de coleta

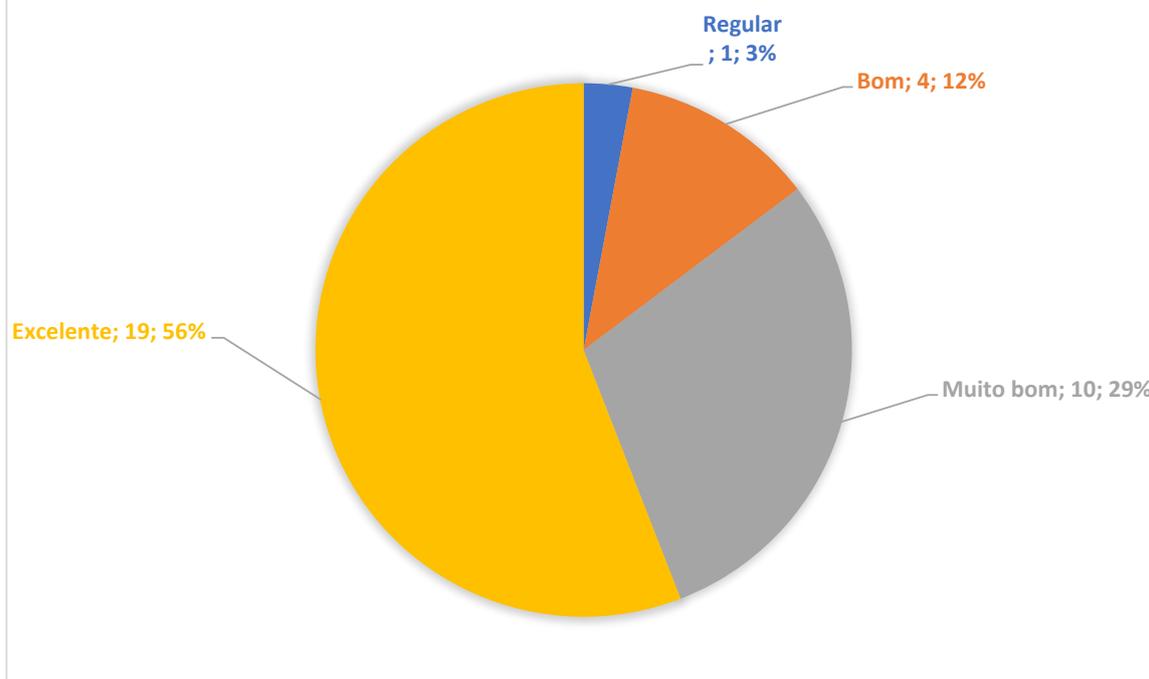
1. QUAL A SUA OPINIÃO SOBRE O NOVO SISTEMA DE COLETA DE LIXO MECANIZADA, IMPLANTADO EM SEU BAIRRO?



Fonte: Próprio autor (2023)

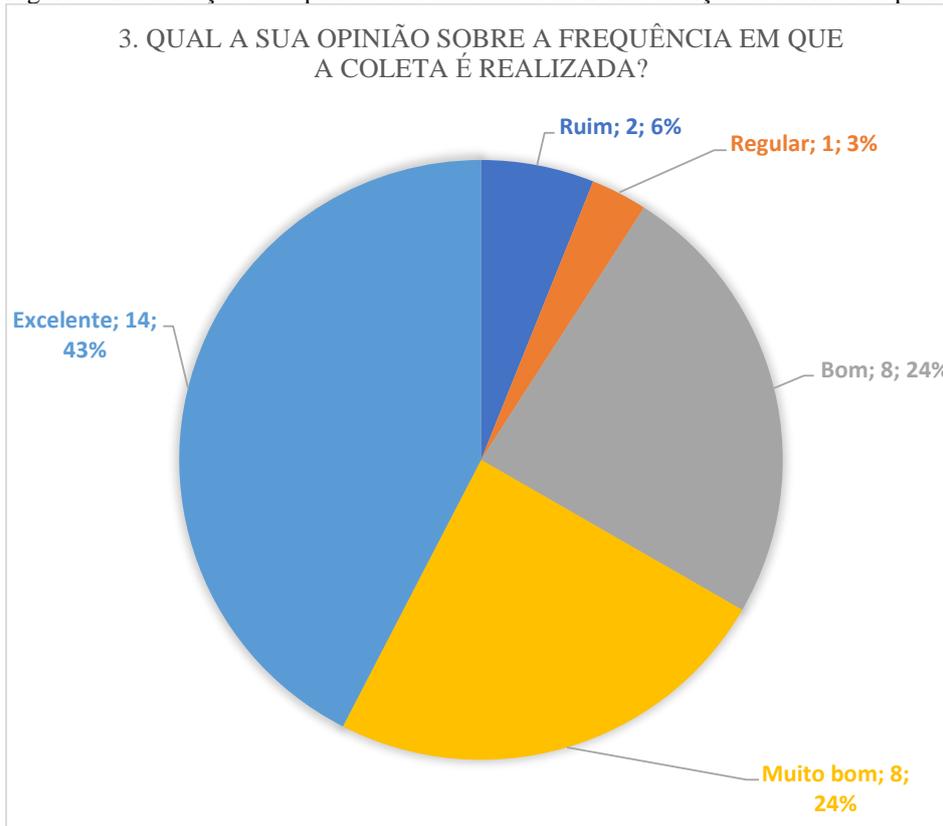
Figura 8: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre os horários de coleta

2. QUAL A SUA OPINIÃO EM RELAÇÃO AO HORÁRIO QUE A COLETA É REALIZADA NA SUA RUA?



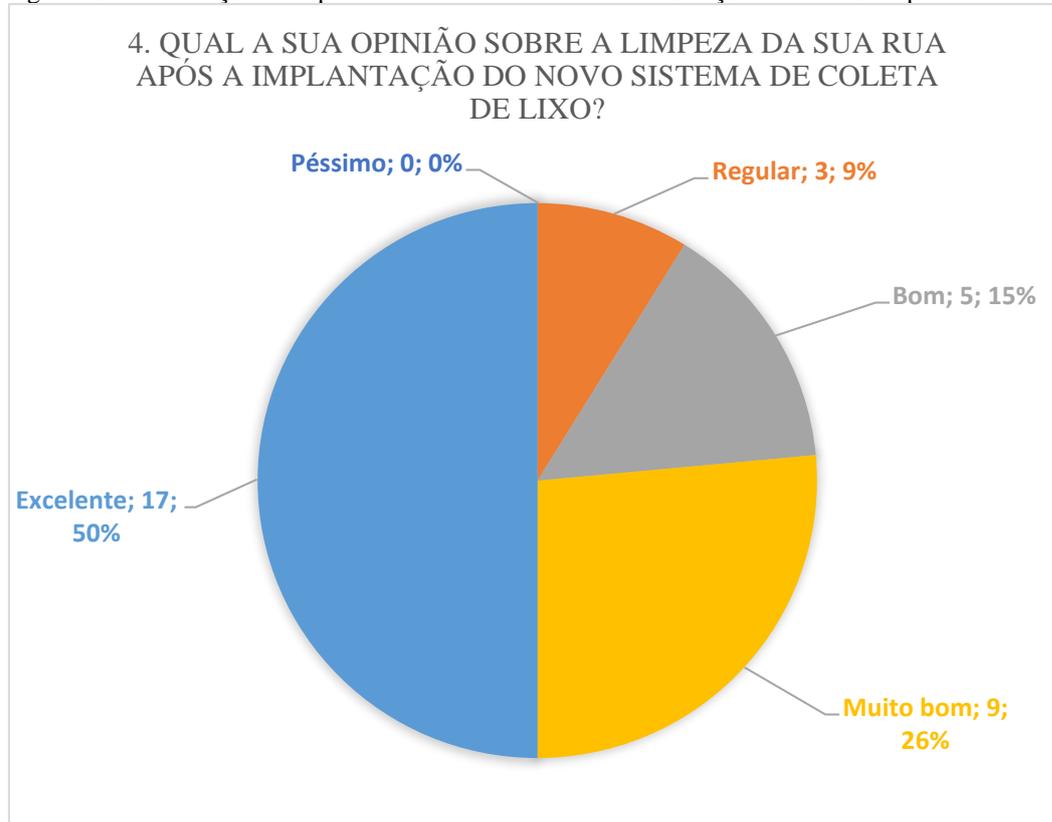
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 9: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a frequência de coleta



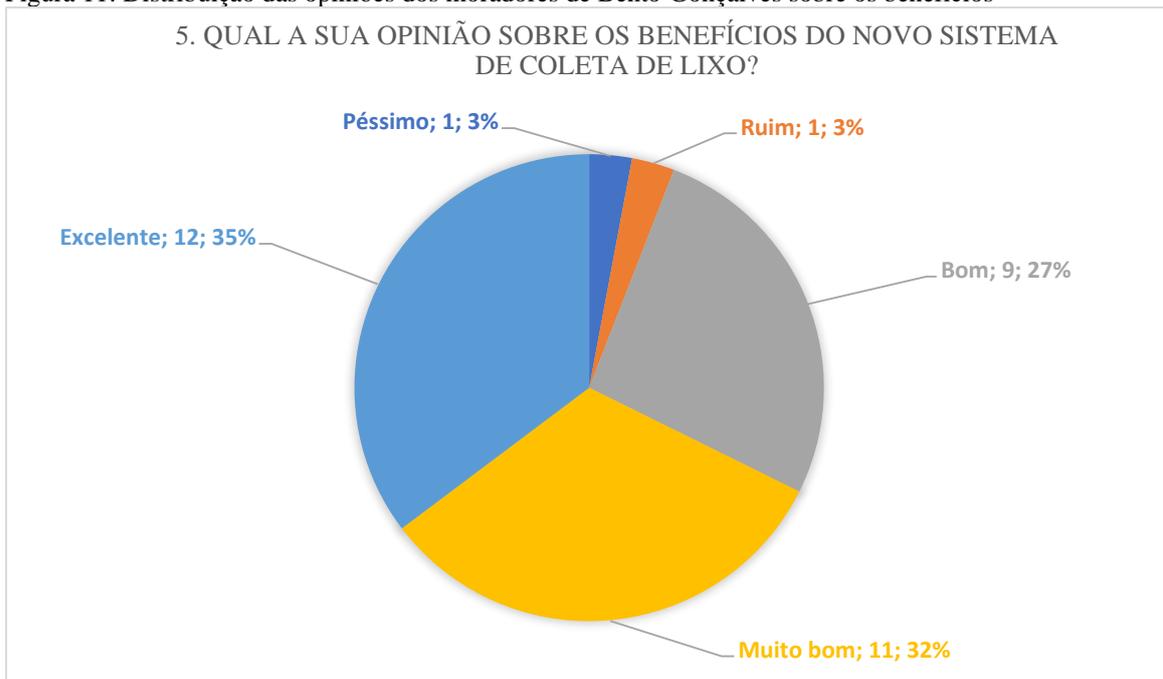
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 10: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a limpeza



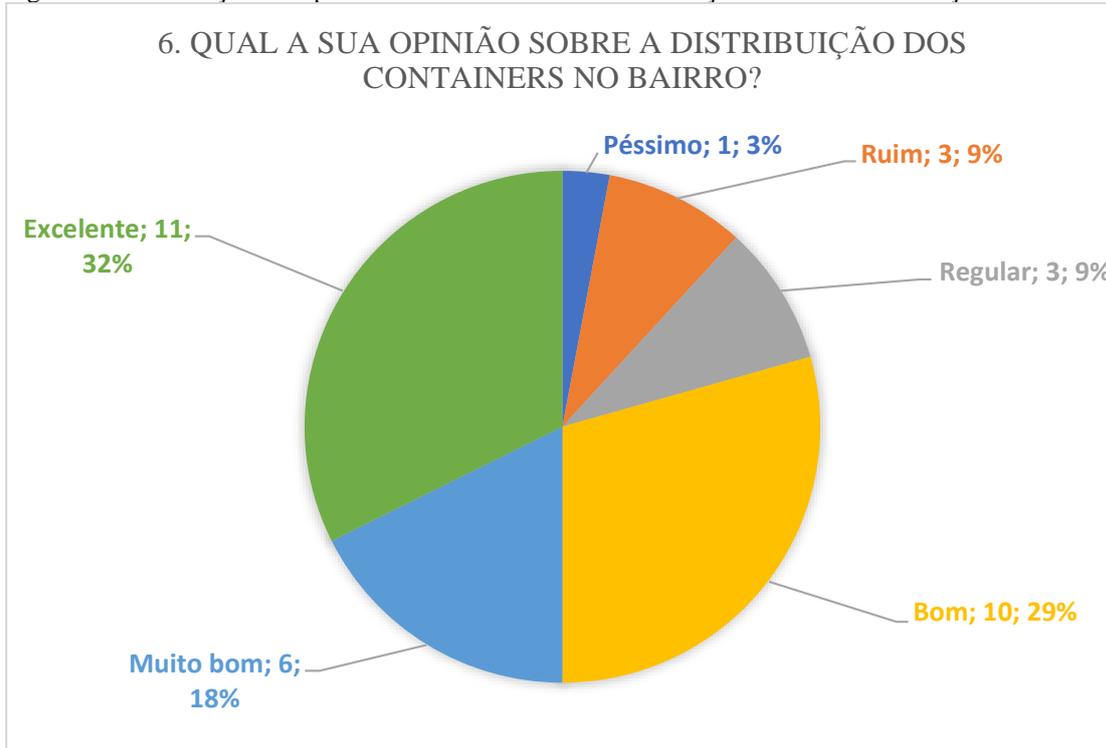
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 11: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre os benefícios



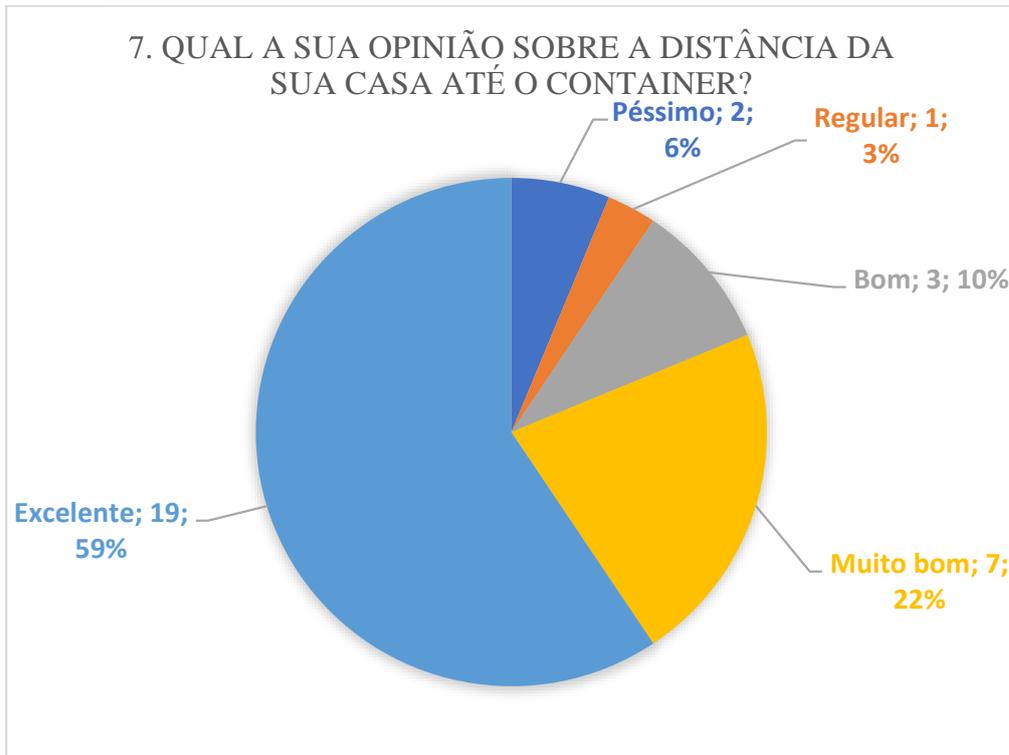
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 12: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a distribuição dos containers



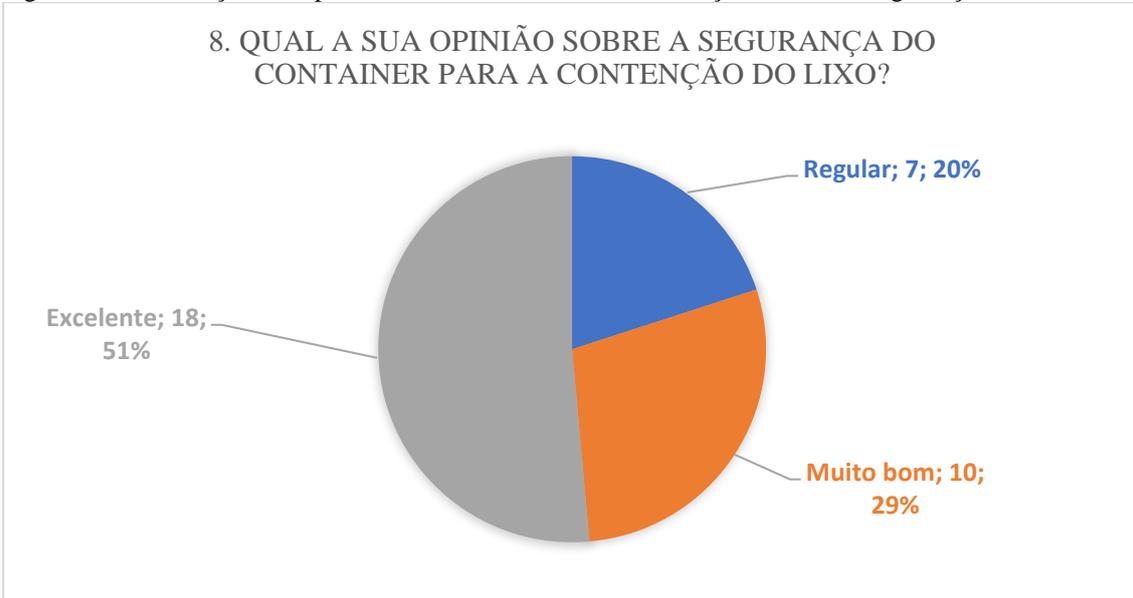
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 13: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a distância a percorrer até o container



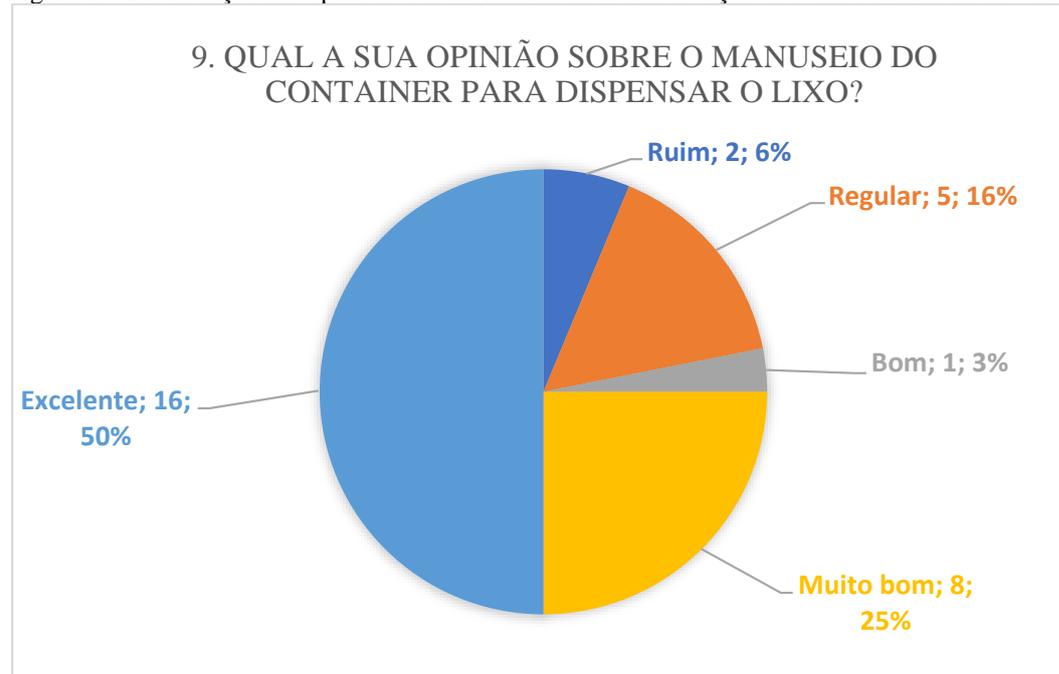
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 14: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre a segurança do container 8



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 15: Distribuição das opiniões dos moradores de Bento Gonçalves sobre o manuseio do container



Fonte: Próprio autor (2023)

Dentre as respostas dos moradores de Bento Gonçalves, apenas quatro pessoas abordadas para entrevista não quiseram responder por alegar não utilizar o sistema. O restante dos entrevistados ficou interessado na pesquisa e acharam o tema de grande relevância e foram atenciosos para responder as perguntas. A maioria dos entrevistados sugeriram mais contentores, indicando que eles gostam do sistema. Os funcionários de estabelecimentos comerciais que utilizam o sistema em seu trabalho e que não tem o sistema de coleta nos bairros em que residem alegaram que gostariam que o sistema de coleta automatizada também fosse implantado em seus bairros.

Em relação aos benefícios da coleta, os moradores alegaram que a coleta ficou mais prática e eficiente, evitando que o lixo se espalhe pelas ruas e contribuam com o entupimento das bocas de lobo, causados por animais que rasgavam os sacos que ficavam nas ruas. Assim, o resultado evidentemente, são ruas visivelmente mais limpas. Esse fator também tem consequências no meio ambiente, pois reduz a poluição dos rios e do entorno.

Alguns moradores sugeriram sistema de pedal, também para as lixeiras dos resíduos sólidos urbanos domésticos recicláveis (que são menores e não tem o pedal como os contentores dos resíduos sólidos urbanos domésticos orgânico), nos locais onde também se faz coleta seletiva.

Os moradores também comentaram, que além de aparentemente mais limpo, o sistema de coleta é mais humano, pois acumula-se menos resíduos sólidos urbanos

domésticos. Como benefícios ambientais perceberam mais limpeza e organização no descarte dos resíduos sólidos urbanos.

Durante as entrevistas, houve a oportunidade de conversar com dois moradores onde os contentores estão localizados na porta de suas casas, ambos não se incomodam com a localização, pois alegaram que os contentores em algum lugar devem ficar, porém ambos comentaram a necessidade de maior conscientização e respeito da população, que as vezes deixa os sacos de RSU domésticos do lado de fora do contentor. Um dos moradores relatou que já sofreu com o vandalismo, quando colocaram fogo no contentor. Para este morador o sistema é ótimo o problema é a falta de consciência de algumas pessoas.

Desta forma, pode-se dizer pelos relatos dos moradores, relacionados a limpeza da cidade, e diminuição de resíduos espalhados pela rua, além da praticidade do descarte de RSU, que Bento Gonçalves é um caso de sucesso na implantação do sistema de coleta automatizada, e apesar de alguns problemas com vandalismo, pode-se dizer que o sistema foi muito bem aceito pela população e funciona de forma satisfatória.

4.2.2 Cidade de Caxias do Sul

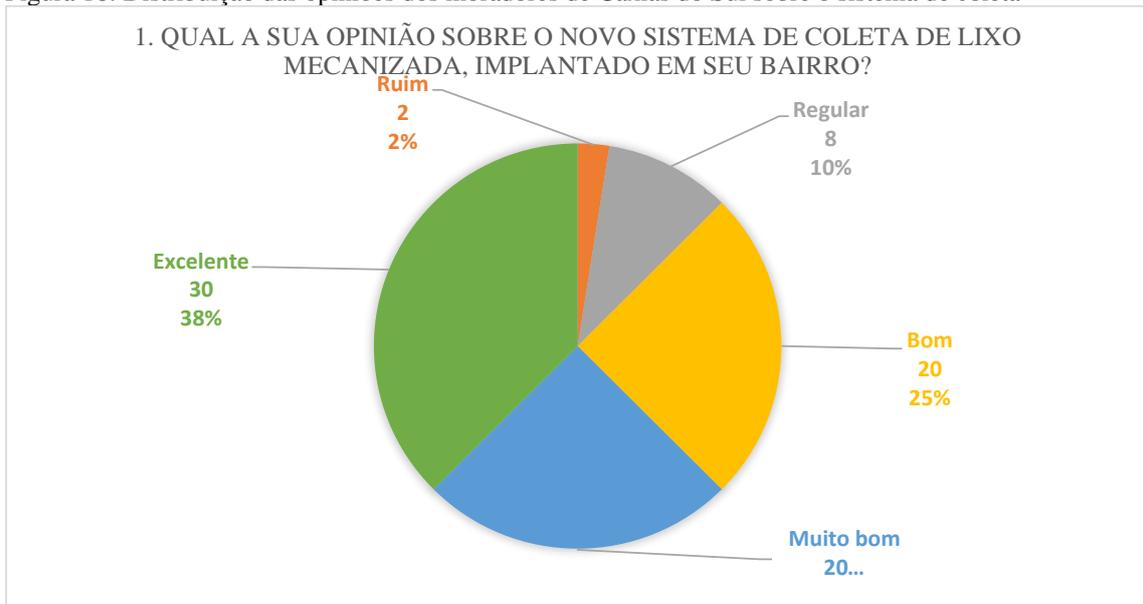
A tabela 2, descreve as opiniões dos 80 moradores que participaram da pesquisa sobre o sistema de coleta automatizada implantado na cidade Caxias do Sul-RS.

Tabela 2: Opiniões dos moradores sobre o sistema de coleta automatizada implantado na cidade Caxias do Sul

	Pes	Ru	Reg	Bom	M Bo	Exc
1. Qual a sua opinião sobre o novo sistema de coleta de lixo mecanizada, implantado em seu bairro?		2	8	20	20	30
2. Qual a sua opinião em relação ao horário que a coleta é realizada na sua rua?	1	1	16	12	20	30
3. Qual a sua opinião sobre a frequência em que a coleta é realizada?	1	5	6	24	24	20
4. Qual a sua opinião sobre a limpeza da sua rua após a implantação do novo sistema de coleta de lixo?		2	5	9	28	36
5. Qual a sua opinião sobre os benefícios do novo sistema de coleta de lixo?		4	10	21	20	25
6. Qual a sua opinião sobre a distribuição dos containers no bairro?			12	34	10	24
7. Qual a sua opinião sobre a distância da sua casa até o container?			12	24	20	24
8. Qual a sua opinião sobre a segurança do container para a contenção do lixo?	1	1	8	20	26	24
9. Qual a sua opinião sobre o manuseio do container para dispensar o lixo?			8	18	15	39
Total Marginal	3	15	85	182	183	252

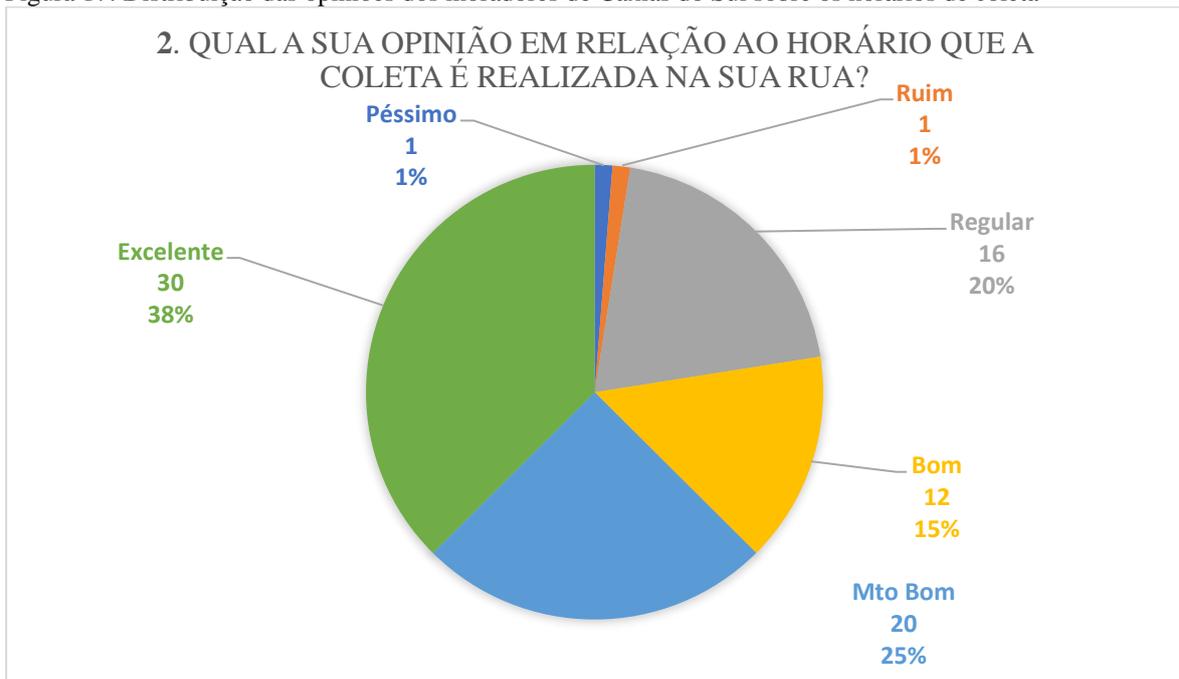
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 16: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre o sistema de coleta



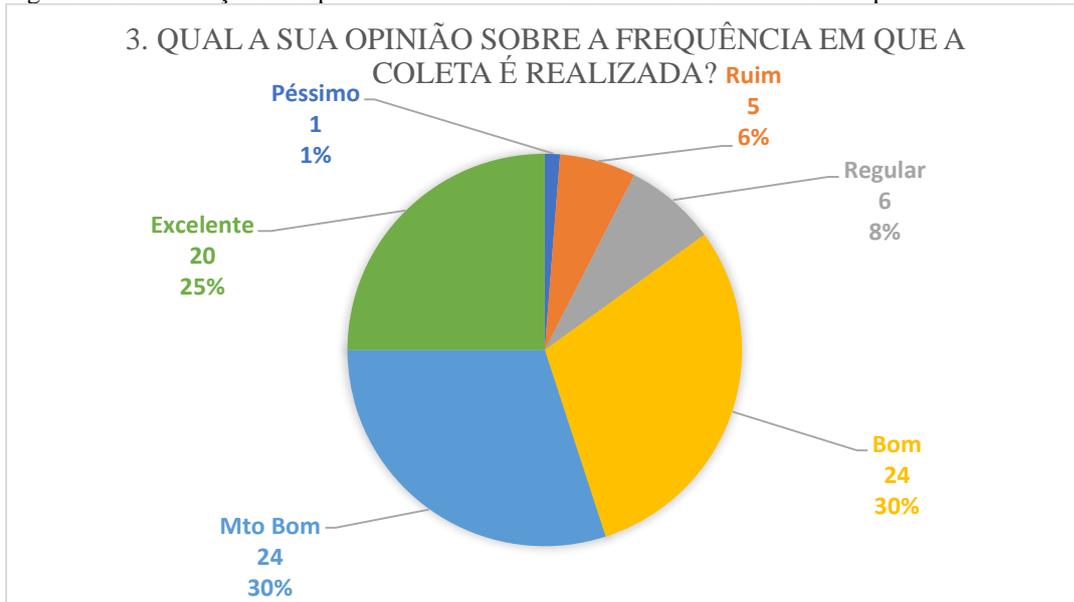
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 17: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre os horários de coleta



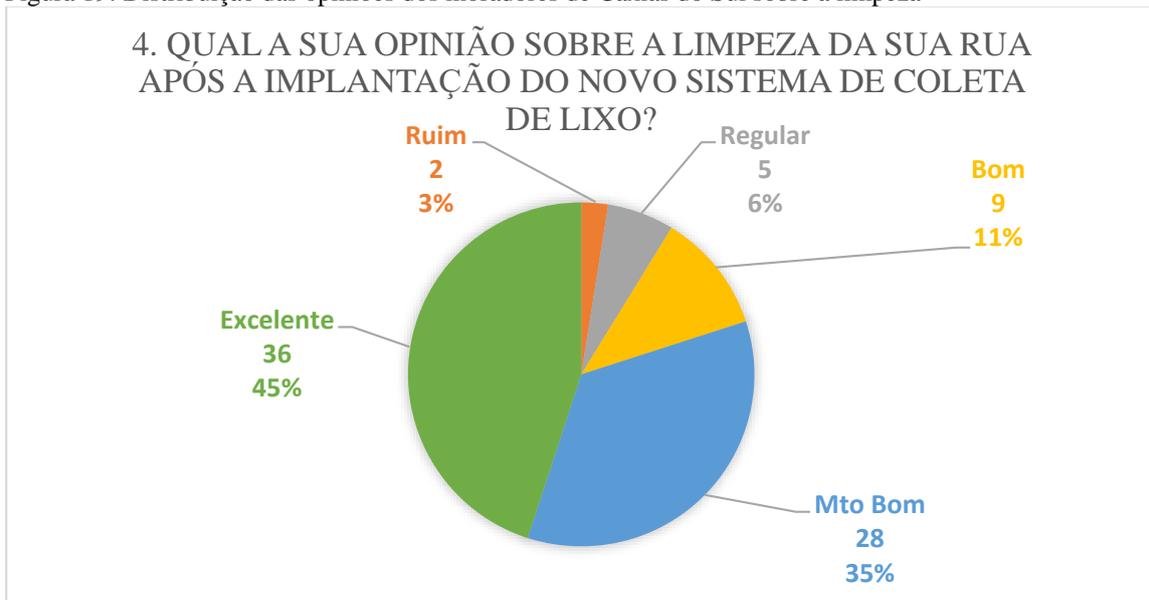
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 18: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a frequência de coleta



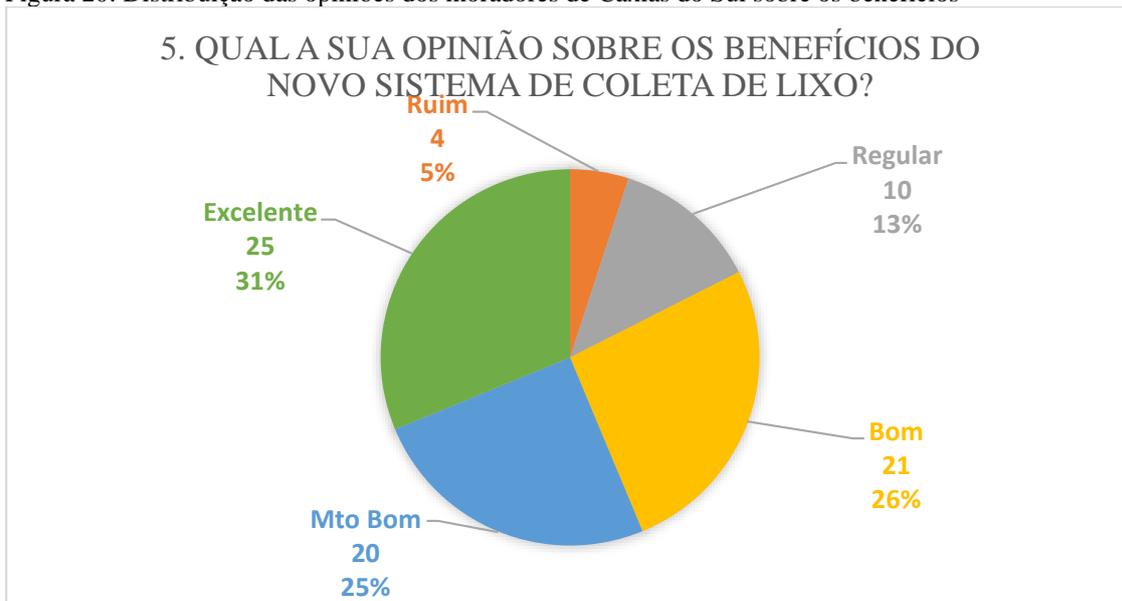
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 19: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a limpeza



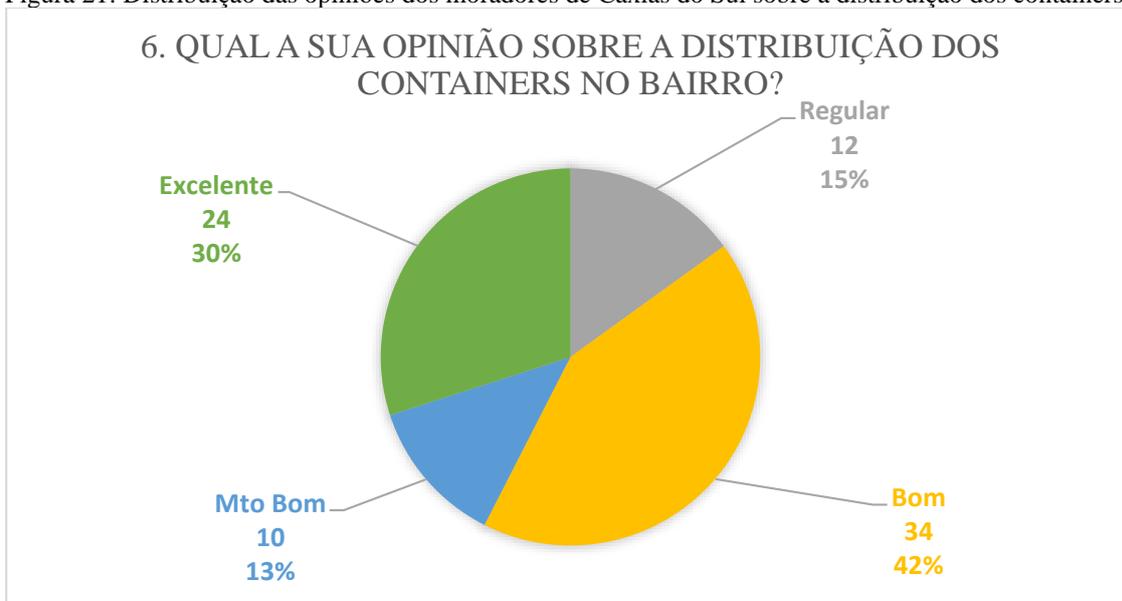
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 20: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre os benefícios



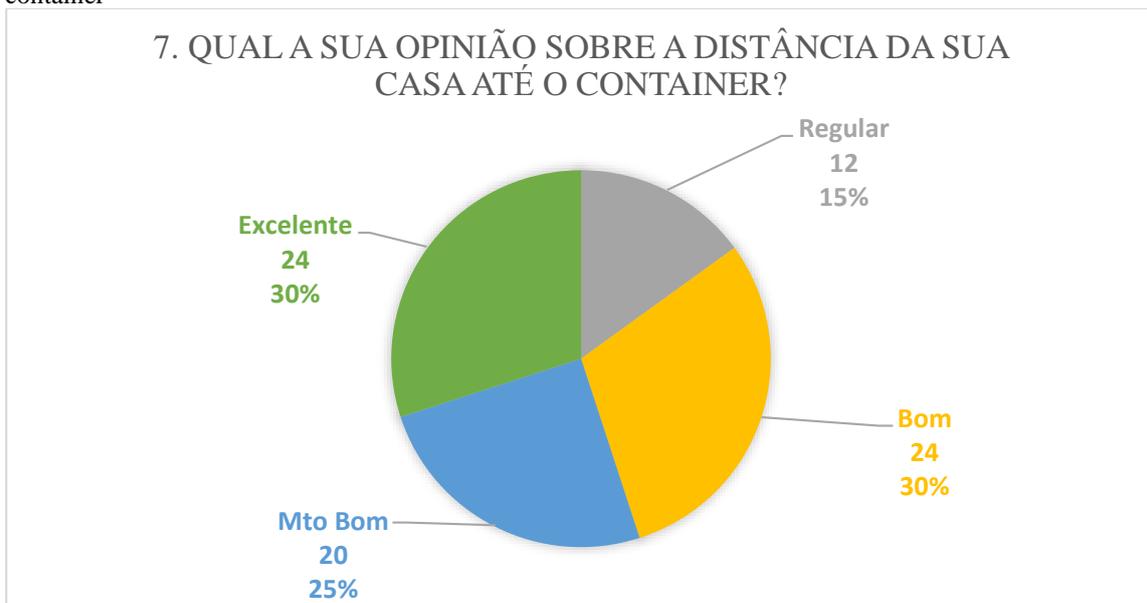
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 21: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a distribuição dos containers



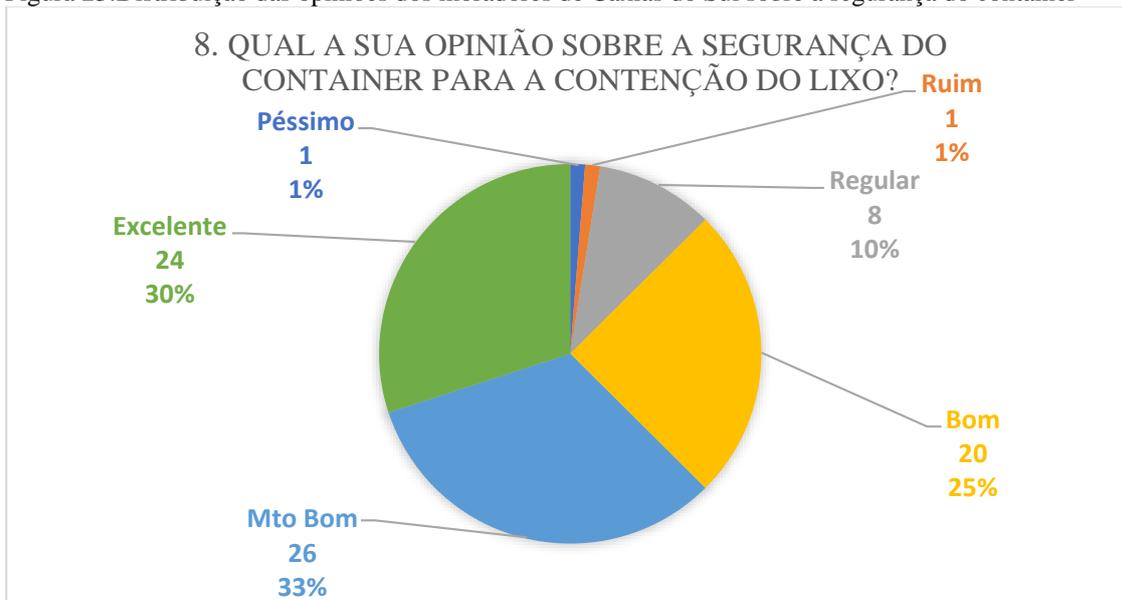
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 22: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a distância a percorrer até o container



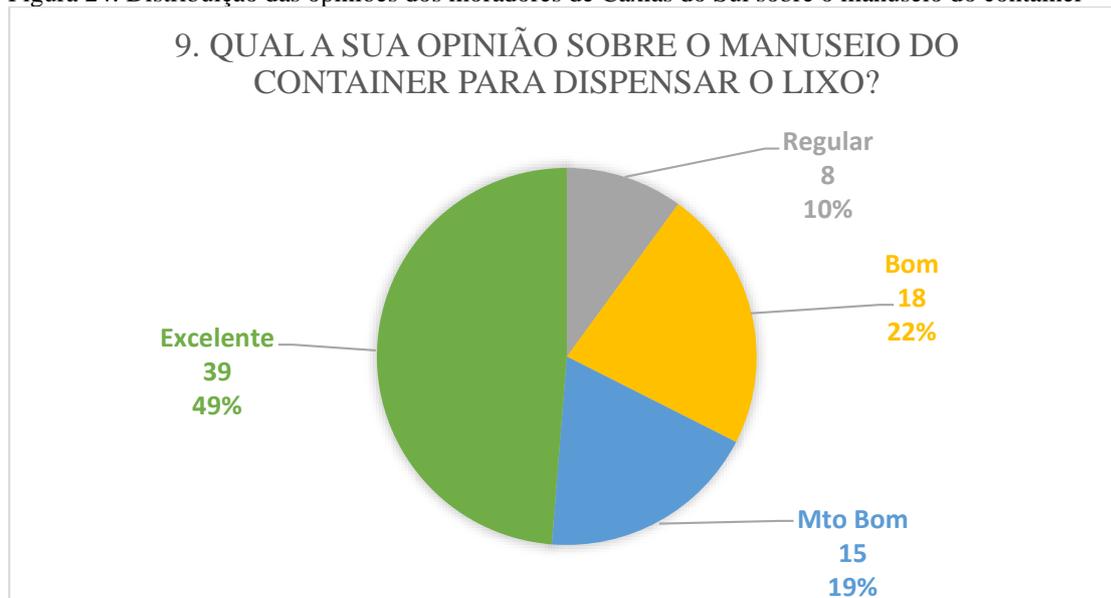
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 23: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre a segurança do container



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 24: Distribuição das opiniões dos moradores de Caxias do Sul sobre o manuseio do container



Fonte: Próprio autor (2023)

As perguntas abertas mostraram comentários positivos sobre o sistema de coleta de RSU domésticos automatizado. Os entrevistados alegaram que os contentores de resíduos sólidos ficam em um ponto só, que matem as ruas mais limpas e impede que os cachorros e gatos rasguem os sacos. A população também comentou que nas ruas onde tem a coleta automatizada, por ter os contêineres, são mais limpas em relação às ruas que tem a coleta manual. Alguns entrevistados disseram que o sistema é satisfatório e não têm reclamações e ainda contribuem com o meio ambiente. A cidade fica mais limpa e organizada, não tem resíduos sólidos urbanos domésticos espalhado nas ruas. Foi sugerido a inserção da coleta automatizada em toda cidade. Além dos benefícios e elogios também houve as mesmas reclamações da falta de comprometimento e educação da própria população usuária do sistema.

Outro ponto importante a ser destacado foi sobre a falta de manutenção nos contêineres, em alguns pontos da cidade. Além de alguns atrasos da coleta, que consecutivamente deixaram o contentor cheio, a limpeza era feita apenas a cada 15 dias, o que acarretou a insatisfação de alguns moradores com o sistema. Também houve insatisfação de moradores relacionados ao horário da coleta. Comentaram sobre a coleta acontecer as 2h30min e atrapalham o sono das pessoas que moram próximos aos contêineres.

Dessa forma, percebeu-se que a população tem boa aceitação pelo sistema de coleta de RSU automatizada, porém alguns problemas pontuais em relação ao sistema de coleta precisam ser melhorados para melhor satisfação da população.

4.2.3 Cidade de Porto Alegre

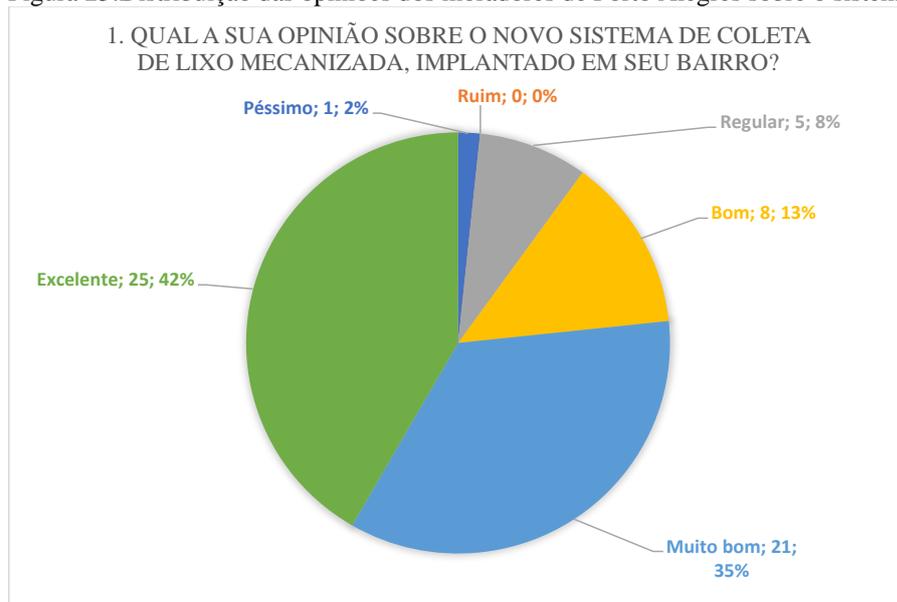
A tabela 3, descreve as opiniões dos 80 moradores que participaram da pesquisa sobre o sistema de coleta automatizada implantado na cidade Porto Alegre -RS.

Tabela 3: Opiniões dos moradores sobre o sistema de coleta automatizada implantado na cidade de Porto Alegre -RS

	Pes	Ru	Reg	Bom	Mt bom	Exc
1. Qual a sua opinião sobre o novo sistema de coleta de lixo mecanizada, implantado em seu bairro?	1	0	5	8	21	25
2. Qual a sua opinião em relação ao horário que a coleta é realizada na sua rua?	0	1	4	8	20	27
3. Qual a sua opinião sobre a frequência em que a coleta é realizada?	1	7	6	12	17	17
4. Qual a sua opinião sobre a limpeza da sua rua após a implantação do novo sistema de coleta de lixo?	1	3	7	14	17	18
5. Qual a sua opinião sobre os benefícios do novo sistema de coleta de lixo?	1	1	1	14	22	21
6. Qual a sua opinião sobre a distribuição dos containers no bairro?	1	4	11	12	17	15
7. Qual a sua opinião sobre a distância da sua casa até o container?	1	2	7	17	13	20
8. Qual a sua opinião sobre a segurança do container para a contenção do lixo?	0	0	9	15	17	19
9. Qual a sua opinião sobre o manuseio do container para dispensar o lixo?	0	3	10	7	21	19
Total Marginal	6	21	60	107	165	181

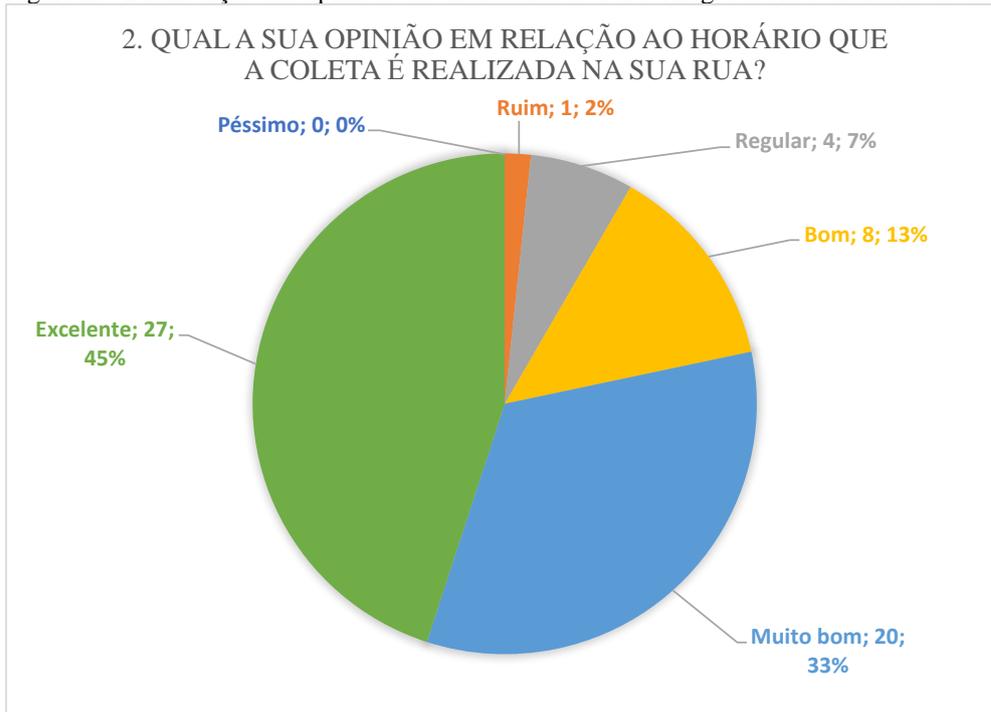
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 25: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre o sistema de coleta



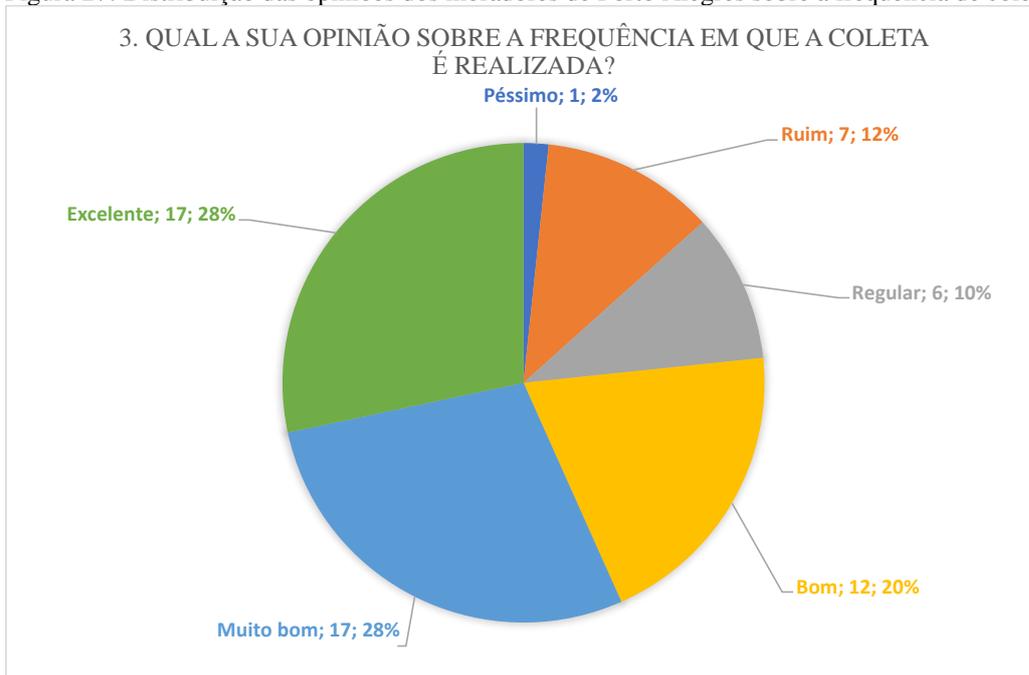
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 26: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre os horários de coleta



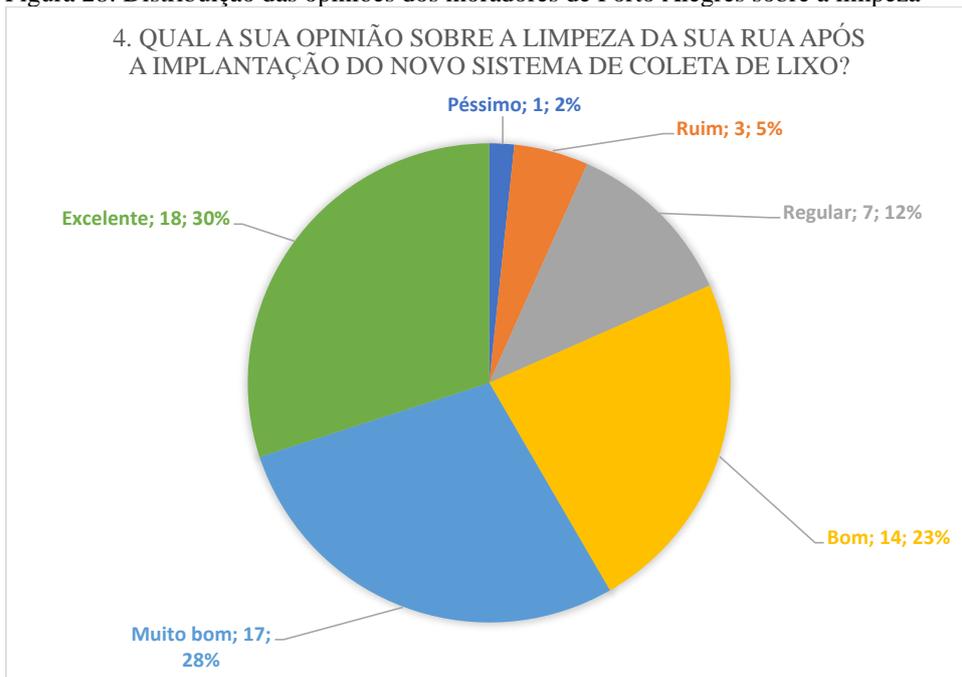
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 27: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a frequência de coleta



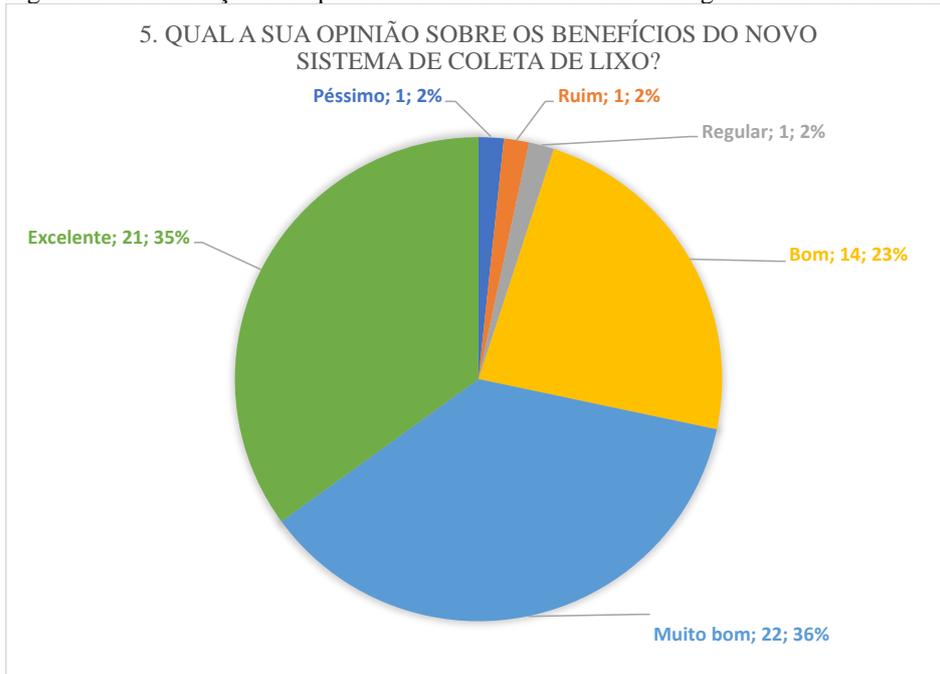
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 28: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a limpeza



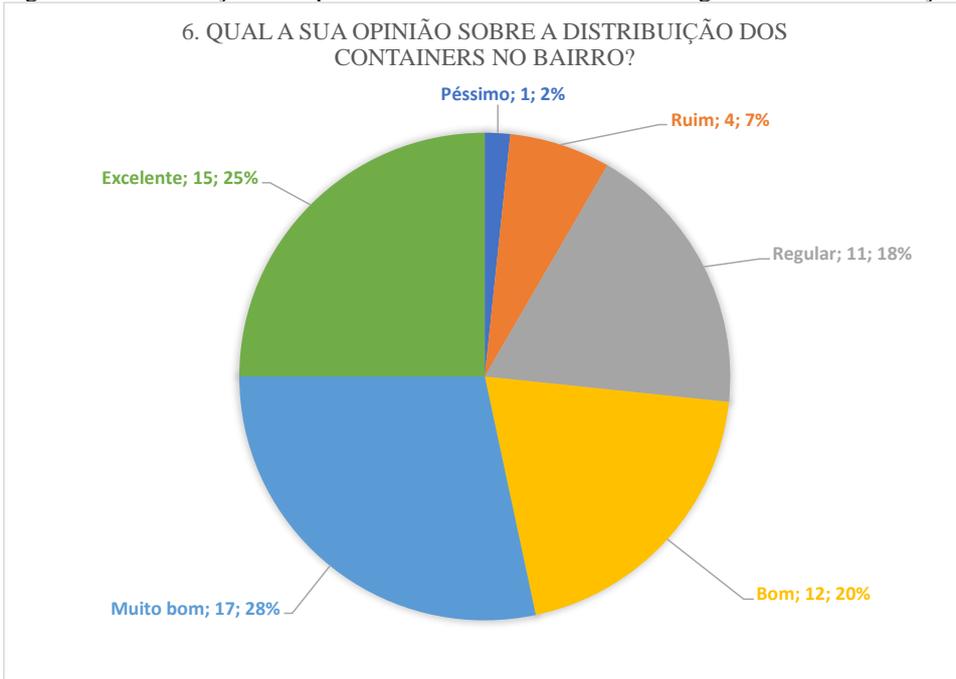
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 29: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre os benefícios



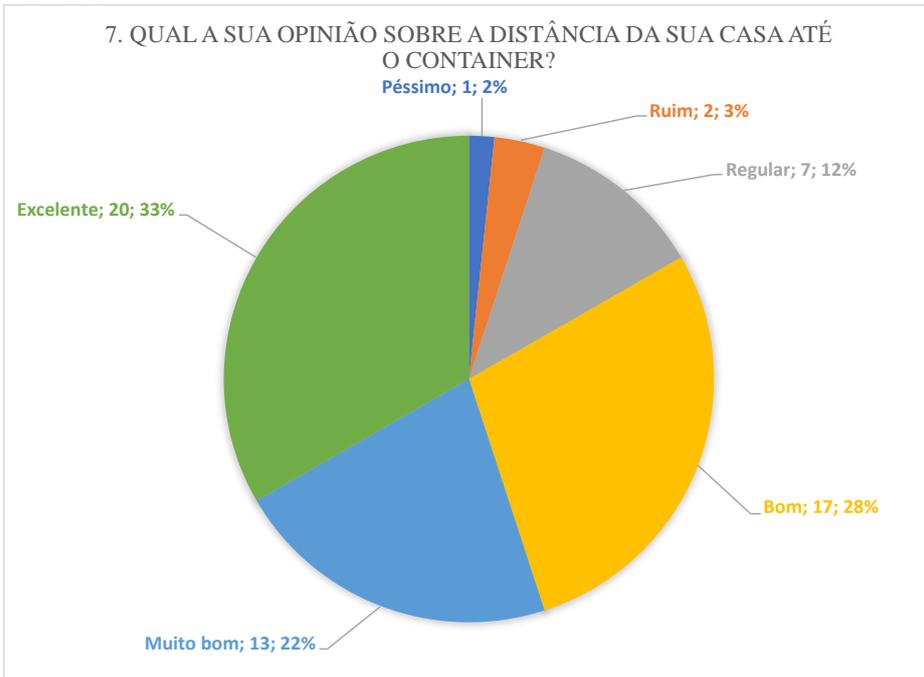
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 30: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a distribuição dos containers



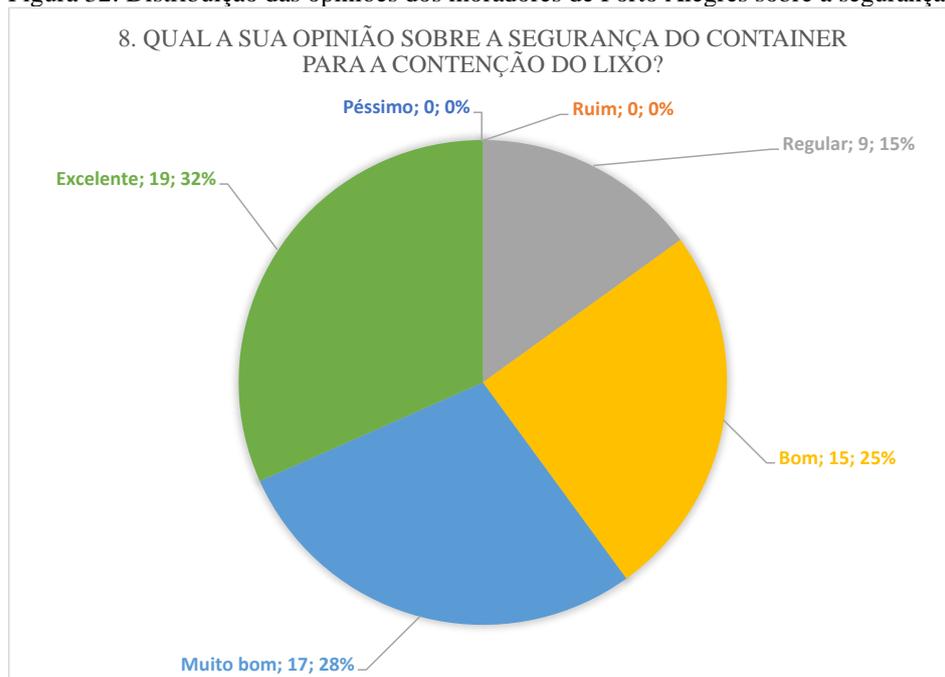
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 31: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a distância a percorrer até o container



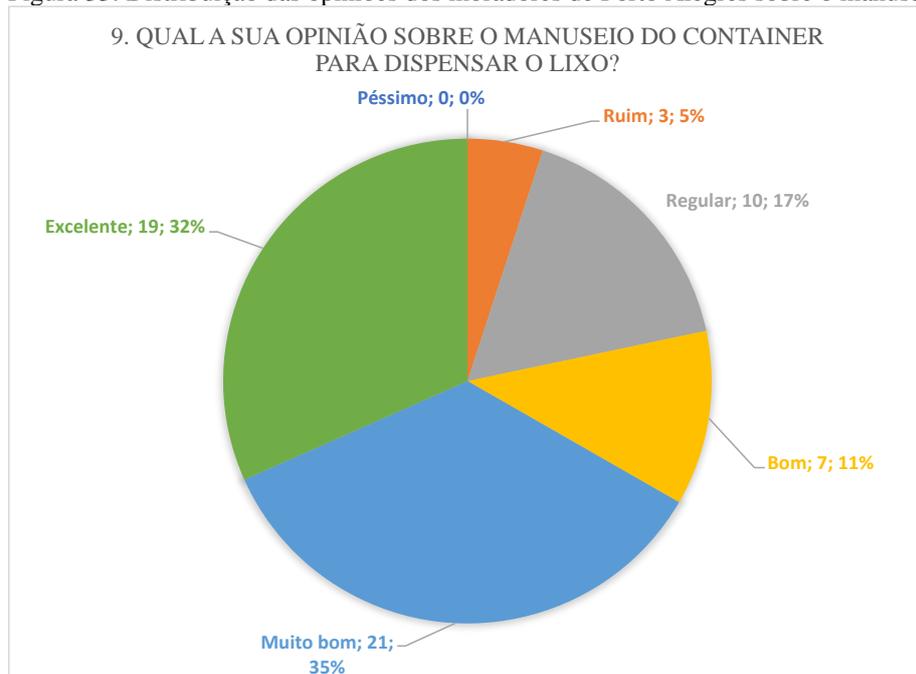
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 32: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre a segurança do container



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 33: Distribuição das opiniões dos moradores de Porto Alegre sobre o manuseio do container



Fonte: Próprio autor (2023)

Analisando os comentários dos moradores da cidade de Porto Alegre, houve relatos sobre a falta de descarte consciente, além de problema com os catadores, que vasculham os contentores em busca de material reciclável. Algumas pessoas também comentaram que o sistema é muito bom, que houve melhora de 100%, pois como colocar os lixos dentro dos contentores, acaba com o lixo esparramado. O sistema é prático e não

causa transtorno para os moradores próximos dos contentores. Todos os vizinhos cuidam dos containers e não há reclamação por parte dos vizinhos, mas o sistema sofre com os problemas de vandalismo que podem ocorrer nos contentores.

4.2.4 Comparação dos resultados das cidades Bento Gonçalves, Caxias do Sul e de Porto Alegre

Tabela 4: Resultados proporcionais ao total de respondentes das cidades Bento Gonçalves, Caxias do Sul e de Porto Alegre

	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Muito bom	Excelente	Total de respostas
Bento Gonçalves – RS	4	8	22	44	83	141	302
Caxias do Sul - RS	3	15	85	182	183	252	720
Porto Alegre - RS	6	21	60	107	165	181	540
Total por opinião	13	44	167	333	431	574	

Fonte: Próprio autor (2023)

Tabela 5: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas

	PÉSSIMO			RUIM			REGULAR			BOM			MUITO BOM			EXCELENTE		
	BG	CS	POA	BG	CS	POA	BG	CS	POA	BG	CS	POA	BG	CS	POA	BG	CS	POA
1. Opinião sobre o novo sistema de coleta de lixo mecanizada, implantado em seu bairro?	0,000	0,000	0,017	0,000	0,025	0,000	0,029	0,100	0,083	0,118	0,250	0,133	0,412	0,250	0,350	0,441	0,375	0,417
2. Opinião em relação ao horário que a coleta é realizada na sua rua?	0,000	0,013	0,000	0,000	0,013	0,017	0,029	0,200	0,067	0,118	0,150	0,133	0,294	0,250	0,333	0,559	0,375	0,450
3. Opinião sobre a frequência em que a coleta é realizada?	0,000	0,013	0,017	0,061	0,063	0,117	0,030	0,075	0,100	0,242	0,300	0,200	0,242	0,300	0,283	0,424	0,250	0,283
4. Opinião sobre a limpeza da sua rua após a implantação do novo sistema de coleta de lixo?	0,000	0,000	0,017	0,000	0,025	0,050	0,088	0,063	0,117	0,147	0,113	0,233	0,265	0,350	0,283	0,500	0,450	0,300
5. Opinião sobre os benefícios do novo sistema de coleta de lixo?	0,029	0,000	0,017	0,029	0,050	0,017	0,000	0,125	0,017	0,265	0,263	0,233	0,324	0,250	0,367	0,353	0,313	0,350
6. Opinião sobre a distribuição dos containers no bairro?	0,029	0,000	0,017	0,088	0,000	0,067	0,088	0,150	0,183	0,294	0,425	0,200	0,176	0,125	0,283	0,324	0,300	0,250
7. Opinião sobre a distância da sua casa até o container?	0,063	0,000	0,017	0,000	0,000	0,033	0,031	0,150	0,117	0,094	0,300	0,283	0,219	0,250	0,217	0,594	0,300	0,333
8. Opinião sobre a segurança do container para a contenção do lixo?	0,000	0,013	0,000	0,000	0,013	0,000	0,200	0,100	0,150	0,000	0,250	0,250	0,286	0,325	0,283	0,514	0,300	0,317
9. Opinião sobre o manuseio do container para dispensar o lixo?	0,000	0,000	0,000	0,063	0,000	0,050	0,156	0,100	0,167	0,031	0,225	0,117	0,250	0,188	0,350	0,500	0,488	0,317

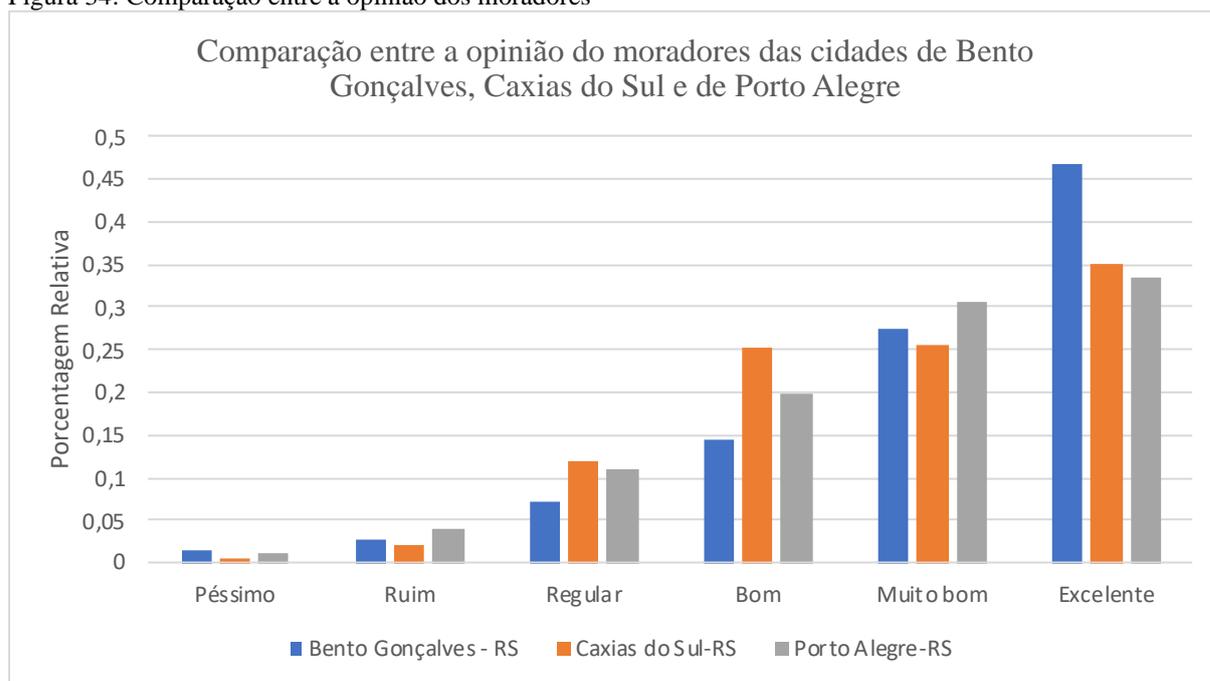
Fonte: Próprio autor (2023)

Tabela 6: Resultados proporcionais ao total de respondentes das cidades Bento Gonçalves, Caxias do Sul e de Porto Alegre

	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Muito bom	Excelente
Bento Gonçalves – RS	0,013	0,026	0,073	0,146	0,275	0,467
Caxias do Sul-RS	0,004	0,021	0,118	0,253	0,254	0,35
Porto Alegre - RS	0,011	0,039	0,111	0,198	0,305	0,335

Fonte: Próprio autor (2023)

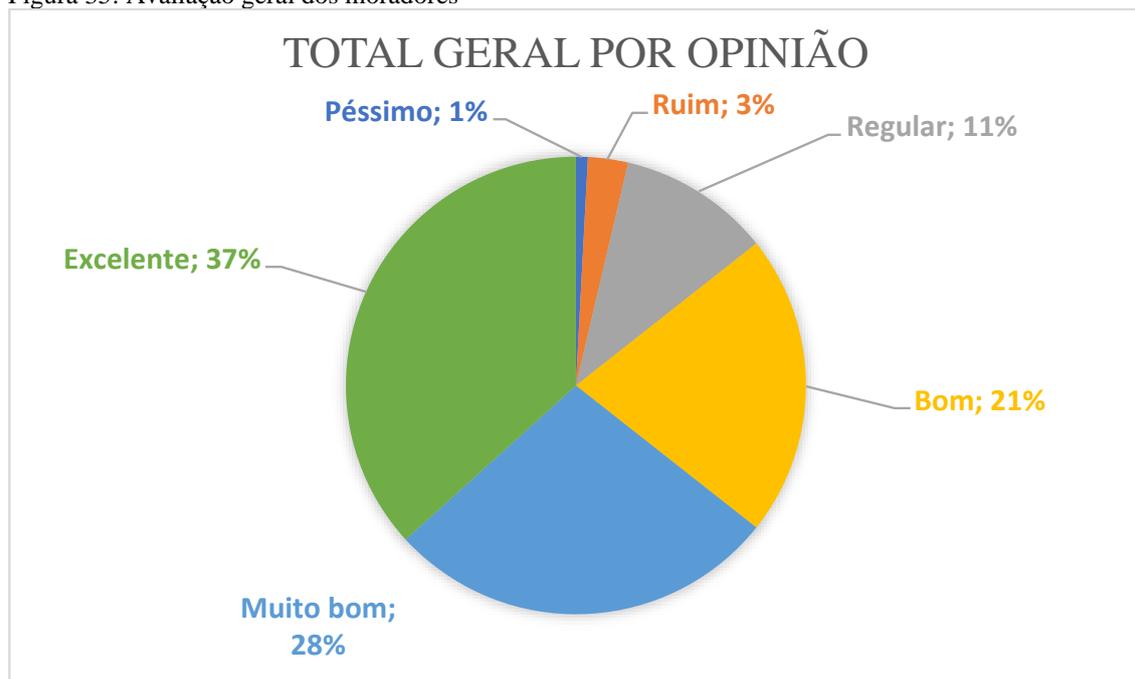
Figura 34: Comparação entre a opinião dos moradores



Fonte: Próprio autor (2023)

Verificou-se que em todas as cidades analisadas, as avaliações positivas (Bom, muito bom, Excelente), a figura 35 nos mostra mais detalhadamente a porcentagem de aceitação que nos mostra que as opiniões positivas estão em vantagem, ou seja, o sistema pode ser considerado bem aceito, pelos moradores. A menor rejeição ocorreu na cidade de Caxias do sul e maior aceitação ocorreu na cidade de Bento Gonçalves. Em relação a cidade de Porto Alegre, pode-se verificar que apesar de uma maior insatisfação (Péssimo, Ruim, Regular) da população, ainda prevalecem a opinião positiva. É importante destacar, que quanto maior a cidade, mais fatores externos podem influenciar a gestão dos resíduos e maiores os desafios para a coleta dos resíduos sólidos urbanos.

Figura 35: Avaliação geral dos moradores



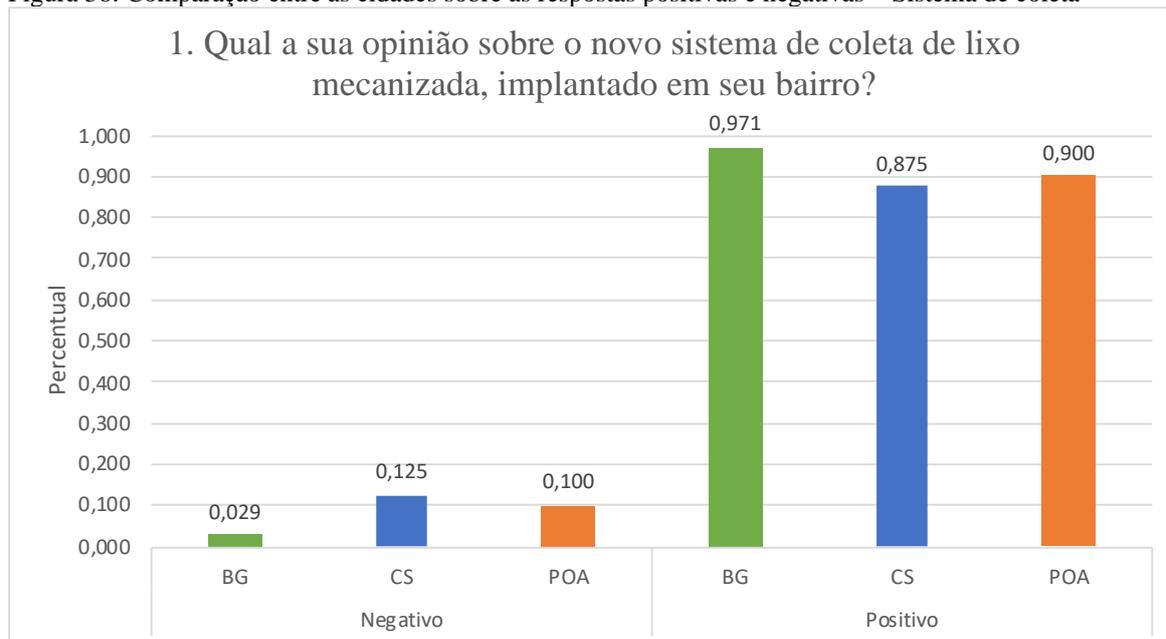
Fonte: Próprio autor (2023)

Tabela 7: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas

Questões	Negativo			Positivo		
	BG	CS	POA	BG	CS	POA
1. Qual a sua opinião sobre o novo sistema de coleta de lixo mecanizada, implantado em seu bairro?	0,029	0,125	0,100	0,971	0,875	0,900
2. Qual a sua opinião em relação ao horário que a coleta é realizada na sua rua?	0,029	0,225	0,083	0,971	0,775	0,917
3. Qual a sua opinião sobre a frequência em que a coleta é realizada?	0,091	0,150	0,233	0,909	0,850	0,767
4. Qual a sua opinião sobre a limpeza da sua rua após a implantação do novo sistema de coleta de lixo?	0,088	0,088	0,183	0,912	0,913	0,817
5. Qual a sua opinião sobre os benefícios do novo sistema de coleta de lixo?	0,059	0,175	0,050	0,941	0,825	0,950
6. Qual a sua opinião sobre a distribuição dos containers no bairro?	0,206	0,150	0,267	0,794	0,850	0,733
7. Qual a sua opinião sobre a distância da sua casa até o container?	0,094	0,150	0,167	0,906	0,850	0,833
8. Qual a sua opinião sobre a segurança do container para a contenção do lixo?	0,200	0,125	0,150	0,800	0,875	0,850
9. Qual a sua opinião sobre o manuseio do container para dispensar o lixo?	0,219	0,100	0,217	0,781	0,900	0,783

Fonte: Próprio autor (2023)

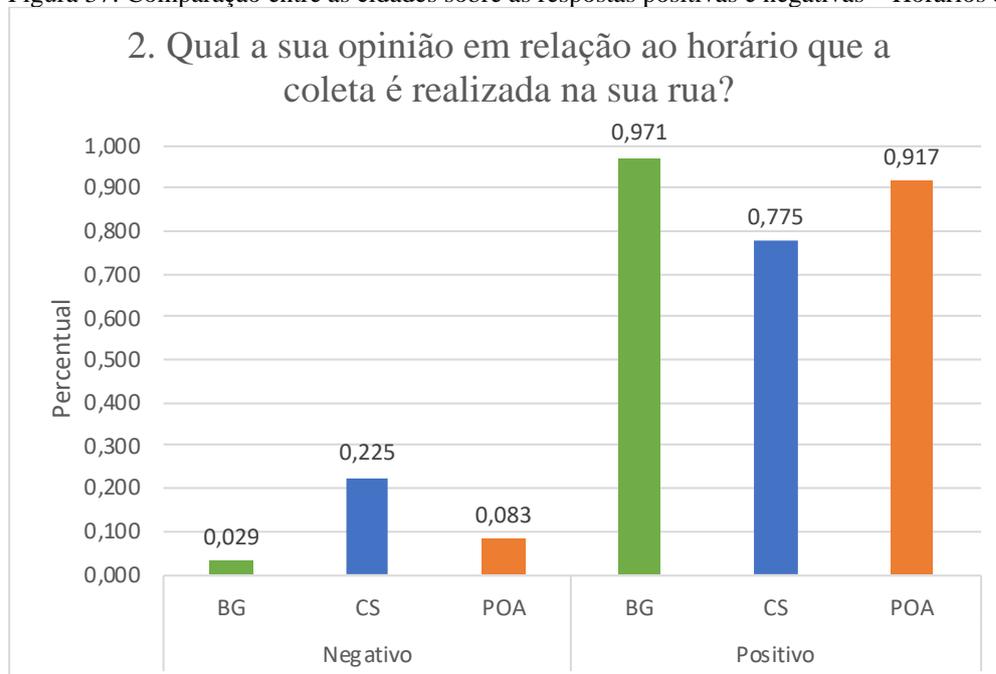
Figura 36: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Sistema de coleta



Fonte: Próprio autor (2023)

A figura 36 ilustra a opinião geral dos moradores sobre o sistema de coleta. Verificou-se que existe aprovação pelos moradores, sendo que os moradores da cidade de Caxias do Sul são os que mais indicaram insatisfação com o sistema.

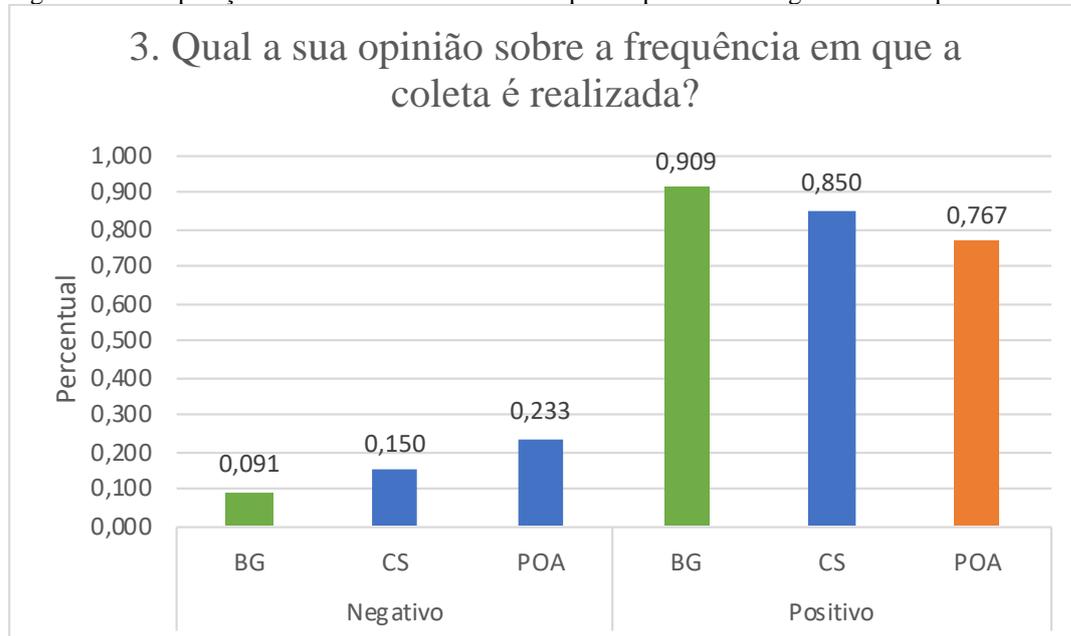
Figura 37: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Horários de coleta



Fonte: Próprio autor (2023)

Os moradores de Bento Gonçalves são os mais satisfeitos em relação ao horário de coleta, figura 37, e a de Caxias do Sul é a mais insatisfeita, que podem estar associados à localização dos containers na cidade.

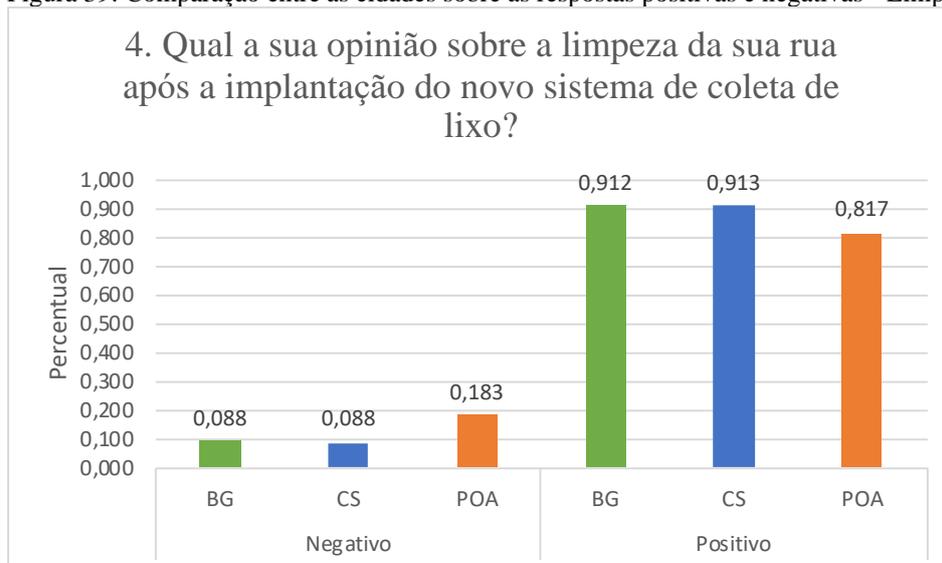
Figura 38: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Frequência de coleta



Fonte: Próprio autor (2023)

A figura 38 ilustra a opinião dos moradores em relação a frequência em que os containers são esvaziados pelo caminhão. Os moradores de Porto Alegre são os mais insatisfeitos, indicando que para cidades maiores, deve existir um estudo para ajustar a frequência da coleta dos containers, de modo que não haja risco de transbordamento do lixo.

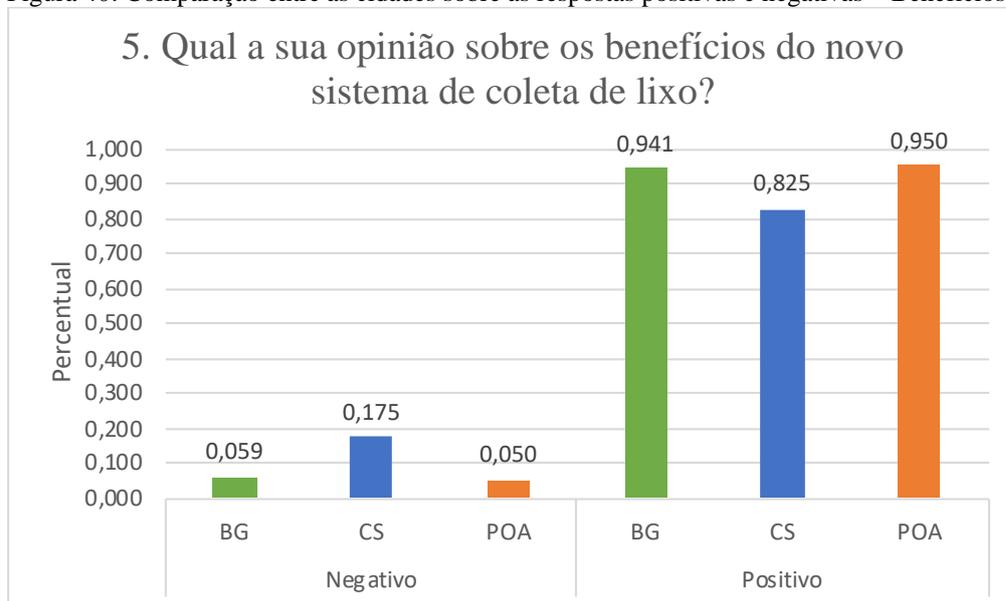
Figura 39: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas - Limpeza



Fonte: Próprio autor (2023)

A opinião dos moradores sobre a limpeza da rua, figura 39, também se mostrou muito positiva, com menor satisfação na cidade de Porto Alegre, devido a fatores externos, como a presença dos catadores de lixo, que muitas vezes tiram o lixo do container e não os coloca novamente dentro do container, ou pela super lotação do container, pelo grande volume de resíduos sólidos gerados.

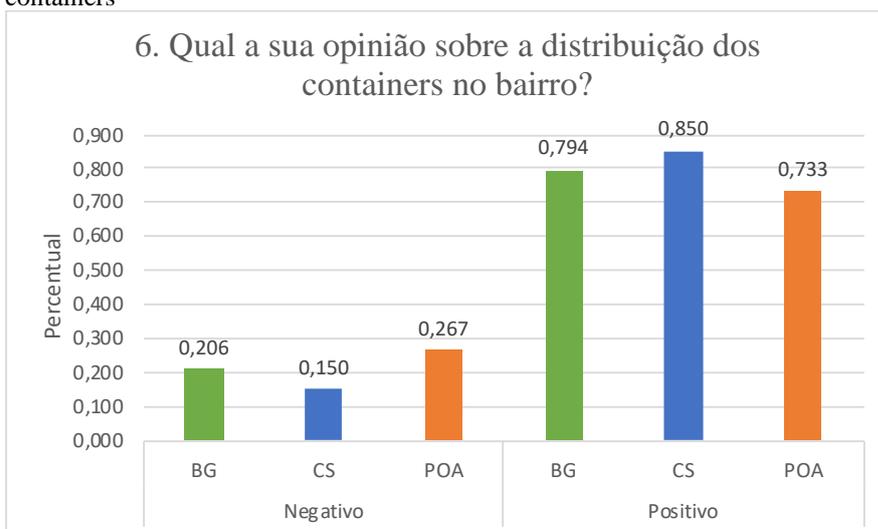
Figura 40: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Benefícios



Fonte: Próprio autor (2023)

Para a maioria dos moradores das cidades analisadas, figura 40, os benefícios do sistema de coleta automatizados são percebidos, comprovando a aprovação significativa pela população.

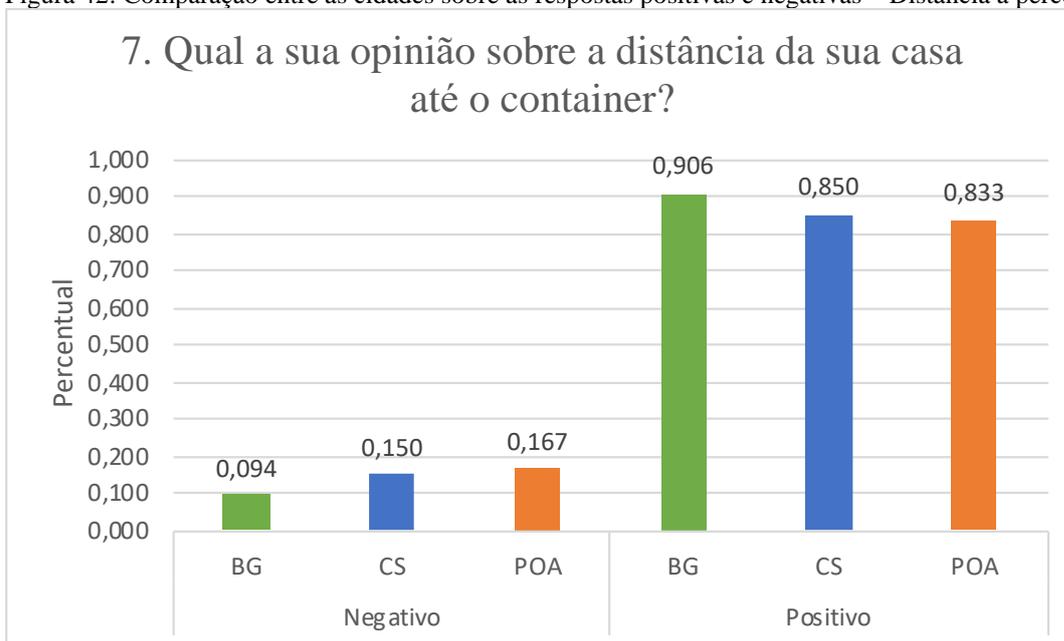
Figura 41: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Distribuição dos containers



Fonte: Próprio autor (2023).

Em relação a distribuição dos containers no bairro, figura 41, verificou-se um bom índice de aceitação, porém pelo índice negativo maior para a cidade de Porto Alegre e Bento Gonçalves, existe indicações de que há necessidade de melhorar a distribuição e a quantidade dos containers nos bairros.

Figura 42: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Distância a percorrer

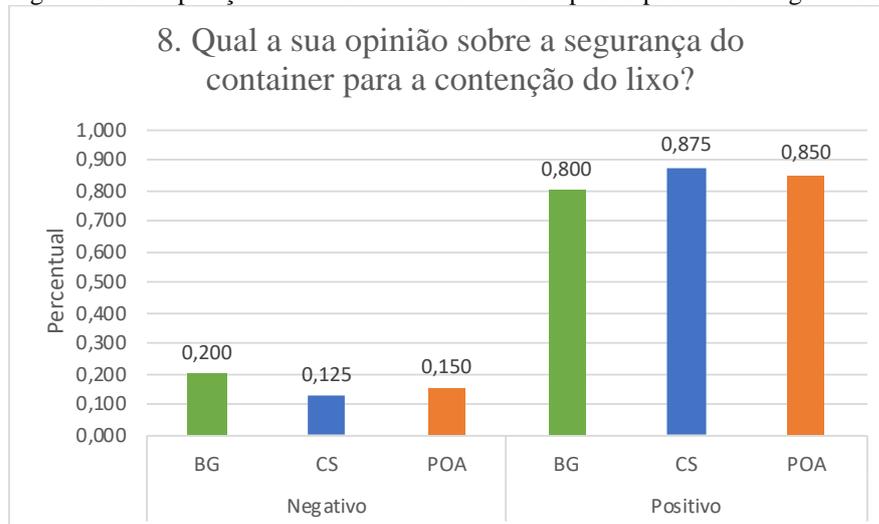


Fonte: Próprio autor (2023)

O elemento sobre a distância percorrida para o descarte do RSU doméstico também foi bem avaliado pelos moradores das cidades estudadas, como descreve a figura 42. Nas cidades de Caxias do Sul e Porto Alegre, alguns moradores sugeriram a instalação

de novos contêineres, otimizando sua localização, contribuindo para aumentar a satisfação dos moradores.

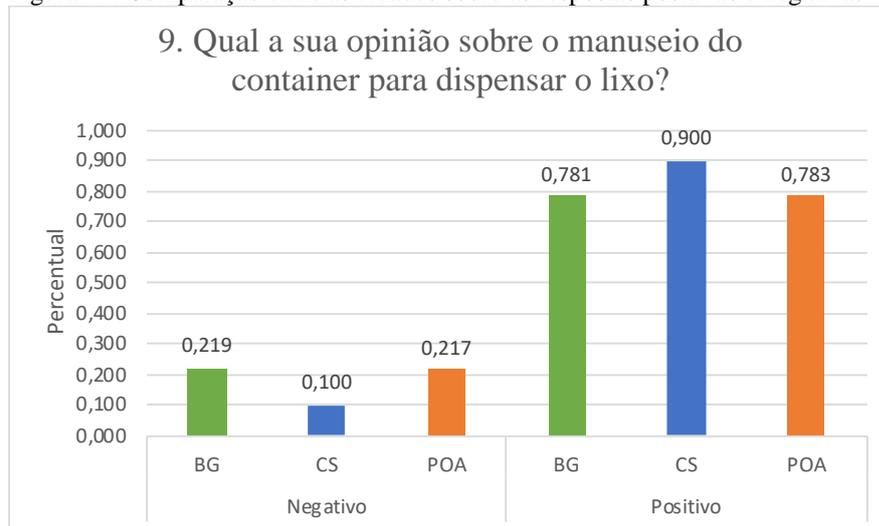
Figura 43: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas Segurança do container



Fonte: Próprio autor (2023)

Em relação a segurança dos contêineres, figura 43, indica que o descarte dos RSU doméstico é seguro para a maioria dos moradores das três cidades analisadas. Houve sugestões de manter a manutenção dos pedais de abertura do contêiner, para garantir seu bom funcionamento, para que não haja necessidade da pessoa que vai fazer o descarte tenha contato direto com o container.

Figura 44: Comparação entre as cidades sobre as respostas positivas e negativas – Manuseio do container



Fonte: Próprio autor (2023)

Em relação a questão 9, figura 44, sobre o manuseio do container, houve aprovação da população nas três cidades analisadas, pela praticidade e facilidade acesso.

Avaliação do desempenho do sistema de coleta automatiza nas cidades de Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre, a partir da opinião dos moradores foi positiva.

O quadro 4 é uma síntese de todas as informações coletadas com os gestores de Bento Gonçalves e Porto Alegre e as entrevistas com os moradores.

Quadro 4: Percepção dos moradores e gestores - Síntese das informações

Vantagens	Desvantagens	Benefícios ambientais	Benefícios sociais
Sistema moderno	Dificuldade inicial para a conscientização da população para a utilização do novo sistema.	Os resíduos recebem destinação correta, com menor risco de serem despejados nos rios.	Segurança do trabalhador
Flexibilidade de horário para o descarte dos resíduos para a população	Necessidade de remanejamento de funcionários	A coleta seletiva, implantada em conjunto, torna mais eficiente a recuperação de valor do resíduo, dentro da ideia de lixo zero da economia circular.	Reduz o risco de acidentes de trabalho
Melhora a gestão do processo	Custo de investimento elevado	Geração de novas empresas, para utilização dos resíduos como matéria prima.	Maior qualificação profissional
Menos funcionários para a coleta	Mão de obra especializada para manutenção dos equipamentos;		Satisfação com o trabalho
Os resíduos (sacos de lixo) não ficam expostos na rua e a cidade fica mais limpa	Desvantagem pela restrição geográfica, pois não é viável a implantação em todos os locais		Elimina uma atividade de alta insalubridade para o funcionário
Utilização de tecnologias para aprimoramento do serviço	Recicladores muitas vezes sujam e espalham resíduos pelo entorno		Valorização do profissional
	Desvantagem para os moradores, que reclamam que tem que se deslocar para poder colocar o lixo no contêiner		Movimentação da economia, com novos empregos tanto na área de reciclagem como no desenvolvimento de equipamentos para coleta.
			Difusão de uma cultura de cuidados com os resíduos

5 CONCLUSÕES

De acordo com o levantamento bibliográfico foi possível verificar que a evolução da indústria 4.0, com o desenvolvimento de novas tecnologias de inteligência artificial, sensores inteligentes, monitoramento, etc., podem oferecer poderosas ferramentas para a automação de serviços, como a coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos. Assim, cada vez mais a automação se difunde para diversos setores da indústria e serviços, com a intenção de praticidade para as atividades rotineiras e serão úteis para gerenciar toda a cadeia de gestão de resíduos, que necessita de ações urgentes para a manutenção do equilíbrio dos recursos naturais e dos ecossistemas da Terra. Um sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos inteligentes, segundo Prajakta et al. (2015) pode evitar o transbordamento de resíduos sólidos urbanos domésticos do recipiente em área residencial.

Desta forma, nota-se que novas tecnologias para a coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos, consistem não somente em ofertas de inovações, mas também em atender aos anseios da sociedade, preocupada com questões relacionadas ao meio ambiente, segurança, saúde e educação. Sistemas de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizado já são utilizados em cidades como Barcelona, Roma, Amsterdã, além do Chile e Uruguai e também em algumas cidades no Brasil, como Santa Maria, Porto Alegre, Bento Gonçalves e Caxias do Sul, estas três últimas, estudadas neste trabalho.

No sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos automatizado implantado em Bento Gonçalves, Caxias do Sul e Porto Alegre, os contêineres são distribuídos estrategicamente nas ruas de acordo com as necessidades da concentração populacional, para que o sistema atenda de forma satisfatória a demanda. Dessa forma percebeu-se que a coleta automatizada, além de um projeto de engenharia é também um passo inicial para melhorar nosso país em questões importantes, como buscar a formação de uma população mais consciente no descarte dos resíduos sólidos urbanos, melhorando não somente o sistema de coleta, mas o meio ambiente, de modo que tenhamos uma percepção da importância do descarte correto dos resíduos sólidos urbanos domésticos gerado, e conseqüentemente, que as futuras gerações tenham uma visão mais aprimorada de suas simples atitudes como cidadãos.

Os dados levantados mostraram existência de problemas pontuais, mas estão associados a necessidade de manutenção e outras questões de cultura, que a mudança precisa ser promovida por parte da população (descarte incorreto) e problemas sociais (grande número de moradores de rua que reviram os resíduos sólidos urbanos domésticos para procurar comida e também para vandalismo).

Em relação ao sistema de coleta automatizada percebeu-se que é eficiente e grande existe aceitação da população que utiliza o serviço, assim como pelos gestores do sistema, que acreditam no sistema de coleta como forma de atender tanto as necessidades da população, das prefeituras e também para o meio ambiente.

Em relação aos moradores das cidades analisadas percebeu-se que o sistema automatizado de coleta oferece a praticidade do serviço disponível para descarte continuamente, que facilita o cotidiano da população. Contudo, para que o ciclo se complete é necessário educar a população sobre sua responsabilidade no descarte correto dos resíduos, permitindo o aproveitamento eficiente dos materiais na reciclagem, para a recuperação de valor e para que percebam a oportunidade de construção de um mundo sem lixo em que.

Elementos importantes verificados no estudo estão associados aos benefícios sociais decorrentes do sistema de coleta mecanizado, como a maior satisfação com o trabalho, uma vez que há menor riscos associados com a manipulação de resíduos, ou seja, as atividades relacionadas com a coleta de resíduos sólidos urbanos se tornam menos insalubre. Neste contexto há valorização profissional.

Outro movimento indireto que surge com a coleta automatizada está relacionado com a movimentação da economia, com novos empregos tanto na área de reciclagem como no desenvolvimento de equipamentos para coleta.

Novas tecnologias de coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos buscam não somente incorporar inovação ao processo, mas também garantir condições posteriores para que aqueles resíduos possam ser transformados em novo material para retornar à cadeia produtiva, como insumo de valor e mudar a forma e a intensidade como utilizamos os recursos naturais não renováveis. Essa transformação é necessária e movimentaria uma grande cadeia de benefícios até a total despoluição de nossas águas. Contudo, esta transformação ainda necessita de grandes avanços, tanto em relação às tecnologias que permitam esse ciclo de recuperação do valor, como também nos modelos de gestão de resíduos sólidos urbanos.

Sendo assim, percebe-se que a coleta de resíduos sólidos urbanos domésticos, pode ser além de um projeto de engenharia, ser também um passo inicial para melhorar nosso país em questões importantes, como buscar a formação de uma população mais consciente no descarte dos resíduos sólidos urbanos, melhorando não somente o sistema de coleta, mas o meio ambiente, de modo que tenhamos uma percepção da importância do descarte correto dos resíduos gerados, e conseqüentemente que as futuras gerações tenham uma visão mais aprimorada de suas atitudes do dia a dia, em novos hábitos e uma cultura de conscientização e responsabilidade sobre a produção de resíduos.

A gestão de resíduos é um serviço de utilidade pública essencial, que deve assumir maior protagonismo no planejamento estratégico do desenvolvimento das cidades, das empresas, com vistas ao pleno retorno e aproveitamento dos produtos pós uso, estabelecendo um processo bem definido de recuperação de valor, para que seja transformado em matéria-prima secundária, ou nova fonte de energia e combustíveis, de modo que o planeta encontre um ciclo virtuoso de produção.

REFERÊNCIAS

AL-JABI, M.; DIAB, M. IoT-enabled citizen attractive waste management system. In: **2017 2nd International Conference on the Applications of Information Technology in Developing Renewable Energy Processes & Systems (IT-DREPS)**. IEEE, p. 1-5, 2017.

ANDRIANISA, H. A.; RANDRIATSIFERANA, F. M.; RAKOTOARITERA, F. Socio-economic integration of the informal recycling sector through an NGO intervention at the Andralanitra dumpsite in Antananarivo, Madagascar. **Iswa**, p. 1-4, 16 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004: resíduos sólidos: classificação**. 2004.

BIBIANO, N. R.; BIBIANO, M. P., SANTOS, M. C. S.; SILVA, M.L.F.; ALMEIDA, D.M.; IBDAIWI, T.K.R.; LOPES, L, F.D. Uma análise do nível de satisfação de comerciantes frente a um novo sistema de coleta de lixo. **Ecoinovar**, 27 set. 2013.

BRASIL, Congresso Nacional, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Câmara Legislativa**, Brasília, n.607598, 02 de ago.,2010.

BROWNING, S.; BEYMER-FARRIS, B.; SEAY, J. R. Addressing the challenges associated with plastic waste disposal and management in developing countries. **Current Opinion in Chemical Engineering**, v. 32, p. 100682, 2021.

CALIARI, T.; RUIZ, R.M.; VALENTE, M. A probabilidade de tecnológica e preferências da demanda: o caso da indústria farmacêutica. **Economia e Sociedade, Campinas**, p. 161-198, 1 abr. 2018.

CARDOZO, M. Percepção de riscos ambientais de trabalhadores catadores de materiais recicláveis em um aterro controlado do município de Duque de Caxias / RJ. **Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca - ENSP**, p. 1-108, 13 ago. 2009.

CARVALHO, J. **Poluição faz lago pegar fogo na Índia**. Exame, 2015. Disponível em: < <https://exame.com/mundo/poluicao-faz-lago-pegar-fogo-na-india/>>. Acesso em: 3 set. 2022.

CATAPRETA, C. A. A. **Comportamento de um Aterro Sanitário Experimental: Avaliação da Influência do Projeto, Construção e Operação**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, p. 1-337, 12 fev. 2008.

COLETA DE LIXO. Terracom. In: **O que é Coleta Mecanizada?** 3 jan. 2023. Disponível em: <https://www.coletadelixo.com.br/editorial/180/coleta-mecanizada/o-quee#:~:text=Coleta%20Mecanizada%20%C3%A9%20um%20sistema%20de%20coleta%20de,mesmos%20deixam%20de%20ter%20contato%20com%20o%20lixo.> Acesso em: 3 jan. 2023.

COSTA, N. R. M; OMETTO, J.P.H. B; NASCIMENTO, V.F. Roteirização dos veículos de coleta de resíduos sólidos urbanos utilizando SIG. **PIBIC/INPE/CNPq**, p. 1-35, 3 fev. 2019.

DETOFENO, T.C.; STEINER, M. T. A. Otimização das rotas de coleta de resíduos sólidos urbanos: um estudo de caso em joinville-SC. **XLI SBPO 2009 - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento**, p. 01/12/2009, 2009.

ESMAEILIAN, B. The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper. **Waste Management**, p. 177-195, 27 set. 2018.

FARRÉ, J.A.; PIZARRO, R.S.; MARTIN, M.; GASIA, J.; CABEZA, L.F.; BARRENHECHE, C.; FERNANDEZ, A.I. Case study of pipeline failure analysis from two automated vacuum collection system. **Waste Management**, v. 126, p. 643-651, 2021.

FERRÃO, C. C.; MORAES, J. A. R. Analysis of environmental risks and accidents at work in urban solid waste collection services. **Gestão & Produção**, v. 28, p. 1-20, mar. 2021.

FUNCHT, O. I.; MARHAUG, R.; KOHTALA, S.; STEINER, M. Detecting glass and metal in consumer trash bags during waste collection using convolutional neural networks, **Waste Management**, p. 30-38, 2021.

GALLEP, R. Coleta Mecanizada é tendência. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v.1, n.90, p. 34-36, 2º trimestre de 2015.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, p. 1-8, 26 abr. 2012.

GREGOLETTO, D.; ZAMPIERI, F. L. Análise do adensamento urbano e da verticalização através de ferramentas SIG: o caso de Caxias do Sul-Brasil, PNUM2018: A Produção do Território: Formas, Processos, Desígnios, p.1-11, 2018.

GUERRA, E. L. A. **Manual de pesquisa qualitativa**. Belo Horizonte: UNA, 2014.

GUPTA, P. K. The Use of Modern Technology in Smart Waste Management and Recycling: Artificial Intelligence and Machine Learning. **Recent Advances in Computational Intelligence**, p. 173-188, 24 mar. 2019.

HENRIQUES, B.; MAUTHNER, T.; HASENBICHLER, G.; AMARASINGHE, I. Garbage Collection Vehicles with Highly Automated Driving Features. **ATZ heavy Duty Worldwide**, p. 10-15, 14 fev. 2021.

HOSPITAL SÍRIO-LIBANÊS. **Sírio-Libanês é o primeiro hospital da América Latina a utilizar tecnologia de coleta a vácuo**.2017. Disponível em:< [Sírio-Libanês é o primeiro da América Latina a utilizar tecnologia de coleta a vácuo — Setor Saúde \(setorsaude.com.br\)](http://setorsaude.com.br)>. Acesso em: 03 set. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico – 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9662-censo-demografico-2010.html?t=destaques>. Acesso em: dez 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: dez 2021.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. **Publicação IPT/Cempre**, 2.163 (São Paulo), 278p, 1995.

JURAS, I. Legislação sobre resíduos sólidos: exemplos da Europa, Estados Unidos e Canadá. *In*: JURAS, Ilidia. Legislação sobre resíduos sólidos: exemplos da Europa, Estados Unidos e Canadá. Brasília/DF: **Consultoria Legislativa**, 2005. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4059908/mod_resource/content/1/AULA%204%20-%20RECOMENDADA%20legislacao_residuos_juras.pdf>. Acesso em: 3 set. 2022.

KARTHIK, M.; SREEVIDYA, L.; NITHYA D. R.; THANGARAJ, M.; HEMALATHA, G.; YAMINI, R. An efficient waste management technique with IoT based smart. **Materials Today: Proceedings**, p. 1-4, 2021.

KEERTHANA, B.; RAGHAVENDRAN, S. M.; KALYANI, S.; SUJA, P.; KALAISELVI, V. K. G. Internet of Bins: Trash Management in India, **International Conference on Computing and Communications Technologies (ICCCT)**, p. 248-251, 24, 2017.

KLEI, F. B.; DIAS, S. L. F. G.; JAYO, M. Gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: uma análise sobre o uso de TIC no acesso à informação governamental. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, p. 1-14, 10 abr. 2018.

KOTLER, P.; KELLER, I. **Administração de Marketing: A Bíblia do Marketing**, 12. ed. São Paulo: Pearson, 2006.

LAURIERI, N. L.; LUCCHESI, A.; DIGIESI, S. A Door-to-Door Waste Collection System Case Study: A Survey on its Sustainability and Effectiveness. **Sustainability**, p.1-7, 8 jul.2020.

LAVOR, A. A. A.; DA SILVA, A. C. A.; RIBEIRO, M. E. O.; TURATTI, L. Conflitos Causados pelos Lixões: Uma análise comparativa da situação do Brasil com o Município de Iguatu-CE. **Idonline**, ano 2017, v. 11, ed.

MARIA, F.; MICALE, C.; MORETTINI, E. **Impact of the pre-collection phase at different intensities of source segregation of bio-waste: An Italian case study**. Waste Management, p. 1-10, 25 abr. 2016.

MELQUIADES, J. A. R. **Modelagem para a roteirização do processo de coleta e transporte dos resíduos sólidos urbanos**. 2015.145 f. Tese (Doutorado em Transportes Urbanos) —Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento**. 11 ed. São Paulo: Hucitec, 2008.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, p. 1-124, 1 jun. 2008.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. B. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Ambiente & Água**, p. 1-14, 2015.

NORMA REGULAMENTADORA 15 (NR 15). Atividades e operações insalubres. DOU. **Portaria MTb** n°, v. 3, p. 214, 1978

OLIVEIRA, W. J. F. de. “Lixo”, Limpeza Urbana e Educação Ambiental na Implantação da Coleta Seletiva de Lixo em Porto Alegre. **ILUMINURAS**, v. 21, n. 55, p. 181-214, 2020. DOI: 10.22456/1984-1191.109261.

PAMINTUAN, M. I-BIN: An Intelligent Trash Bin for Automatic Waste Segregation and Monitoring System. **School of Information Technology Mapua University**, p. 1-5, 23 abr. 2020.

PEREIRA, A. L.; MAIA, M. P. A contribuição da gestão de resíduos sólidos e educação ambiental na durabilidade de aterros sanitários. **Periódicos Pucminas**, p. 68-80, 2012.

PIAZ, J. F. D.; FERREIRA, G. M. V. Gestão de resíduos sólidos domiciliares urbanos: o caso do município de Marau - RS. **Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA**, p. 33-47, 1 abr. 2011

POLAZ, C. N. M. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Eng Sanit Ambient**, p. 411-420, 2009.

POMPERMAYER, C.B. Sistemas de gestão de custos: dificuldades na implantação. **FAE**, p. 1-28, 1993.

PRAJAKTA, G.; KALYANI, J.; SNEHAL, M. Smart garbage collection system in residential area. **IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology**, v. 4, n. 3, p. 122-124, 2015.

RESÍDUOS sólidos urbanos no Brasil: **desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. 1 out. 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 3 fev. 2023.

RODRIGUES, U. A importância das estações de transbordo. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v.1, n.97, p.15, 2º e 3º trimestre de 2017.

ROTH, B. W. **Tópicos em educação ambiental**: recortes didáticos sobre o meio ambiente. Santa Maria: Pallotta, 1996.

SALAMBANGA, F.R.D.; WINGERT, L.; VALOIS, I.; LACOMBE, N. Microbial contamination and metabolite exposure assessment during waste and recyclable material collection. **Environmental Research**, p. 113597, 2022.

SANTIAGO, L. S. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Eng Sanit Ambient**, p. 1-10, 22 abr. 2012.

SANTOS, E. A. **Investigação das destinações dos resíduos sólidos urbanos do município de Tubarão**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso), Engenharia Civil, UNISUL, Santa Catarina, 2018.

SERVIÇOS URBANOS: **Coleta Automatizada de Resíduos**, 22 jun. 2022. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/carta-de-servicos/coleta-automatizada-de-residuos>. Acesso em: 30 jan. 2023.

SILVA, C., A.; GOYA, T. A.; PEREIRA, C. J. Impacto da Mecanização da Coleta de Lixo sobre o aporte de Carga Difusa em áreas urbanas. Estudo de caso: Butantã, São Paulo. XX Simpósio de Recursos Brasileiros Hídricos. **Anais...** p. 1-8, 27 nov. 2015.

SILVA, K. C.; ROSAS, L. S. P.; NAZARÉ, S. R. Gestão dos Resíduos Sólidos do Brasil evolução e desafios a caminho: Uma Revisão Integrativa. **Scientia Amazonia**, p. 1-15, 1 jan. 2018.

SINGH, M. Solid Waste Management in Urban India: Imperatives for Improvement. **Journal of Contemporary Issues in Business and Government**, v. 25, n. 1, p. 1-6, 2019.

SIQUEIRA, M. M. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciência saúde coletiva**, p. 1-8, 2009.

SOBRAL, M. F. F. Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na Cidade do Recife, Brasil. **TEMAS LIVRES**, p. 1-8, 24 maio 2017.

SOHAG, M. U. S.; PODDER, A. K. Smart Garbage Management System for a Sustainable Urban Life: An IoT Based Application. **Nternet of Things**, p. 1-23, 26 jun. 2020.

SOUSA, C. A. F. de; CAMPOS, J. C. B.; OLIVEIRA, B. M. de. Panorama do gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil e no Nordeste após a implementação do PNRs. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 9, n. 15, 2016. DOI: 10.17271/1984324091520161433.

SOUTO, V.S.A; LOPES, R.L. Indicadores de gestão de resíduos sólidos e sua observância obrigatória para o Estado do Rio Grande do Norte – Brasil. **Holos**, p. 2-19, 11 dez. 2019.

TANOUE, A.T.A.; BRANCO, B. H. M.; HADDAD, M.C.F. L.; MASSUDA, E. M. Capacidade para o trabalho de coletores de lixo. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.5, p. 34469- 34482, 2022.

USÓN, A. A.; FERREIRA, G.; VÁSQUEZ, D.; BRIBIÁN, I. Z.; SASTRESA, E. L. Environmental-benefit analysis of two urban waste collection systems. **Science of the Total Environment**, p. 73-77, 20 jun. 2013.

VELLOSO, M. P. Processo de trabalho e acidentes de trabalho em coletores de lixo domiciliar na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. Centro de Saúde Germano Sinval Faria, Escola Nacional de Saúde Pública, **Fundação Oswaldo Cruz**, 15 fev. 2009.

VIANA, E. Lixões são mais uma fonte de perigo para os catadores durante a pandemia. Entrevista especial com Ednilson Viana. *In: Neylsa Rocha*, 2020. Disponível em: <https://www.ihu.unisinos.br/categorias/159-entrevistas/599854-lixoes-sao-mais-uma-fonte-de-perigo-para-os-catadores-durante-a-pandemia-entrevista-especial-com-ednilson-viana>. Acesso em: 28 jan. 2023.

WM - **Waste Management FAQ**. About Waste Management & Sustainability. 2022. Disponível em:< <https://www.wmnorthwest.com/faq.html>> . Acesso em: 3 set. 2022.

YANG, Z.; LI, D. WasNet: A Neural Network-Based Garbage Collection Management System, **IEEE Access**, vol. 8, pp. 103984-103993, 2020, doi:10.1109/ACCESS.2020.2999678.

YUKALANG, N.; CLARKE, B.; ROSS, K. Barriers to effective municipal solid waste management in a rapidly urbanizing area in Thailand. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 9, p. 1013, 2017.

ZANTA, V. M. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. *In: GERENCIAMENTO Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos*, 2004. cap. 1, p. 3.

APÊNDICE A – PESQUISA QUALITATIVA

O questionário a seguir faz parte de uma pesquisa de campo realizada pela aluna do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara (UNIARA) a ser respondido pelos gestores da empresa de coleta de lixo urbano das cidades de Bento Gonçalves e Caxias do Sul, que oferecem o sistema de coleta de lixo mecanizada.

- 1) Quais as suas impressões gerais sobre a eficiência do sistema de coleta de lixo?
- 2) Por que o senhor decidiu implantar um novo sistema de coleta de lixo?
- 3) Como o senhor conheceu o sistema de coleta mecanizada?
- 4) Qual foi o primeiro local a ser implantado esse novo sistema de coleta de lixo no município?
- 5) Quais as dificuldades enfrentadas nesse processo de implantação?
- 6) Quais indicadores (utilize outra palavra mais simples) podem descrever o desempenho do sistema?
- 7) Especifique os dados para os seguintes itens a seguir:
 - a) Área de cobertura:
 - b) Volume processado:
 - c) Tempo de coleta:
 - d) Custo por coleta:
 - e) Custo de manutenção do sistema:
 - f) Custo de operação:
 - g) Distância média entre os coletores:
- 8) O que o novo sistema de coleta mudou na vida dos seus funcionários (os que estão diretamente ligados com a coleta)? (explique melhor)
- 9) O que aconteceu com os funcionários que trabalhavam coletando somente resíduos sólidos do município (os garis)?
- 10) Houve treinamento para os funcionários trabalharem com esse novo sistema de coleta mecanizada?
- 11) Quais mudanças aconteceram na empresa após a implementação do novo sistema de coleta?
- 12) Na sua opinião, quais as principais vantagens para a empresa, que o novo sistema proporcionou?

- 13) Na sua opinião, quais as principais vantagens, para os moradores, que o novo sistema proporcionou?
- 14) Na sua opinião, quais as principais vantagens, para a cidade, que o novo sistema proporcionou?
- 15) Você percebeu alguma desvantagem? Qual (is)?
- 16) Você considera que seus funcionários trabalham com mais segurança no novo sistema?
- 17) Ocorreu algum tipo de acidente com o novo sistema?
- 18) De modo geral, o senhor prefere o novo sistema ou gostaria de ter continuado com o antigo?
- 19) Como é sua relação com os moradores dos bairros?
- 20) Como foi a aceitação dos moradores quando houve a implantação do novo sistema de coleta de lixo urbano?
- 21) O que os moradores acharam do novo sistema de coleta de lixo?
- 22) Quando o sistema foi implementado houve a necessidade de fazer algum treinamento com os moradores dos bairros?
- 23) Há reclamações por parte dos moradores?
- 24) O senhor gostaria de modificar algo em relação ao novo sistema de coleta de lixo?
- 25) O senhor tem intenção de ampliar os locais com o sistema de coleta mecanizada?

APÊNDICE B – PESQUISA QUALITATIVA

O questionário a seguir faz parte de uma pesquisa de campo realizada pela aluna do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara (UNIARA) a ser respondido pelos moradores das áreas atendidas pelo sistema de coleta de lixo automatizada nas cidades de Bento Gonçalves e Caxias do Sul

Questões	Nível de Satisfação					
	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
1. Qual a sua opinião sobre o novo sistema de coleta de lixo mecanizada, implantado em seu bairro?						
2. Qual a sua opinião em relação ao horário que a coleta é realizada na sua rua?						
3. Qual a sua opinião sobre a frequência em que a coleta é realizada?						
4. Qual a sua opinião sobre a limpeza da sua rua após a implantação do novo sistema de coleta de lixo?						
5. Qual a sua opinião sobre os benefícios do novo sistema de coleta de lixo?						
6. Qual a sua opinião sobre a distribuição dos containers no bairro?						
7. Qual a sua opinião sobre a distância da sua casa até o container?						
8. Qual a sua opinião sobre a segurança do container para a contenção do lixo?						
9. Qual a sua opinião sobre o manuseio do container para dispensar o lixo?						

10. Qual a sua opinião sobre os benefícios do novo sistema implantado no seu bairro?

ANEXO A – Respostas dos Gestores referente ao questionário do Apêndice B

Questão	Bento Gonçalves	Porto Alegre
Quais as suas impressões gerais sobre o sistema de coleta de lixo?	É um sistema mais moderno, já consolidado na Europa, com menos impacto ambiental e mais seguro para os profissionais operarem.	Sistema muito prático e que facilita muito a gestão em função da automatização do processo de coleta (diminuição de mão de obra).
Por que o senhor decidiu implantar um novo sistema de coleta de lixo?	Pelos motivos acima, e por reduzir o risco de questões trabalhistas.	A vantagem desse sistema é proporcionar ao munícipe, a possibilidade de disponibilizar seu resíduo em qualquer horário no contêiner. Para o operador do sistema, ele tem um custo mais elevado de investimento, mas em contra partida o custo de mão de obra é muito menor (inclusive o passivo trabalhista pois na coleta convencional o risco de acidentes é muito elevado).
Como o senhor conheceu o sistema de coleta mecanizada?	Devido solicitação da prefeitura de Porto Alegre, fomos em busca fornecedores que poderiam atender a essa demanda.	Conheci esse sistema aqui no Rio Grande do Sul, estado que é pioneiro nesse tipo de serviço.
Qual foi o primeiro local a ser implantado esse novo sistema de coleta de lixo?	Primeiramente foi implantado na cidade de Porto Alegre, RS. Após implementamos na área central da cidade de Bento Gonçalves, onde estamos aumentando a cobertura desse serviço.	Acredito que tenha sido no interior do Estado através da empresa Conesul.
Quais as dificuldades enfrentadas nesse processo de implantação?	Principalmente a conscientização da população para utilização do novo sistema	As maiores dificuldades para implantar esse serviço em novos municípios, é conscientizar o munícipe a levar seu resíduo até o contêiner.
Quais os indicadores podem descrever o desempenho do sistema?	Aceitação da população que busca aumentar a área de implementação.	Ton/hora, Ton/contêiners, Contêiners/hora, dentre outros
O que o novo sistema de coleta mudou na sua vida dos seus funcionários (os que estão diretamente ligados com a coleta)?	Tiveram um ganho de qualificação profissional.	Melhores condições de trabalho, regularidade de horários.
O que aconteceu com os funcionários que trabalhavam coletando esse lixo (os garis)?	Foram remanejados para outras zonas.	Acabam exercendo outras funções em outras empresas (limpeza urbana).
Houve treinamento para os funcionários trabalharem com esse novo sistema de coleta mecanizada?	Sim. Para o motorista.	Sim, o motorista é um operador do sistema. Deve-se realizar um treinamento bem específico para operar de forma adequada o equipamento.
Quais as mudanças aconteceram na empresa após a implementação do novo sistema de coleta?		Na realidade, as mudanças que ocorrem são de gestão. O motorista deve ser melhor qualificado, para diminuir a incidência de problemas operacionais (quebra de equipamento, danos em contêiners, dentre

		outros). Já a variável coletor, não existe nesse sistema. Dessa forma não ficamos dependendo dessa mão de obra (alto índice de absenteísmo, rotatividade, acidentes, dentre outras características).
Na sua opinião, quais as principais vantagens, para a empresa, o novo sistema proporcionou?	Menos funcionários. Melhor qualificação dos funcionários envolvidos.	Mencionadas acima.
Na sua opinião, quais as principais vantagens, para os moradores, o novo sistema proporcionou?	Mais limpeza, pois não os resíduos não ficam ao ar livre. Horários livres para colocar o lixo na lixeira.	Mencionadas respostas item 2.
Na sua opinião, quais as principais vantagens, para a cidade, os novos sistemas proporcionaram?		Em Porto Alegre, o município remunera por volume útil de contêiner disponibilizado nas vias (+ reserva técnica). Dessa forma a tarifa é fixa. Não existe variação por geração de resíduos – melhor gestão de provisionamento de recursos.
Você percebeu alguma desvantagem? Qual (is)?	Alguns moradores reclamam que tem q se deslocar mais para poder colocar o lixo fora.	Mão de obra especializada para reparo equipamentos, motorista-operador deve ser muito bem treinado, custo de investimento elevado.
Você considera que seus funcionários trabalham com mais segurança no novo sistema?	Com certeza.	Com certeza.
Ocorreu algum tipo de acidente com o novo sistema?	Nenhum,	Até hoje não. O risco de acidente de trabalho praticamente não existe. Pode ocorrer acidente de trânsito.
De modo geral, o senhor prefere o novo sistema ou gostaria de ter continuado com o antigo?	O novo é muito melhor, porém, na cidade de Bento Gonçalves, devido a nossa geográfica, não é viável a implantação em todos locais.	Novo sistema, desde que a cidade consiga comportar esse custo.
Como é sua relação com os moradores dos bairros?	Muito boa.	Boa, é medido via 156.
Como foi a aceitação dos moradores quando houve a implantação do novo sistema de coleta de lixo urbano?	Muitas poucas reclamações. Mais relacionadas a localização dos containers	O sistema já está consolidado em Porto Alegre.
O que os moradores acharam do novo sistema de coleta de lixo?	Gostam muito. Inclusive solicitam que seja aumentada a área de coleta automatizada.	Esse sistema já opera faz um bom tempo na cidade. População não cogita outra alternativa.
Quando o sistema foi implementado houve a necessidade de fazer algum treinamento com os moradores dos bairros?	Sim. Foi feita através da secretaria do meio ambiente.	Com certeza, vide resposta item 5.
Existem reclamações dos moradores?	Muitas poucas reclamações. Mais relacionadas a localização dos containers	Sim, geralmente pelo posicionamento de alguns contêiners, e em função de recicladores de resíduos que acabam danificando e sujando o entorno.
O senhor gostaria modificar algo em relação ao novo sistema de coleta de lixo?	Talvez implementar juntamente com a coleta seletiva.	Não.

O senhor tem intenção de ampliar os locais com o sistema de coleta mecanizada?	Sim. Já estamos realizando estudos para isso.	Com certeza. Esse sistema traz inúmeros benefícios aos munícipes e também às operadoras de coleta.
--	---	--

Respostas do Gestor da Secretaria de meio ambiente de Bento Gonçalves

Questão	Gestor da secretaria de meio ambiente
1. O que você acha do novo sistema de coleta mecanizada?	Eu o considero bastante eficiente, evidentemente alguns pontos que exige muita demanda eles precisam talvez melhor dimensionados principalmente os seletivos. Mas com relação a aceitação ele é muito bem-vindo.
2. Porque você decidiu implantar um novo sistema de coleta de lixo?	O primeiro impacto foi o visual de organização urbano, ter o acondicionamento do lixo separação dele já é um indicativo muito importante além de facilitar todo o processo. Vendo lugares que não tem a coleta mecanizada. O aspecto de organização, limpeza esse ganho em termos de competitividade acelera o serviço e melhora a operação e o eventual problema de pessoas expostas a essa operação ela maximiza a operação. A cidade ela é um desafio para a coleta temos vários pontos que é temerário o caminhão operar. Se faça a previsão de uma caminhonete algo menor para coletar, um problema que precisam corrigir. Existem muitos desafios, então é difícil que seja 100 por cento, mas o que pudermos avançar em termos de coleta mecanizada vai ser muito bom.
3. Onde você conheceu o sistema de coleta mecanizada?	No caso fomos apresentados pela própria empresa que presta o serviço que iniciou esse modelo em Bento Gonçalves
4. Qual foi o primeiro lugar a ser implantado esse novo sistema de coleta de lixo?	Foi na região central e algumas ruas do bairro da cidade alta
5. O que o novo sistema de coleta mudou na sua vida dos seus funcionários (os que estão diretamente ligados com a coleta)?	O que temos são convênios com as recicladoras. Temos o caso de uma funcionária da administrativo que está focada no lixo e reciclagem, bem organizada então ela é mais fácil de ser monitorada ela consegue monitorar a posição dos contêineres. Muito mais prático fazer a visualização e administração. Pessoal está mais confortável em falar do lixo dessas regiões implantadas a coleta mecanizada.
6. E quais as mudanças aconteceram após a implementação do novo sistema de coleta?	Houve uma percepção linear de qualidade nos serviços, maximiza qualquer entendimento quando se fala em recolhimento mecanizado.
7. Na sua opinião, quais as principais vantagens que o sistema proporcionou?	Rapidez, qualificação de serviço e isso gera também dentro de linear satisfação, quando se fala em coleta automatizada percebemos um nível de satisfação maior, Há uma conotação de cidade que investe de cidade limpa, os turistas elogiam bastante a visualização de cidade limpa.
8. Você percebeu alguma desvantagem? Qual (is)?	Assim como acentua quando vemos o linear de satisfação ele já salta os olhos quando não funciona quando tem uma lixeira transbordando de lixo e também os aspectos e educação ambiental. Temos pessoal que não praticam corretamente a separação da coleta de lixo (orgânica e seletiva). Conseguimos resultados com as crianças na escola que levam essa informação para os mais velhos. Infelizmente além dessa percepção que aumento o índice pessoas que abrem os lixos pra recolher lixos e plásticos e rasgam e jogam os restos na rua.
9. Você considera o de seus funcionários trabalho mais seguro com o novo sistema?	Sim, podemos dizer que sim, eles passam a ser difusores gostam de trabalhar onde tem os contêineres, inclusive os garis. Eles trabalham melhor quando estão no ambiente de coleta mecanizada. O ambiente fica mais limpo ambiente melhor pra eles.
10. Você prefere o novo sistema ou gostaria de ter continuado com o antigo?	Onde nós pudermos manter e ampliar o sistema mecanizado a opinião é que deva ser feito. Diminuiu a reclamação dos chorumes que saiam dos caminhos o que dá uma percepção de trabalho bem feito que o serviço é realmente eficiente. Caminhão tem o sistema de retenção dos chorumes.
11. Como é sua relação com os moradores dos bairros que foram implantados os sistemas de coleta automatizada?	Casualmente eu moro em um bairro que não tem mas vai chegar o novo sistema de coleta. Então lá tem mesmo sendo a coleta manual funciona corretamente, mas temos problemas de vizinhos que colocam o lixo atrasado na rua. Agora no centro e cidade Alta, Osvaldo nessas regiões não temos reclamação, flui muito bem. Esta super eficiente.

12. Como foi a aceitação dos moradores quando houve a implantação do novo sistema de coleta de lixo urbano?	Posso dizer que nós tivemos uma boa aceitação porque quando não vai bem é muito rápido para sentir a rejeição, inclusive tem muitos lugares que nos pedem essa coleta, mas temos que cumprir algumas etapas por questões de contrato. Podemos dizer que vai ter um crescimento na demanda do sistema de coleta de lixo mecanizada.
13. O que os moradores acharam do novo sistema de coleta de lixo?	Acredito que podemos dizer que podemos ter um nível de confiabilidade bom pois percebemos um nível bom de satisfação em quem está experimentando esse processo.
14. Quando o sistema foi implementado houve a necessidade de fazer algum treinamento com os moradores dos bairros?	Não seria considerado treinamento, mas é feito um trabalho com educação ambiental explicando o funcionamento e os principais cuidados que eles precisam ter com o sistema, seria uma instrução /informação a equipe da educação ambiental visita as ruas casas apartamentos e explicam o passo a passo de como e quanto vai acontecer, pois ainda existe o serviço das outras coletas.
15. Você gostaria modificar algo em relação ao sistema de coleta de lixo?	Acredito que se houvesse a possibilidade de redimensionar alguns pares principalmente do seletivo nos pontos em que existe maior demanda. Não é sempre, mas segunda geralmente o orgânico fechado e o reciclável transbordando.
16. Você tem intenção de ampliar os locais com o sistema de coleta mecanizada?	Sim a ideia seria ampliar dentro do nosso limite estabelecido pelo orçamento do edital e de possibilidade geográfica.

Comentário livre sobre o sistema de coleta: “Sistema é bem funcional e eficiente bem aceito onde nós temos nossa expectativa na medida do possível é ampliar, ainda não sabemos o impacto em termos de valores, mas quanto mais pudéssemos expandir melhor.”

ANEXO B – Leis relacionadas a coleta de lixo

ASPECTOS LEGAIS DA COLETA

Atualmente, as normas que incidem sobre a atividade de transporte de resíduos sólidos são: Em destaque temos as PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), **NBR 7500**, **NRB 7501**, **NBR 7503**, **NBR 12810**, **NBR 13221**, **NBR 14064**, **NBR 14562**, **CONEMA 58**, **NOP 26**, **NOP 27**, **NOP 28**, **NOP 35**, **LEI 6862/2014** a **ANTT 5232/2016**.

Instituídas por diferentes órgãos governamentais, essas regras objetivam que o manejo e transporte dos resíduos seja feito com o máximo de cuidado e controle, evitando acidentes e danos ao meio ambiente e à população.

Segue abaixo um breve descritivo de cada umas delas:

- **PNRS:** É o principal conjunto de regras quando se fala de transporte de resíduos. Essa política, implantada pelo Ministério do Meio Ambiente, delimita detalhes operacionais do serviço de transporte, desde os processos de armazenamento e acondicionamento, passando pelo transporte, até a destinação. É a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos que todas as empresas devem estabelecer seus processos específicos de separação e encaminhamento de rejeitos.
- **NBR 13.221:** “Estabelece normas para o transporte de resíduos sólidos que não ofereçam risco, determinando parâmetros para a categorização e o acondicionamento da carga. Além disso, proíbe que empresas transportem cargas que não estão inclusas em seu licenciamento ambiental.”
- **ANTT 5232:** “Resolução que estabelece detalhes para o transporte de resíduos perigosos, determinando a categorização de uma gama de resíduos e as formas de manejo dos mesmos. Essa resolução também obriga as empresas a reportar o tipo de carga à Agência Nacional de Transportes Terrestres antes da viagem, para que o transporte seja liberado.”
- **NBR 7500:** “Estabelece normas gerais para transporte de carga por vias terrestres. Trata principalmente da regularização dos veículos de carga e dos motoristas.”
- **NBR7501:** “Define os termos empregados no transporte terrestre de produtos perigosos.”
- **NBR7503:** “Ficha de Emergência e envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos, que deve acompanhar o transporte.”
- **NBR12810:** “Fixa os procedimentos exigíveis para coleta interna e externa dos resíduos de serviços de saúde, sob condições de higiene e segurança.”

- **NBR 13221:** “Especifica os requisitos para o transporte terrestre de resíduos, de modo a evitar danos ao meio ambiente e a proteger a saúde pública.”
- **Conema 58:** “Estabelece as diretrizes do Programa de Autocontrole de Emissão de Fumaça Preta por Veículos Automotores do Ciclo Diesel.”
- **NBR 14064:** “Referente ao atendimento de emergência no transporte terrestre de produtos perigosos. Estabelece os requisitos mínimos para orientar as ações básicas a serem adotadas por entidades ou pessoas envolvidas direta ou indiretamente em emergências, no transporte terrestre de produtos perigosos.”
- **NOP 26:** “Licenciamento das atividades de coleta e transporte rodoviário de resíduos perigosos classe I e não perigosos, classes IIA e IIB.”
- **NOP 27:** “Licenciamento de atividades de coleta e transporte rodoviário de resíduos da construção civil.”
- **NOP 28:** “Licenciamento de atividades de coleta e transporte rodoviário de resíduos de saúde.”
- **NOP 35:** “Estabelece a metodologia do Sistema Online de Manifesto de Transporte de Resíduos – Sistema MTR.”
- **Lei 6862/2014:** “Obriga as empresas que prestam serviço de remoção e transporte de lixo a equiparem com rastreador nos veículos de transporte e remoção.”

As PNRS (Política Nacional de Resíduo Sólido) estabelece as bases legais para a execução dos processos de armazenamento, condicionamento, transporte e destinação final dos resíduos. A partir dela, as empresas podem criar as bases para a aplicação do que é exigido pelas demais leis e normas, visto que há regras específicas para alguns setores, como por exemplo o transporte de resíduos químicos, inflamáveis, de construção civil, radioativos, entre outros.

O Brasil possui uma legislação extensa e complexa sobre questões ambientais, dentre os pontos críticos está o transporte de resíduos. É importante que a empresa tenha um conhecimento razoável das leis antes de movimentar os materiais, assim evita-se complicações futuras.

De acordo com a NBR 13.221,4.1.5: O transporte de resíduos deve atender à legislação ambiental específica (federal, estadual ou municipal), quando existente, bem como deve ser acompanhado de documento de controle ambiental previsto pelo órgão competente, devendo informar o tipo de acondicionamento, conforme os anexos. Caso seja usado o código E08-Outras Formas, deve ser especificada a forma utilizada de acondicionamento

O transporte dos RSU deve atender ao Requisitos de acordo com a NBR 13221:2003 4.1: Gerais 4.1.1 O transporte deve ser feito por meio de equipamento adequado, obedecendo às regulamentações pertinentes. 4.1.2 O estado de conservação do equipamento de transporte deve ser tal que, durante o transporte, não permita vazamento ou derramamento do resíduo. 4.1.3 O resíduo, durante o transporte, deve estar protegido de intempéries, assim como deve estar devidamente acondicionado para evitar o seu espalhamento na via pública ou via férrea. 4.1.4 Os resíduos não podem ser transportados juntamente com alimentos, medicamentos ou produtos destinados ao uso e/ou consumo humano ou animal, ou com embalagens destinados a estes fins. 4.1.5 O transporte de resíduos deve atender à legislação ambiental específica (federal, estadual ou municipal), quando existente, bem como deve ser acompanhado de documento de controle ambiental previsto pelo órgão competente, devendo informar o tipo de acondicionamento, conforme o anexo A. Caso seja usado o código E08-Outras Formas, deve ser especificada a forma utilizada de acondicionamento. As embalagens de resíduos devem atender ao disposto na NBR 7500.

A descontaminação dos equipamentos de transporte deve ser de responsabilidade do gerador e deve ser realizada em local(is) e sistema(s) previamente autorizados pelo órgão de controle ambiental competente.

As cargas devem estar adequadamente acondicionadas para o transporte, de forma que não haja risco de vazamentos, quedas ou contaminação do ambiente e das vias. Devem estar também corretamente separadas, pois a norma proíbe o transporte de algumas cargas mistas, como por exemplo produtos de consumo animal ou humano, medicamentos, materiais tóxicos ou de interesse ambiental.