



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DEIVIDSON SÁ FERNANDES DE SOUZA

SMART CITIES E GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: Desafios e Oportunidades.

Caruaru

2024

DEIVIDSON SÁ FERNANDES DE SOUZA

SMART CITIES E GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: Desafios e Oportunidades.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Câmara e Silva

Caruaru

2024

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Nasaré Oliveira CRB/4 - 2309

S729s Souza, Deividson Sá Fernandes de.
Smart cities e gestão de resíduos eletroeletrônicos: desafios e oportunidades. / Deividson Sá Fernandes de Souza. – 2024.
207 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Lúcio Camara e Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, 2024.

Inclui Referências.

1. Smart cities. 2. Logística reversa. 3. Sustentabilidade. 4. Lixo eletrônico. 5. Resíduos. 6. Methodi ordinatio I. Silva, Lúcio Camara e (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2024-003)

DEIVIDSON SÁ FERNANDES DE SOUZA

SMART CITIES E GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: Desafios e Oportunidades.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção

Aprovada em: 01/03/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lúcio Camara e Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Thyago Celso Cavalcante Nepomuceno (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a. Dra. Simone Sehnem (Examinadora Externa)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico esta Dissertação aos meus amados pais, Maria Lúcia e Damião. Vocês são os pilares da minha vida, a luz que ilumina meu caminho e o alicerce de todas as minhas conquistas.

À minha querida irmã e meu grande amor, Lays Fernandes. Você é mais que uma irmã, é minha amiga, confidente e companheira de jornada. Com sua presença alegre e motivadora, os desafios se tornam menos árduos e as vitórias mais significativas. Sua crença em mim sempre foi uma força impulsionadora, e é com muita gratidão que dedico esta dissertação a você.

E a minha saudosa vó Anita Maria da Cruz (*In memoriam*), embora não esteja mais fisicamente presente, sua memória vive em meu coração de forma eterna. Sempre me incentivando e exaltando cada conquista, tornando-me o **PRIMEIRO NETO ENGENHEIRO** com orgulho e afeto incomparáveis. Seus ensinamentos e valores estão presentes em cada parte do meu ser.

Hoje, olho para trás e vejo que minha trajetória é resultado do amor, apoio e incentivo de vocês, minha família querida. Sei que cada um de vocês deixou e continua deixando uma marca indelével em minha vida. Cada conquista é um reflexo do amor que recebi e da confiança que vocês depositaram em mim. Que esta dedicatória seja uma pequena expressão da minha gratidão infinita por ter vocês como parte essencial da minha história.

Com todo meu amor e carinho!

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de toda sabedoria e guia em minha jornada, agradeço de coração por me iluminar e fortalecer a cada passo desta caminhada acadêmica. Sua presença em minha vida é a base de toda minha fé e confiança, tornando possível superar desafios e celebrar conquistas.

A Jesus, mestre da compaixão e exemplo de amor incondicional, agradeço por me inspirar a ser melhor a cada dia e por me mostrar que com fé, perseverança e humildade, alcançamos nossos objetivos.

A Nossa Senhora de Guadalupe, mãe e protetora, que sempre me amparou em momentos de aflição e dúvida, agradeço por suas bênçãos e intercessões, tornando esta jornada uma experiência de fé e devoção.

Aos meus amados pais, Maria Lúcia e Damião, pilar inabalável de amor e apoio, agradeço por serem a luz que guia meus passos. Vocês foram meu porto seguro em todos os momentos, incentivando-me a nunca desistir e acreditando em meu potencial. Vocês são meu exemplo de dedicação, amor e perseverança, e esta conquista também é de vocês.

À minha querida e amada irmã, Lays Fernandes, minha eterna amiga e confidente, agradeço por ser a pessoa maravilhosa que é e por sempre estar ao meu lado, torcendo e incentivando. Sua presença é um presente valioso em minha vida, e agradeço por compartilhar comigo momentos de alegria e superação.

Ao meu orientador, Lúcio Câmara Silva, pela orientação precisa, paciência e conhecimento compartilhado. Suas orientações foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação, e sou grato pela confiança depositada em mim.

Ao meu amigo e secretário do PPGE-CAA, George Andrade, pela disponibilidade, presteza e apoio durante toda a jornada acadêmica. Seu auxílio foi de extrema importância para o bom andamento do processo.

Aos meus amigos da turma de mestrado 2022.1, pela parceria, amizade e aprendizados compartilhados. Nossa jornada foi enriquecida pela troca de experiências e pelas amizades que se formaram, tornando o caminho mais leve e repleto de bons momentos.

Em especial, ao meu amigo Rodrigo Cavalcante, pela generosidade, compreensão e amizade desde o primeiro dia em que cheguei em Caruaru. Sua ajuda

e acolhimento fizeram toda a diferença em minha adaptação e sucesso neste percurso.

Aos meus amigos de laboratório, Débora, Vinicius e Dany Oliveira, agradeço a parceria, apoio e amizade ao longo de todo o percurso acadêmico. Nossa equipe foi fundamental para trocas de conhecimento e resultados significativos neste trabalho.

Expresso meu agradecimento à FACEPE pelo apoio financeiro concedido, possibilitando a realização desta dissertação e contribuindo para o avanço da ciência e da pesquisa em nossa sociedade.

Cada uma dessas pessoas e instituições desempenhou um papel essencial em minha trajetória acadêmica e pessoal. A todos vocês, minha gratidão eterna.

Com todo carinho e apreço!

Entre os compassos das melodias de Taylor Swift e os ecos das minhas próprias batalhas, mergulhei nas profundezas da jornada em Engenharia de Produção. Como as letras de suas músicas, minha caminhada foi tecida com os fios da dor, da solidão e da luta silenciosa. Nas noites solitárias, onde as lágrimas se confundiam com as batidas do coração, encontrei um reflexo da minha jornada - uma trilha sonora da minha busca pela excelência em meio à incompreensão e ao não reconhecimento.

Cada acorde, cada verso, parecia narrar os altos e baixos da minha jornada acadêmica. Como Taylor, aprendi a transformar minhas cicatrizes em canções, encontrando beleza na vulnerabilidade, força na fragilidade e resiliência nas decepções. As palavras cantadas tornaram-se um espelho das minhas próprias lutas, das noites em que duvidei de mim mesmo, das vezes em que meu esforço parecia insuficiente, e do constante peso da sensação de fracasso.

E ainda assim, como uma melodia que se desdobra, descobri que há poder na aceitação, na compaixão por mim mesmo e na jornada de autodescoberta. Nas entrelinhas das letras, encontrei inspiração para perseverar, mesmo quando meu valor parecia não ser reconhecido, mesmo quando não fui o melhor orientando, nem o pior.

Que as músicas de Taylor Swift, com sua honestidade crua e sua vulnerabilidade corajosa, sirvam não apenas como uma trilha sonora, mas como um lembrete de que nossas lutas e nossas histórias têm o poder de nos unir em nossa humanidade compartilhada, mesmo nos momentos mais tenebrosos e incompreendidos (The Tortured Poets Department).

(Swift, 2024)

RESUMO

Nos últimos anos, os conceitos de Smart Cities emergiram como uma combinação de ideias voltadas para a utilização de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), almejando a otimização do funcionamento das áreas urbanas. Por outro lado, a questão do lixo eletrônico, ou Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) tem despertado crescente preocupação devido ao seu volume em constante crescimento e à inadequação dos métodos de descarte. Na literatura, *Smart Cities* e REEE são conceitos estreitamente relacionados, abordando uma série de desafios e oportunidades associados à gestão urbana e à sustentabilidade. Diante disto, a pesquisa objetivou realizar uma revisão sistemática da literatura (SLR) abrangente e aprofundada para traçar o estado da arte nos estudos sobre *Smart Cities* e Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). A abordagem adotada na metodologia foi baseada no protocolo *Methodi Ordinatio* que organiza e categoriza a literatura encontrada; além da utilização de técnicas de mineração de texto e análise de indicadores bibliométricos e de *clusters* através do pacote Bibliometrix. A avaliação destes indicadores evidenciou uma predominância de pesquisas nas áreas de Ciência da Computação, Engenharia e as TICs. Com a utilização de pacotes como *gtrendsR*, *wordcloud*, *readxl*, *tm* e *igraph* foram identificados termos recorrentes que refletem a relevância de palavras como *IoT*, *Big Data*, segurança, privacidade e sustentabilidade para o avanço das *Smart Cities* e da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Os artigos selecionados foram avaliados com base no índice *InOrdinatio* apresentando que os termos mais frequentes para oportunidades são: inteligentes, *IoT*, gerenciamento, saúde e dados. Diante das oportunidades destacou-se o uso de tecnologias avançadas como pesquisa operacional, *IoT* e *IA*, novos modelos de movimento e veículos compartilhados para melhorar a mobilidade urbana. E os desafios incluem-se preocupações com segurança da informação, privacidade, interoperabilidade, custos, sustentabilidade e poluição. Os resultados do estudo ainda realçaram a interseção dos conceitos de *Smart Cities* e Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) como conceitos modernos e cruciais, visando a sustentabilidade, qualidade de vida, e gerenciamento eficiente de recursos em cidades inteligentes.

Palavras-chave: Smart Cities; REEE; Logística Reversa; Methodi Ordinatio; Mineração de Texto.

ABSTRACT

In the last years, the concepts of *Smart Cities* have emerged as a combination of ideas focused on the use of Information and Communication Technologies (ICT), aiming at the optimization of the functioning of urban areas. On the other hand, the issue of electronic waste, or Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), has aroused growing concern due to its constantly growing volume and the inadequacy of disposal methods. In the literature, *Smart Cities* and WEEE are closely related concepts, addressing a series of challenges and opportunities associated with urban management and sustainability. In view of this, the research aimed to conduct a comprehensive and in-depth Systematic Literature Review (SLR) to trace the state of the art in studies on Smart Cities and Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Management. The approach adopted in the methodology was based on the *Methodi Ordinatio* protocol which organizes and categorizes the literature found; in addition to the use of text mining techniques and analysis of bibliometric indicators and clusters through the Bibliometrix package. The evaluation of these indicators evidenced a predominance of research in the areas of Computer Science, Engineering, and ICTs. Using packages such as *gtrendsR*, *wordcloud*, *readxl*, *tm*, and *igraph*, recurring terms reflecting the relevance of words such as *IoT*, *Big Data*, security, privacy, and sustainability for the advancement of *Smart Cities* and Waste Electrical and Electronic Equipment Management were identified. The selected articles were evaluated based on the *InOrdinatio* index, showing that the most frequent terms for opportunities are smart, IoT, management, health, and data. Among the opportunities highlighted are the use of advanced technologies such as operational research, IoT, and AI, new models of movement and shared vehicles to improve urban mobility. And challenges include concerns about information security, privacy, interoperability, costs, sustainability, and pollution. The results of the study also highlighted the intersection of the concepts of *Smart Cities* and Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Management as modern and crucial concepts, aiming at sustainability, quality of life, and efficient resource management in *Smart Cities*.

Keywords: Smart Cities; WEEE; Reverse Logistics; Methodi Ordinatio; Text Mining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Ilustração do conceito de Smart Cities/Cidades Inteligentes...	33
Figura 2 –	Ranking Connected Smart Cities – CSC (2023).....	34
Figura 3 –	Categorias dos REEE segundo a Diretiva nº 19 de 2012 da Comunidade Europeia.....	38
Figura 4 –	Fluxograma 1: Fases do Methodi Ordinatio.....	63
Figura 5 –	Gráfico 1: Porcentagem dos artigos nas bases de dados.....	66
Figura 6 –	Fluxograma 2: Fluxograma de Prisma para as fases 4 e 5 do Methodi Ordinatio.....	67
Figura 7 –	Gráfico 2: Distribuição de artigos por área do conhecimento...	80
Figura 8 –	Palavras mais frequentes no banco de dados da pesquisa.....	81
Figura 9 –	Quantidade de publicações.....	85
Figura 10 –	Média de Citações por Ano.....	85
Figura 11 –	Autores mais relevantes para a pesquisa.....	87
Figura 12 –	Países dos autores por nº de publicação.....	89
Figura 13 –	Países mais citados.....	89
Figura 14 –	Fontes mais relevantes.....	91
Figura 15 –	Mapa temático.....	93
Figura 16 –	Árvore Mapa.....	94
Figura 17 –	Espectroscopia de Referência.....	95
Figura 18 –	Clusters por acoplamento de documentos.....	96

Figura 19 –	Pesquisas do termo Smart Cities no google. Período: 01/2014 – 01/2024.....	107
Figura 20 –	Pesquisas do termo WEEE no google. Período: 01/2014 – 01/2024.....	108
Figura 21 –	Wordcloud das oportunidades encontradas para o conceito de Smart Cities e WEEE.....	110
Figura 22 –	Wordcloud para o conceito de WEEE.....	110
Figura 23 –	Termos mais frequentes quanto as oportunidades encontradas para os conceitos de Smart Cities e WEEE.....	111
Figura 24 –	Termos mais frequentes quanto aos desafios encontrados para os conceitos de Smart Cities e WEEE.....	112
Figura 25 –	Dendrograma para as oportunidades encontrados para os conceitos de Smart Cities e WEEE.....	113
Figura 26 –	Dendrograma para os desafios encontrados para os conceitos de Smart Cities e WEEE.....	114
Figura 27 –	Rede de termos dos principais insights encontrados para os conceitos de Smart Cities e WEEE.....	115
Figura 28 –	Rede de Co-ocorrência de Palavras-Chave.....	118
Figura 29 –	Rede de Cocitação entre os Autores.....	123
Figura 30 –	Rede de colaboração entre Países.....	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Definições de Smart Cities/Cidades Inteligentes de diferentes autores.....	31
Quadro 2 –	Definições de Smart Cities/Cidades Inteligentes de diferentes autores.....	41
Quadro 3 –	Classificação dos equipamentos eletroeletrônicos.....	44
Quadro 4 –	Classificação dos REEE.....	45
Quadro 5 –	Abordagem e unidades de análise a serem exploradas.....	77
Quadro 6 –	Artigos avaliados índice InOrdinatio e suas problemática correspondentes.....	99
Quadro 7 –	Agenda de pesquisas futuras para os conceitos de <i>Smart Cities</i> e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.....	129
Quadro 8 –	Principais insights dos artigos selecionados pelo Methodi Ordinatio.....	138
Quadro 9 –	Principais metodologias de estudo.....	146
Quadro 10 –	Principais tendências dos Artigos.....	149
Quadro 11 –	Principais tendências dos Artigos.....	152

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Termos de busca x Ocorrências nas Bases Científicas.....	65
Tabela 2 – Artigos selecionados e classificados pelo índice InOrdinatio.....	72
Tabela 3 – Principais informações da amostra.....	79
Tabela 4 – Conjunto definições das palavras-chave.....	118
Tabela 5 – Conjunto definições das cocitações entre os Autores.....	123

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica
AI	Inteligência Artificial
CHIS	Cidade mais Humana, Inteligente e Sustentável
CI	Citações
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EC	Economia Circular
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
EEP	Parte Eletrônica e Elétrica
ERP	Responsabilidade Estendida do Produtor
HWC	Human Wildlife Conflict
IBM	International Business Machines
IDE	International Development Environments
IF	Fator de Impacto
IO	Index Ordinatio
IoT	Internet das Coisas
LR	Logística Reversa
MCDCA	Multi-Criteria Decision Analysis
ONU	Organização das Nações Unidas
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
SJR	SCImago Journal Rank
SLR	Revisão Sistemática da Literatura
SNIP	Source Normalized Impact Per Paper
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TM	Toneladas Métricas
UE	União Europeia
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment
WoS	Web of Science

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Contextualização da pesquisa.....	17
1.2	Objetivos.....	23
1.2.1	<i>Objetivos gerais</i>	23
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	23
1.3	Justificativa e relevância.....	24
1.4	Contribuição do trabalho.....	26
1.5	Estrutura da dissertação.....	27
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	28
2.1	Termos e definições de <i>smart cities</i>	28
2.2	A gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE).....	35
2.3	Economia circular com foco em REEE e <i>smart cities</i>	48
2.4	Logística reversa no contexto das <i>smart cities</i> e na gestão de REEE.....	52
3	METODOLOGIA.....	56
3.1	Revisão sistemática da literatura.....	58
3.1.1	<i>Aplicando a metodologia Methodi Ordinatio</i>	64
3.2	Análise bibliométrica.....	74
3.2.1	<i>Análise de indicadores bibliométricos</i>	78

4	ANÁLISE E RESULTADOS.....	98
4.1	Conjunto análise de cluster na interação entre <i>smart cities</i> e gestão de REEE.....	117
5	DISCUSSÕES.....	133
5.1	Principais insights em <i>smart cities</i> e na gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.....	134
5.2	Metodologias de estudo em <i>smart cities</i> e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.....	146
5.3	Áreas de assunto em <i>smart cities</i> e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.....	149
5.4	Tendências emergentes e contribuições para a sociedade em <i>smart cities</i> e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.....	152
6	IMPLICAÇÕES TEORICAS E PRÁTICAS.....	156
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	170
	APÊNDICE A - SCRIPT EM R PARA LIMPEZA E ANÁLISE DE DADOS.....	199
	APÊNDICE B - SCRIPT EM R PARA MINERAÇÃO DE TEXTO (TEXT MINING)	200
	APÊNDICE C - SCRIPT EM R PARA FREQUÊNCIA DE PALAVRAS.....	203
	APÊNDICE D - SCRIPT EM R PARA GERAÇÃO DE GRAFOS.....	205
	APÊNDICE E - SCRIPT EM R DO PACOTE GTRENDSR PARA O CONCEITO DE SMART CITIES.....	206
	APÊNDICE F - SCRIPT EM R DO PACOTE GTRENDSR PARA O CONCEITO DE WEEE.....	207

1. INTRODUÇÃO

A narrativa da história humana é uma jornada fascinante estendendo-se por séculos e pontuada por uma sucessão de acontecimentos marcantes. Ao longo desse caminho sinuoso, a humanidade testemunhou não apenas progressos notáveis, mas também transformações profundas que redefiniram fundamentalmente nossa existência e interação com o mundo (Xavier e Ottoni, 2021).

Neste item, mergulharemos nas profundezas dessa jornada histórica, explorando os avanços tecnológicos que moldaram nossas vidas, os desafios que enfrentamos ao longo do tempo e o surgimento das *Smart Cities* como um fenômeno notável deste novo milênio. Além disso, examinaremos de perto a questão premente da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e sua interconexão vital com a evolução das cidades inteligentes, delineando assim os contornos de uma história em constante transformação e inovação.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

O crescimento urbano acelerado, juntamente com o aumento da população nas cidades, geraram uma série de problemáticas para o meio ambiente, a sustentabilidade econômica e social das áreas urbanas (Kumar *et al.*, 2020). Esses desafios incluem a expansão desordenada, pressão sobre os recursos naturais, aumento da emissão de poluentes, sobrecarga das infraestruturas existentes e desigualdade no acesso aos serviços básicos (Kumar *et al.*, 2020).

De acordo com Dai *et al.*, (2023) mais de 4 bilhões de pessoas, representando aproximadamente 56% da população mundial, residem em áreas urbanas, onde a inovação tecnológica desempenha um papel crucial nesse processo de urbanização crescente. Isto, equivale a um aumento populacional de 3.500 cidadãos por quilômetro quadrado para 4.261 nos últimos 15 anos.

Ainda na perspectiva de Dai *et al.*, (2023), as cidades ocupam menos de 5% do território global, mas consomem cerca de 75% de todos os recursos naturais do mundo. Este contexto coloca as cidades como centros cruciais de desafios ambientais e socioeconômicos (Alshuwaikhat *et al.*, 2022).

Sodiq *et al.*, (2019) observaram que muitos países ao redor do mundo estão adotando práticas de sustentabilidade, refletidas no surgimento de novas cidades sustentáveis. Esse movimento pode ser atribuído à valorização renovada do desenvolvimento do capital humano, aos padrões de vida saudáveis e às crescentes preocupações ambientais (Aquilani *et al.*, 2018; Szopik-Depczyńska *et al.*, 2018).

O avanço tecnológico global e o crescimento demográfico também introduzem desafios significativos para o gerenciamento sustentável dos espaços urbanos (Pessoa *et al.*, 2019). O congestionamento do tráfego, infraestruturas urbanas precárias, problemas de saúde, escassez de energia e desafios educacionais são preocupações comuns nas cidades, especialmente de países em desenvolvimento (Kumar *et al.*, 2020).

As cidades, de modo geral, estão enfrentando desafios de sustentabilidade, sem precedentes, à medida que se tornam os principais centros de problemas ambientais e socioeconômicos (Alshuwaikhat *et al.*, 2022). Durante os últimos anos do século XX dois fenômenos importantes emergiram: a urbanização e a introdução de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) (Pessoa *et al.*, 2019). Essa convergência entre urbanização acelerada e avanços tecnológicos tem impulsionado o surgimento das *Smart Cities* como uma resposta inovadora para lidar com os desafios urbanos do século XXI (Caragliu *et al.*, 2011).

As *Smart Cities* representam um passo importante na busca por cidades mais eficientes e sustentáveis, enquanto a gestão de REEE é um componente crítico dessa equação, garantindo que a busca por inovação não prejudique o meio ambiente (Pessoa *et al.*, 2019). À medida que avançamos, é imperativo encontrar maneiras de equilibrar o progresso tecnológico com a responsabilidade ambiental e social (Bibri e Krogstie, 2017).

O surgimento das *Smart Cities* ou Cidades Inteligentes nos últimos anos vem ganhando impulso como uma resposta promissora ao desafio da sustentabilidade urbana (Bibri e Krogstie, 2017). A falta de consenso na definição e fundamentação teórica destas cidades inteligentes (Koca *et al.*, 2021) destaca a necessidade de uma análise mais aprofundada para compreender as implicações econômicas, ambientais e sociais deste fenômeno (Bibri e Krogstie, 2017).

Não há uma definição única para o termo *Smart Cities*, pois, alguns pesquisadores apresentação a *Smart City* com base em assuntos distintos que estão

de acordo com seus campos de estudo (Bibri e Krogstie, 2017; Benites e Simões, 2021; Buallay *et al.*, 2021; Goel *et al.*, 2021; Kutty *et al.*, 2022; Blasi *et al.*, 2022).

Embora o conceito tenha se tornado popular entre a indústria e a academia não há consenso sobre sua definição ou noção teórica (Koca *et al.*, 2021). Cidades inteligentes possuem muitos outros nomes, que as relacionam com as TIC, como cidade da informação, cidade digital e cidade inteligente (Zhou *et al.*, 2020).

Para o World Cities Report 2020 da ONU-HABITAT, uma *Smart City* pode ser descrita como uma cidade inovadora que utiliza tecnologias de informação e comunicação, bem como outros meios, para aprimorar a qualidade de vida, a eficiência dos serviços urbanos e operacionais, e a competitividade, ao mesmo tempo em que assegura as necessidades das gerações presentes e futuras, considerando aspectos econômicos, sociais, ambientais e culturais (UN-Habitat, 2020).

As *Smart Cities* abrangem uma variedade de setores interconectados, como transporte, saúde, educação, segurança pública, infraestrutura e tecnologia da informação (Ziaee *et al.*, 2022). Estes elementos influenciam diretamente a qualidade de vida dos residentes urbanos, incluindo investimentos em infraestrutura inteligente, sistemas de transporte avançados e serviços públicos eficientes (Gu *et al.*, 2021; Richnák e Gubová, 2021).

O apoio dos *stakeholders*, como empresas, cidadãos e políticas governamentais são cruciais para impulsionarem o desenvolvimento das cidades inteligentes, fornecendo diretrizes e recursos necessários para a implementação de soluções inovadoras (Ziaee *et al.*, 2022). Além disso, o engajamento da comunidade e a colaboração entre diferentes setores são essenciais para garantir que as cidades inteligentes atendam às necessidades das gerações presentes e futuras, promovendo um ambiente urbano sustentável e resiliente (Gu *et al.*, 2021; Richnák e Gubová, 2021).

A interligação entre o conceito de *Smart Cities* e a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) representam uma abordagem estratégica fundamental para o desenvolvimento urbano sustentável (Corsi, 2022). A busca pela inteligência urbana, característica das *Smart Cities*, visa aprimorar a qualidade de vida dos cidadãos, otimizando a eficiência dos serviços urbanos e promovendo a sustentabilidade ambiental (Bibri e Krogstie, 2017).

A convergência entre *Smart Cities* e a Gestão de REEE destaca a necessidade de adotar abordagens inovadoras baseadas em Tecnologias da Informação e da

Comunicação (TIC) para monitorar, coletar e gerenciar esses resíduos de forma eficiente (Bibri e Krogstie, 2017). Essa integração estratégica não apenas contribui para a criação de cidades mais inteligentes e ecologicamente responsáveis, mas também promovem a economia circular ao recuperar materiais valiosos dos REEE (Corsi, 2022).

Apesar dos avanços tecnológicos que melhoraram a mobilidade urbana e qualidade de vida, a gestão adequada dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos permanece como um desafio significativo para as *Smart Cities* (Dias *et al.*, 2022). Os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), também conhecidos como lixo eletrônico, abrangem todos os materiais elétricos ou eletrônicos descartados (Dias *et al.*, 2022).

Resíduos de Equipamentos eletroeletrônicos (REEE) ou lixo eletrônico são todos e quaisquer materiais elétricos ou eletrônicos descartados como lixo (DIAS *et al.*, 2022). O lixo eletrônico, considerado o tipo de resíduo de mais rápido crescimento globalmente, apresenta desafios significativos devido à sua quantidade crescente anual de cerca de 4% (Green Eletron, 2021). Dados do *E-Waste Monitor* (2020) revelaram um aumento alarmante de 21% na quantidade de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos descartados globalmente em apenas 5 anos (Green Eletron, 2021).

O Brasil vem se destacando como um dos principais produtores de lixo eletrônico no mundo, mas o seu sistema de gestão de resíduos carece de incentivo para uma economia circular (Dias *et al.*, 2022). A produção global de REEE atingiu aproximadamente 54 milhões de toneladas em 2019, com uma média global de 7,3 kg/pessoa por ano, prevendo-se um aumento significativo para 75 milhões de toneladas até 2030 (Shittu *et al.*, 2021). Os resíduos eletroeletrônicos são produtos obsoletos ou sem utilidade que podem conter substâncias tóxicas, representando riscos para a saúde humana e o meio ambiente (Pramanik *et al.*, 2021).

A geração de lixo de equipamentos eletroeletrônicos é um dos fluxos de resíduos sólidos de mais rápido crescimento, com 10 categorias diferentes, como eletrodomésticos grandes e pequenos, equipamentos de consumo e equipamentos de iluminação (Kang *et al.*, 2020). A demanda contínua do mercado para a produção de REEE, combinada com a diminuição da vida útil desses produtos devido à evolução tecnológica (Huang *et al.*, 2009; Awasthi *et al.*, 2019).

A gestão inteligente de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos torna-se um elemento fundamental para o sucesso das *Smart Cities* (Kang *et al.*, 2020). Diversos autores como (Achillas *et al.*, 2010; Nowakowski, 2018; Forti, 2019; Prasad *et al.*, 2020; Santos, *et al.*, 2021) propuseram técnicas de soluções inteligentes de gestão de resíduos, cada uma adaptada ao tipo e natureza dos resíduos, além de considerar fatores como atitudes públicas em relação à gestão de resíduos, aplicação de leis de saneamento e financiamento governamental (Ijemaru *et al.*, 2022).

De acordo com Moura *et al.*, (2017) a implantação de um sistema de gestão de REEE deve ser uma proposta integradora de diversos setores da sociedade (Manomaivibool e Hong, 2014; Morris e Metternicht, 2016). Deve-se reconhecer a conscientização do consumidor sobre o descarte adequado de eletroeletrônicos e os benefícios sociais e ambientais desta prática (Kilic *et al.*, 2015), bem como o comportamento dos usuários quanto ao desejo de destinar corretamente os resíduos (Jang e Kim, 2010; Lin *et al.*, 2010; Echegaray e Hansstein, 2017).

As *Smart Cities* enfrentam desafios significativos relacionados à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) entre os principais desafios estão a coleta eficiente e a disposição adequada dos REEE (Echegaray e Hansstein, 2017), a reciclagem e o tratamento adequado dos REEE exigem processos especializados que nem sempre estão disponíveis em escala adequada nas cidades inteligentes (Kang *et al.*, 2020).

Como apontado por Singh *et al.*, (2020), "a gestão eficaz dos REEE requer uma abordagem integrada que envolva parcerias entre governos locais, indústria, setor privado e comunidades locais". Portanto, a colaboração entre diferentes partes interessadas, incluindo autoridades municipais, empresas de reciclagem, fabricantes de eletrônicos e a população local, é essencial para enfrentar os desafios relacionados aos REEE nas *Smart Cities*. Estratégias como a sensibilização pública, programas de coleta seletiva e incentivos para o design de produtos mais sustentáveis podem ajudar a mitigar os impactos negativos dos REEE e promover práticas de consumo mais responsáveis (Singh *et al.*, 2020).

Considerando a importância crescente das *Smart Cities* e da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) no contexto urbano contemporâneo, é fundamental destacar os benefícios tangíveis que esses campos interconectados podem oferecer para as comunidades e o meio ambiente (Kang *et al.*, 2020). As *Smart Cities*, ao adotarem abordagens inovadoras baseadas em

Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), têm o potencial de otimizar a eficiência dos serviços urbanos, promover a sustentabilidade ambiental e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos (Bibri e Krogstie, 2017). Por outro lado, a gestão eficaz dos REEE pode contribuir significativamente para a redução da poluição ambiental, a conservação de recursos naturais e a promoção de uma economia circular, na qual os materiais valiosos são recuperados e reintroduzidos na cadeia produtiva (Corsi, 2022).

Ao integrar soluções inteligentes de gestão de resíduos aos sistemas urbanos das *Smart Cities*, é possível criar ambientes urbanos mais limpos, seguros e sustentáveis (Kang *et al.*, 2020). Além disso, a promoção de práticas de consumo responsáveis e a conscientização pública sobre a importância do descarte adequado de REEE podem contribuir para uma cultura urbana mais consciente e engajada (Singh *et al.*, 2020; Xavier e Ottoni, 2021). Investigar a interseção entre as *Smart Cities* e a gestão de REEE não apenas oferece *insights* valiosos para acadêmicos e profissionais, mas também têm o potencial de gerar impactos positivos tangíveis nas cidades do futuro.

Esta dissertação tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura (SLR) abrangente e aprofundada para traçar o estado da arte nos estudos sobre *Smart Cities* e Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Quanto à metodologia, a dissertação baseia-se na aplicação do protocolo *Methodi Ordinatio*, um método de organização, classificação e análise da literatura.

O protocolo *Methodi Ordinatio* possibilita uma análise abrangente e estruturada dos estudos relevantes, permitindo identificar lacunas na pesquisa, tendências emergentes e pontos de convergência ou divergência entre as abordagens existentes. Além disso, será realizada uma análise de indicadores bibliométricos e de *cluster* utilizando a ferramenta Bibliometrix. A complementação dessas abordagens será feita por meio da mineração de texto, permitindo uma análise mais avançada dos dados textuais e dos termos mais ou menos frequentes.

Ao longo deste trabalho, serão examinados não apenas os obstáculos enfrentados, como a necessidade de infraestrutura adequada e regulamentações eficazes, mas também as oportunidades decorrentes dessa convergência. Esta dissertação explorará exemplos práticos de como cidades ao redor do mundo estão abordando essa questão, identificando boas práticas, inovações tecnológicas e modelos de colaboração público-privada que estão moldando a forma como as cidades enfrentam esse desafio crítico.

1.2. OBJETIVOS

Os objetivos gerais e específicos desempenham um papel crucial ao definir o propósito e o escopo da pesquisa. Enquanto o objetivo geral estabelece a direção principal do estudo, os objetivos específicos atuam como os pilares sobre os quais a investigação é construída. Eles orientam na seleção de metodologias, coleta de dados e análise, garantindo que o trabalho seja direcionado e coerente (Gil, 2017).

1.2.1. objetivo geral

Realizar uma revisão sistemática da literatura (SLR) abrangente e aprofundada para traçar o estado da arte nos estudos sobre *Smart Cities* e Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

1.2.2. objetivos específicos

- Aplicar a metodologia *Methodi Ordinatio* para a revisão sistemática da literatura (SLR);
- Identificar os estudos mais relevantes e atualizados sobre *Smart Cities* e Gerenciamento de REEE através da revisão sistemática da literatura (SLR);
- Utilizar análise de indicadores bibliométricos para quantificar a relevância e o impacto dos artigos selecionados pelo *Methodi Ordinatio* selecionados;
- Realizar uma análise de *cluster* para identificar padrões de interação entre *Smart Cities* e Gerenciamento de REEE;
- Identificar os principais *insights* relacionados a *Smart Cities* e Gerenciamento de REEE a partir dos resultados da revisão sistemática da literatura (SLR);
- Avaliar as metodologias empregadas nos estudos de *Smart Cities* e Gerenciamento de REEE para identificar tendências e lacunas de pesquisa;
- Mapear as áreas de interesse e os principais temas discutidos nos estudos sobre *Smart Cities* e Gerenciamento de REEE;
- Identificar tendências emergentes e potenciais contribuições para a sociedade no contexto de *Smart Cities* e Gerenciamento de REEE;

- Discutir as implicações teóricas e práticas dos resultados obtidos na revisão sistemática da literatura e na análise bibliométrica;
- Fornecer considerações que resumam os principais achados da pesquisa e destaquem possíveis direções futuras para estudos adicionais sobre *Smart Cities* e Gerenciamento de REEE.

1.3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

As cidades desempenham um papel vital na abordagem dos desafios da sustentabilidade (Kang *et al.*, 2020), embora as *Smart Cities* surgiram como soluções para a sustentabilidade urbana. No entanto, ainda não está claro se as práticas de *Smart Cities* conduzem a resultados de sustentabilidade ambiental, econômica e social (Cai *et al.*, 2023).

A crescente adoção de políticas de cidades inteligentes em todo o mundo reflete a busca por soluções inovadoras para os desafios urbanos contemporâneos (Prasad *et al.*, 2020). Entretanto, esse movimento tem sido acompanhado por um aumento significativo na geração de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) ou lixo eletrônico nas áreas urbanas, resultando diretamente na mudança nos padrões de consumo das sociedades modernas (Achillas *et al.*, 2010).

O lixo eletrônico global atingiu 53 milhões de toneladas somente em 2019. Ele dobrou regularmente ao longo dos últimos 15 anos e, portanto, requer atenção e foco urgente de acadêmicos e profissionais (Uvet *et al.*, 2022). Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos são uma preocupação não só por razões éticas, mas também por razões econômicas, pois de acordo com Uvet *et al.*, (2022) de um gasto total de US\$ 206 bilhões em produtos eletrônicos, apenas 29% são reciclados.

O crescente volume de REEE descartados globalmente evidencia a urgência de uma abordagem mais eficaz para o gerenciamento desses resíduos (ELETRON, 2019). No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece a responsabilidade dos fabricantes e distribuidores na gestão reversa de produtos eletrônicos, destacando a importância de políticas públicas nesse contexto (Brasil, 2010).

A escolha do estudo sobre *Smart Cities* e gerenciamento de REEE surge como uma resposta necessária à essa dualidade, visando entender e abordar os impactos ambientais, sociais e econômicos dessa interseção (Corsi, 2022). A gestão eficaz de resíduos é um dos principais desafios enfrentados pelas cidades inteligentes, exigindo a aplicação de soluções inovadoras e métodos sofisticados no planejamento urbano (Bibri e Krogstie, 2017). A reutilização, reciclagem e recuperação de valor dos REEE emergem como estratégias essenciais para mitigar os impactos negativos desses resíduos (Kang et al., 2020).

A conexão entre *Smart Cities* e REEE é evidente na crescente integração de dispositivos eletroeletrônicos em ambientes urbanos inteligentes (Forti, 2019). No entanto, essa integração também aumenta a quantidade de dispositivos descartados, tornando essencial uma gestão adequada desses resíduos para evitar danos ambientais e aproveitar os recursos valiosos que eles contêm.

Nesse contexto, a pesquisa sobre *Smart Cities* e gerenciamento de REEE assume um papel crucial na busca por soluções tecnológicas avançadas e sustentáveis, além de novos hábitos de consumo e reciclagem para lidar com esse desafio crescente (Javed et al., 2022).

Esta pesquisa tem como justificativa pela contribuição para o desenvolvimento de políticas e estratégias eficazes informadas pela compreensão das dinâmicas entre os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Ao identificar os desafios e oportunidades associados à gestão de REEE em *Smart Cities*, esta pesquisa tem o potencial de influenciar políticas públicas e práticas empresariais para promover a sustentabilidade urbana (Janini et al., 2021). Além disso, esse estudo apresenta contribuições teóricas significativas ao destacar o papel dos Stakeholders na construção das *Smart Cities* e no eficiente gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), conceitos intrinsecamente ligados à literatura, mas que há uma lacuna em artigos que abordem simultaneamente esses dois temas (Achillas et al., 2010).

Assim, a dissertação visa não apenas sintetizar o conhecimento existente, mas também contribuir para o avanço teórico e prático do campo, fornecendo orientações valiosas para pesquisadores, profissionais e formuladores de políticas interessados na promoção de cidades inteligentes sustentáveis e na gestão eficaz de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

1.4. CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa proposta com o título "*Smart Cities* e Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: Desafios e Oportunidades" visa oferecer uma contribuição significativa em diversas áreas interligadas, destacando-se pelo seu potencial para informar políticas, orientar práticas urbanas e enriquecer o campo acadêmico. Dessa forma as contribuições dessa pesquisa abrangem:

- Entendimento aprofundado: a pesquisa oferecerá um entendimento aprofundado das complexas relações entre as cidades inteligentes e a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos;
- Identificação de desafios críticos: a pesquisa destacará os desafios ambientais, sociais e econômicos decorrentes da gestão inadequada de resíduos eletroeletrônicos em cidades inteligentes;
- Exploração de oportunidades tecnológicas: a pesquisa investigará as oportunidades oferecidas pela aplicação de tecnologias inteligentes na gestão de resíduos eletroeletrônicos;
- Influência em políticas públicas: as análises sobre políticas públicas e regulamentações relacionadas à gestão de resíduos eletroeletrônicos em *Smart Cities* oferecerão *insights* valiosos para formuladores de políticas;
- Estímulo à inovação: ao destacar as oportunidades econômicas e de inovação decorrentes da gestão adequada de resíduos eletroeletrônicos, o trabalho poderá catalisar ações empreendedoras e estimular o desenvolvimento de soluções tecnológicas mais sustentáveis;
- Conscientização pública: a disseminação dos resultados da pesquisa pode aumentar a conscientização pública sobre a importância da gestão adequada de resíduos eletroeletrônicos;
- Contribuição ao conhecimento científico: a pesquisa contribuirá para o avanço do conhecimento acadêmico na interseção das áreas de cidades inteligentes e gestão de resíduos eletroeletrônicos;
- Caminhos para cidades sustentáveis: a pesquisa, ao oferecer *insights* sobre como alinhar os princípios de *Smart Cities* à gestão sustentável de resíduos, pode auxiliar no caminho para cidades mais sustentáveis e resilientes.

Portanto, a pesquisa proposta tem o potencial de gerar um impacto positivo tanto no cenário acadêmico quanto nas práticas e políticas urbanas, contribuindo para o desenvolvimento de cidades inteligentes mais responsáveis e voltadas para a sustentabilidade.

1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação segue uma sequência lógica e organizada, começando pela introdução que delimita o tema e apresenta os objetivos do estudo, incluindo o objetivo geral e os específicos. A justificativa e a relevância do trabalho são discutidas para contextualizar a importância da pesquisa, seguidas pela contribuição do trabalho para a área de estudo. A partir daí, o referencial teórico aborda os principais conceitos relacionados às *Smart Cities*, Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), economia circular e logística reversa.

A metodologia detalha os métodos utilizados, como a revisão sistemática da literatura e análise bibliométrica. Os resultados e análises são apresentados em seguida, seguidos por discussões sobre os principais *insights*, metodologias de estudo, áreas de assunto e tendências emergentes nas *Smart Cities* e gestão de resíduos. As implicações teóricas e práticas são discutidas, seguidas pelas considerações finais e as referências.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. TERMOS E DEFINIÇÕES DE SMART CITIES

O conceito de *Smart Cities* ou cidade inteligente surgiu como uma solução para a rápida urbanização em todo o mundo (Kim *et al.*, 2023). O termo é amplamente utilizado hoje em dia, mas não existe um significado universalmente aceito. No entanto, este termo pode ser interpretado de forma diferente entre nações, instituições e obras escritas (Kumar *et al.*, 2023).

[...] um lugar onde as redes e serviços tradicionais se tornam mais eficientes com o uso de tecnologias digitais e de telecomunicações para o benefício de seus habitantes e negócios. Uma cidade inteligente vai além do uso de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) para melhor uso de recursos e menos emissões. Isso significa redes de transporte urbano mais inteligentes, melhorias no fornecimento de água e na eliminação de resíduos e formas mais eficientes de iluminação e aquecimento. Isso também significa uma administração municipal mais interativa e receptiva, espaços públicos mais seguros e atendendo às necessidades de uma população que está envelhecendo. (European Commission., 2019).

As cidades são grandes centros urbanos, agitados, complexos e em constante evolução. Pensar em uma cidade significa associá-la com um ambiente resiliente e sustentável, capaz de dar respostas rápidas e eficientes às ameaças externas, como, por exemplo, mudanças climáticas, desastres, chuvas intensas, furacões, ou, simplesmente, atender aos princípios básicos de segurança alimentar ou de qualquer outra natureza (Monzoni e Nicolletti, 2015).

Com o processo da urbanização nas cidades, traz consigo inúmeros desafios que resultam em políticas públicas com aberturas sobre as relações especiais, econômicas, sociais, culturais e ambientais. É preciso considerar que a urbanização é um processo multidimensional no qual um grande número de pessoas se concentra em uma área geográfica para formar cidades (Bertol, 2022).

Desde o século passado, a população nas grandes cidades e áreas metropolitanas está aumentando constantemente, de acordo com a pesquisa populacional das Nações Unidas (ONU) até 2021, mais de 60% da população mundial vivia em grandes cidades (Karim *et al.*, 2022; Rehman *et al.*, 2023). Além disso,

estima-se também que até 2050 cerca de 70% da população mundial total estará vivendo em grandes cidades (Rehman *et al.*, 2023).

A urbanização é uma das formas de criação de valor para as cidades, a parcela da população que habita em cidades (cerca de 54% da população) gera um acréscimo de 80% do PIB mundial. No entanto, nem toda urbanização é de caráter prático e de maneira especial se não for planejada (UNITED STATES, 2016). O vasto crescimento da urbanização é fruto de problemas urbanos, principalmente sobre a infraestrutura urbana e recursos naturais.

De acordo com Gil-Garcia *et al.*, (2016) a acelerada urbanização acentua: na dificuldade da gestão de resíduos; na insuficiência e a má gestão de recursos; na poluição do ar; nas ausências no sistema de atenção à saúde; engarrafamentos no tráfego urbano; e desajustamento, escassez e obsolescência das infraestruturas urbanas como um todo.

Os termos *Smart City* ou *Smart Cities* vêm se destacando nos últimos anos, porém não há uma definição totalmente consolidada (Angelidou, 2015). Para fins desta pesquisa iremos considerar *Smart Cities* ou Cidades Inteligentes, com o mesmo significado. O conceito de *Smart Cities*, ou cidades inteligentes, existe há mais ou menos vinte anos. Embora tenha sido introduzido pela primeira vez na década de 1990, desde então vários acadêmicos têm tentado desenvolver uma definição adequada para este tema (Hajduk, 2016; Bertol, 2022; Pereira *et al.*, 2022).

De acordo com os estudos de Pereira *et al.* (2022) foi somente a partir de 2015, com a publicação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável pela ONU, que o conceito toma mais força e uma agenda começa a ser trabalhada globalmente e no Brasil. O conceito muitas vezes está relacionado diretamente com o desenvolvimento sustentável, embora tenha a finalidade de tornar as cidades e os assentamentos humanos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Apesar do conceito de *Smart Cities* ou cidades inteligentes careça de uma abordagem mais elaborada que permita fazer análises comparativas através do seu significado e na construção de critérios de avaliação, por ter um significado complexo, definir *Smart Cities* necessita de uma leitura mais aprofundada da literatura científica e chegar em um consenso sobre uma definição única.

Os estudos sobre o fenômeno das *Smart Cities* são relativamente recentes (Hajduk, 2016). O conceito de “cidade inteligente” tem várias definições, como: cidade do conhecimento, cidade sustentável e cidade digital (João *et al.*, 2019). Desde então,

uma série de avanços sucessivos no assunto foram surgindo com o passar dos anos. De acordo com Cocchia (2014), situações tecnológicas como o surgimento da internet, situações de política ambiental global, investimentos e estratégias em cidades digitais e pesquisas sobre esses temas foram as causas do aumento do número de artigos publicados sobre cidades inteligentes/cidades digitais após 2009.

Para Mendes (2020), a maior parte dos conceitos associados a *Smart Cities* teve sua origem nas instituições acadêmicas e foram sendo incorporados gradativamente pelas administrações das cidades, segundo os seus perfis/objetivos, cada uma buscando uma identidade própria (*brand*) que a diferenciasse das demais e, conseqüentemente, permitisse torná-la mais atrativa. Apesar desse argumento, o conceito de *Smart Cities* sofreu uma guinada de rumos devido aos estímulos das atividades relacionadas às tecnologias da informação e da comunicação (TIC).

De acordo com Pereira *et al.*, (2022) o número de estudos às *Smart Cities* ou cidades inteligentes cresce rapidamente, mas esse debate ainda é bastante fragmentado e difuso, o que é confirmado pelos estudos de (Macadar *et al.*, 2016; Meijer e Bolívar, 2016; Ruhlandt, 2018). Além disso, Pereira *et al.*, (2022) ressalta que o próprio termo “*Smart Cities*” é controverso e criticado na literatura, por dois motivos: a influência de grandes corporações de tecnologia, principalmente a IBM, interessada em vender soluções tecnológicas para as cidades (Söderström *et al.*, 2014); e a possibilidade de entender a cidade sob uma nova perspectiva, onde a colaboração cidadão-governo mediada pelas TIC abre novos paradigmas de pesquisa (Przeybilovicz e Cunha, 2019).

Para Hollands (2008) o conceito de *Smart Cities* é atualmente genérico e otimista para as cidades e não há uma definição generalizada, a qual precisa ser elaborada. Mas para Caragliu *et al.*, (2011), numa definição mais sofisticada, a cidade é inteligente quando os investimentos em capital humano e social, infraestrutura urbana e tecnologias de informação impulsionam o crescimento econômico sustentável, qualidade de vida, com gestão inteligente dos recursos naturais, por meio de governança participativa.

Diversos estudos têm sido realizados a respeito do que venha ser uma *Smart City*. Embora alguns conceitos considerem a sustentabilidade da cidade como objetivo auxiliar de uma cidade inteligente (Han e Hawken, 2017), na literatura não há um alinhamento do que se define uma *Smart City*, embora alguns conceitos convergem

para a melhoria da qualidade de vida, crescimento econômico e desenvolvimento sustentável (Neirotti *et al.*, 2014).

De acordo com os estudos de Carvalho *et al.*, (2020) o termo “cidade do futuro” indicava características de planejamento urbano que foram significativamente melhoradas pelas ferramentas de TIC nas últimas décadas, até que o termo foi substituído por “cidade inteligente” (*Smart City*). Basicamente esse termo se deve ao fato em função das tecnologias de Inteligência Artificial (AI), Internet das Coisas (IoT) bem como do avanço da velocidade dos serviços de conexão à internet nas cidades.

De acordo com a concepção de João *et al.*, (2019), o conceito de *Smart Cities* é um dos mais importantes e altamente desenvolvidos para melhorar a qualidade de vida e a competitividade dos habitantes das cidades. Este conceito envolve a aplicação estratégica de tecnologias e infraestruturas inovadoras para criar ambientes urbanos mais eficientes, sustentáveis e conectados.

Para compreender o conceito de *Smart Cities* e sua diversidade na literatura científica, além de uma melhor visualização e comparação sobre diversas contextualizações das *Smart Cities*, é apresentado um resumo por adaptação própria dos autores citados no rodapé do Quadro 1.

Quadro 1 – Definições de *Smart Cities*/Cidades Inteligentes de diferentes autores.

Autores/Ano	Definição de Smart Cities/Cidades Inteligentes
Pandiyani <i>et al.</i> (2023)	Uma cidade inteligente visa resolver ou aliviar os desafios causados pela urbanização em rápido crescimento e pelo crescimento populacional, tais como a gestão de resíduos, a mobilidade e o fornecimento de energia, maximizando a produtividade e otimizando os recursos.
Prasad e Alizadeh (2020)	O conceito de cidade inteligente tem origem no conceito de terra inteligente proposto pela IBM em 2008, que pode ser visto como o produto da combinação da cidade digital e da Internet das Coisas.
Eger (2019)	Toma decisões de forma consciente para implementar tecnologias de forma agressiva para resolver seus problemas sociais e necessidades de negócios, fazendo uso dessas tecnologias também como oportunidade para reconstruir e renovar o sentimento de lugar e de orgulho cívico, promover o desenvolvimento e o crescimento econômico, emprego e melhoria da qualidade de vida.

Costa (2018)	Uma Cidade mais Humana, Inteligente e Sustentável (CHIS) pode ser definida como uma comunidade que promove sistematicamente o bem-estar completo de todos os seus residentes e, proativamente e sustentavelmente, é capaz de se transformar num lugar cada vez melhor para as pessoas morarem, trabalharem, estudarem e se divertirem.
Kondepudi e Kondepudi (2015)	Uma cidade inteligente e sustentável é uma cidade inovadora que utiliza Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) e outros meios para melhorar a qualidade de vida, a eficiência das operações e serviços urbanos e a competitividade, garantindo ao mesmo tempo que atenda às necessidades das gerações presentes e futuras com respeito aspectos econômicos, sociais e ambientais.
Ben-Letaifa (2015)	Uma cidade é "inteligente" quando pode integrar e sincronizar liderança formal e participação democrática endógena no ecossistema urbano baseado em TI. Cidades inteligentes são criativas e inteligentes.
Batty <i>et al.</i> , (2012)	Uma <i>Smart City</i> é uma cidade em que as TICs são mescladas com infraestruturas tradicionais, coordenando e integrando o uso de novas tecnologias digitais. <i>Smart Cities</i> também são instrumentos para melhorar a competitividade de tal forma que a comunidade e a qualidade de vida são reforçadas.
Hollands (2008)	Uma "cidade inteligente" é geralmente aceite como aquela que aproveita a tecnologia para aumentar a sustentabilidade ambiental, fomentar o desenvolvimento económico e melhorar a qualidade de vida dos residentes através da governação participativa.

Fonte: Adaptado de Barba-Sánchez *et al.*, (2019); Cunha (2019); e Papa *et al.*, (2015).

Cada definição traz à tona aspectos únicos e nuances do conceito de cidades inteligentes. Em conjunto, essas definições representam as várias dimensões do conceito de cidades inteligentes, que vão desde a tecnologia até a participação cidadã, sustentabilidade e qualidade de vida. Cada autor aborda o tema com uma lente específica, contribuindo para uma compreensão mais abrangente das cidades inteligentes.

Para o Instituto das Cidades Inteligentes (ICI, 2018), uma organização com atuação em todo o território nacional brasileiro, referência em pesquisa, integração, desenvolvimento e implementação de soluções completas para a gestão pública, considera cinco características relevantes para uma *Smart Cities*: mobilidade, população, governo, sustentabilidade e qualidade de vida. Estas características são apresentadas na Figura 1, onde ilustra o conceito de *Smart Cities* e a relação entre esses diferentes agentes e esferas.

Figura 1 – Ilustração do conceito de *Smart Cities/Cidades Inteligentes*.



Fonte: Rosa *et al.*, (2020).

Cada uma delas desempenha um papel crucial na construção de uma cidade inteligente que atenda às necessidades e desafios da vida urbana contemporânea. A ilustração da Figura 1 provavelmente mostra como essas características estão interconectadas e influenciam-se mutuamente. A interligação dessas características ilustra como uma abordagem holística é essencial para o desenvolvimento de uma cidade inteligente eficaz.

As cidades podem ser consideradas o futuro da humanidade (Genari *et al.*, 2018). Tal afirmação, segundo Harrison e Donnelly (2011), se consolida pelo fato de que, no século XVIII, apenas 5% da população mundial residia em uma grande cidade. Como tendência, verifica-se a significatividade dessa proporção, com a expectativa de que 80% da população mundial resida em cidades, até o final do século XXI, fazendo com que a população urbana supere, de forma expressiva, a rural (Papa *et al.*, 2015; Zubizarreta *et al.*, 2015).

O *Connected Smart Cities* apresenta uma classificação de destaque, avaliando 74 indicadores em cidades com mais de 50 mil habitantes, abrangendo 11 eixos temáticos. Esta análise visa identificar as cidades mais avançadas em áreas como mobilidade, urbanismo, saúde, educação, economia, entre outros.

Para o *Connected Smart Cities – CSC* (2023), uma cidade inteligente é aquela que utiliza diversas tecnologias para coletar e empregar dados na gestão eficiente de recursos e ativos, proporcionando serviços aprimorados à população. Para identificar as cidades mais inteligentes do Brasil nesse contexto, o *Ranking Connected Smart*

Cities adotou 74 indicadores distribuídos em 11 eixos temáticos. Na figura 2 é apresentado o resultado do Ranking *Connected Smart Cities* 2023.

Figura 2 – Ranking *Connected Smart Cities* – CSC (2023)

POSIÇÃO	MUNICÍPIO - UF	NOTA
1º	Florianópolis - SC	36,762
2º	Curitiba - PR	35,789
3º	São Paulo - SP	35,604
4º	Belo Horizonte - MG	35,540
5º	Niterói - RJ	35,492
6º	Barueri - SP	35,477
7º	Vitória - ES	35,468
8º	Santos - SP	35,429
9º	Salvador - BA	34,308
10º	Rio de Janeiro - RJ	34,307

Fonte: Cities (2023).

Desenvolvido pela *Urban Systems* em colaboração com a Necta, o ranking tem como propósito mapear as cidades com maior potencial de desenvolvimento no Brasil por meio de indicadores que refletem inteligência, conexão e sustentabilidade. Essa iniciativa visa proporcionar *insights* valiosos sobre o panorama das cidades brasileiras, estimulando práticas inovadoras e sustentáveis em prol do progresso urbanístico.

Embora o conceito de *Smart Cities* partilhe de problemas específicos, não existe uma visão comum e livre de contexto de *Smart Cities* que explique claramente aos decisores políticos da cidade o que é uma *Smart City* (Lara *et al.*, 2016). Neirotti *et al.*, (2014) destaca este mesmo problema como um dos principais obstáculos ao processo de difusão de iniciativas de cidades inteligentes. A imprecisão do conceito é um grande obstáculo para convencer os decisores políticos e administradores urbanos a investirem mais em iniciativas de cidades inteligentes para transformar as suas cidades (Abdoullaev, 2011; Hollands, 2008; Wolfram, 2012).

Em resumo, as *Smart Cities* representam um paradigma inovador na forma como abordamos o desenvolvimento urbano no século XXI. A convergência das infraestruturas avançadas, tecnologias inteligentes e a valorização do capital humano está remodelando a maneira como vivemos, trabalhamos e interagimos nas cidades. Através da integração das TIC, o fomento à economia criativa, a promoção da sustentabilidade e a criação de espaços urbanos centrados nas necessidades

humanas, as *Smart Cities* estão pavimentando o caminho para uma qualidade de vida aprimorada e um futuro mais sustentável. Com essa compreensão sólida sobre os princípios das cidades inteligentes, estabelecemos uma base sólida para explorar as implicações práticas e os desafios que emergem desse conceito inovador ao longo deste estudo.

2.2. A GESTÃO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (REEE)

No mundo de hoje, o crescimento populacional, a urbanização, a industrialização avançada e as economias em desenvolvimento contribuem para o rápido aumento de diferentes tipos de resíduos (Sharma *et al.*, 2023; Thukral e Singh, 2023). À medida que as populações crescem e as áreas urbanas se expandem, a demanda por bens de consumo aumenta, o que, por sua vez, impulsiona a produção industrial. Esse ciclo de consumo e produção acelerada resulta em uma maior geração de resíduos, abrangendo uma ampla gama de materiais e produtos, incluindo os resíduos eletroeletrônicos.

A conexão entre o crescimento econômico e o aumento da geração de resíduos não pode ser subestimada. Enquanto as economias se desenvolvem, a demanda por produtos eletrônicos, como dispositivos móveis, computadores e eletrodomésticos, também cresce substancialmente. No entanto, muitas vezes, a infraestrutura de gestão de resíduos não acompanha esse rápido crescimento, levando a desafios significativos em termos de descarte adequado e sustentável.

Para Thukral e Singh (2023) no século XXI, a produção e o consumo de equipamentos eletroeletrônicos são fundamentais para o desenvolvimento econômico. De fato, a produção e o consumo de equipamentos eletroeletrônicos têm se estabelecido como pilares fundamentais para o desenvolvimento econômico em todo o mundo.

No contexto atual, onde a tecnologia e a inovação desempenham um papel central nas economias, os equipamentos eletroeletrônicos tornaram-se componentes indispensáveis da vida cotidiana. Eles abrangem uma ampla gama de produtos, desde dispositivos móveis e computadores, até sistemas de entretenimento e

eletrodomésticos, todos desempenhando papéis cruciais na produtividade, comunicação e conveniência da sociedade moderna.

As siglas *WEEE* e *REEE* têm um significado importante no contexto da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, ressaltando a necessidade de abordagens sustentáveis para lidar com o descarte desses produtos. A sigla *WEEE* - *Waste Electrical and Electronic Equipment* (Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos) se refere a resíduos provenientes de dispositivos eletroeletrônicos, como computadores, telefones celulares, eletrodomésticos e equipamentos de entretenimento.

A sigla *REEE* – (Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos) é a representação em português da sigla *WEEE* em inglês. Ela também se refere aos resíduos gerados a partir de equipamentos elétricos e eletrônicos descartados ou obsoletos. Estes resíduos incluem uma variedade de produtos, desde dispositivos de comunicação e informática até eletrodomésticos, equipamentos de iluminação e dispositivos médicos.

Nos últimos anos, os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônico (*REEE*) cresceram três vezes mais rápido que a população mundial e 13% mais que o Produto Interno Bruto (*PIB*) mundial. Somente 17,4% desses resíduos são tratados adequadamente e o despejo incerto impõe riscos ao meio-ambiente e à saúde humana (Franz *et al.*, 2022).

De acordo com os achados de Forti *et al.*, (2020), Thukral *et al.*, (2023) e Sengupta *et al.*, (2023), o Relatório Global do Monitor de Resíduos Eletrônicos de 2020 indica que 53,6 milhões de toneladas métricas (*TM*) de lixo eletrônico compreendendo produtos descartados com bateria ou plugs, como computadores e telefones celulares, foram gerados em todo o mundo em 2019, um aumento de 9,2 *TM* em cinco anos. Além disso, o relatório prevê que o lixo eletrônico global atingirá 74,7 *TM* até 2030, quase o dobro do valor de 2014, alimentado por taxas de consumo elétrico e eletrônico mais elevadas, ciclos de vida mais curtos e opções de reparação limitadas.

A participação da população na correta separação e destinação do lixo eletrônico é um dos fatores mais importantes para o sucesso de um plano de gerenciamento desse tipo de resíduo (Thukral e Singh, 2023). Embora o Brasil seja o segundo maior produtor de lixo eletrônico nas Américas, com 2,14 *TM*/ano e 10,2

kg/habitante (Forti *et al.*, 2020), os dados sobre a gestão do lixo eletrônico são escassos.

No Brasil, algumas pesquisas sobre práticas de gestão de lixo eletrônico pela população têm sido realizadas. Moura *et al.*, (2017) apontaram que o descarte conjunto com o lixo doméstico, bem como o armazenamento domiciliar, são as práticas mais comuns de descarte do lixo eletrônico.

A expressão *E-waste*, ou lixo eletrônico, refere-se a eletrônicos obsoletos e em fim de vida, como televisores, *laptops*, geradores, *freezers*, computadores e outros aparelhos eletrônicos que foram descartados por seus proprietários. Tecnicamente, o lixo eletrônico é uma divisão de dispositivos ou equipamentos elétricos e eletrônicos (Jain *et al.*, 2023).

Uma das definições de lixo eletrônico dada por Guerin (2008), citada por Rezende *et al.*, (2015), declara que:

O nome lixo eletrônico é dado devido à existência de materiais que são biodegradáveis a natureza, mas esses mesmos geram energia principalmente elétrica suficiente para a utilização de diversos equipamentos, contudo eles são descartados em ambientes indevidos e de forma irresponsável, ocasionando impactos ambientais como, por exemplo, esses equipamentos são jogados em lixões provocando a contaminação do lençol freático, ou seja, a sociedade será penalizada por esse descuido, é onde entra a logística reversa, ela surgiu com o intuito de mudar esse cenário.

De acordo com Rezende *et al.*, (2015) os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) são todos os equipamentos avariados ou fora de uso que no seu período de vida útil estão dependentes de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para funcionar corretamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos.

Com base na citação de Rezende (2015), é importante destacar que os REEE não se limitam apenas aos dispositivos em si, mas também incluem equipamentos relacionados à geração, transferência e medição de correntes elétricas e campos eletromagnéticos. Isso significa que cabos, transformadores, medidores elétricos e outros componentes associados à infraestrutura elétrica também podem ser considerados REEE quando se tornam obsoletos ou avariados.

O gerenciamento de resíduos, enquanto parte da gestão ambiental, ocorre de forma diferenciada em cada país ou região (Xavier e Carvalho, 2014). Em relação à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), os danos resultantes

da exposição de metais pesados e outros compostos tóxicos consistem nos principais indicadores a serem considerados no manejo dessa categoria de resíduo (Xavier e Carvalho, 2014).

De acordo com Xavier e Carvalho (2014), a primeira referência mundial sobre a destinação desses tipos de resíduos foi a proposição da Convenção da Basileia proposta em 1989, que estabelece limites para a movimentação transfronteiriça de produtos perigosos, bem como apresenta restrições a respeito da destinação de diferentes categorias de resíduos.

Através da Diretiva 2011/65/UE, emitida pela União Europeia em 2012, que atualizou a Diretiva referente aos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) anteriormente estabelecida em 2002 (Diretiva 2002/96/EC), foram propostas diretrizes para a categorização de equipamentos eletroeletrônicos em 11 classes distintas. Essa categorização tem como objetivo simplificar a avaliação do potencial de risco associado a cada categoria de produtos, considerando fatores como a vida útil, a composição de materiais, o tamanho dos equipamentos e outros critérios específicos para cada classe.

Figura 3 – Categorias dos REEE segundo a Diretiva nº 19 de 2012 da Comunidade Europeia.

Categoria	Exemplo de equipamentos
1. Eletrodomésticos de grande porte	Refrigeradores, freezers, fogões, máquinas de lavar e de secar roupas, micro-ondas, máquinas de lavar louças, equipamento de ar condicionado.
2. Eletrodomésticos de pequeno porte	Aspirador de pó, ferro de passar roupa, torradeiras, fritadeiras, facas elétricas, relógios de parede e de pulso, secador de cabelo.
3. Equipamentos de TI e Comunicação	<i>Mainframes</i> , impressoras, minicomputadores, computadores pessoais, <i>laptop</i> , calculadoras, aparelho de fax, netbooks, celular, telefone, tablet.
4. Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos	Aparatos para rádio e TV, câmera de vídeo, gravadores hi-fi, amplificadores de áudio, instrumentos musicais, painéis fotovoltaicos.
5. Equipamento de iluminação	Luminárias para lâmpadas fluorescentes (exceto luminárias domésticas), lâmpadas fluorescentes, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas de vapor de sódio, lâmpada de halogêneo.
6. Ferramentas eletroeletrônicas	Serras, esmeril, furadeiras, máquinas de corte, parafusadeiras, ferramentas de atividades de jardinagem, máquinas de solda.
7. Equipamentos de lazer, esporte e brinquedos	Trens e carros elétricos, vídeo game, console de videogame, computadores para ciclismo, corrida, e outros esportes, equipamentos de esporte.
8. Equipamentos médicos	Equipamentos de radioterapia, cardiologia, diálise, medicina nuclear, análise de laboratório, freezers.
9. Instrumentos de monitoramento e controle	Detector de fumaça, regulador de aquecimento ou resfriamento, termostatos, equipamentos de monitoramento para uso doméstico ou industrial.
10. Caixas de autoatendimento	Dispenseres (caixas de autoatendimento) de bebida, produtos sólidos, dinheiro, entre outros.
11. Outros	Outras categorias não consideradas anteriormente.

Fonte: (Xavier e Carvalho, 2014).

A figura 3, que representa as categorias dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) de acordo com a Diretiva 2012/19/UE da Comunidade Europeia, é uma ferramenta visual valiosa para entender a classificação e a abrangência dos REEE dentro dessa legislação específica. Ela oferece uma visão clara das diferentes categorias em que os equipamentos eletroeletrônicos são agrupados, o que pode ser essencial para a implementação eficaz de políticas de gestão de resíduos eletroeletrônicos.

Para Mor *et al.*, (2021) o lixo eletrônico está a aumentar drasticamente, com uma taxa de crescimento de 20-25% anualmente. A difusão cumulativa no mercado, o mercado de substituição e a elevada taxa de obsolescência fazem do lixo eletrônico o fluxo de resíduos em mais rápido desenvolvimento. A prevenção da poluição abrange os métodos que ajudam a diminuir o uso de materiais, equipamentos, energia perigosos e não perigosos etc. (Jatindra e Sud, 2009; Mor *et al.*, 2017).

Uma única pessoa utiliza mais de cinco componentes elétricos diariamente. De acordo com uma pesquisa recente realizada pelo Escritório Geral de Estatísticas, os residentes de Hanói descartaram 1.611.000 televisores, 97.000 computadores pessoais, 1.78.000 refrigeradores, 1.36.000 máquinas de lavar e 97.000 aparelhos de ar-condicionado no ano de 2020 (Brindhadevi *et al.*, 2023).

Para Flach *et al.*, (2020) resíduos originados de EEE (Equipamentos Eletroeletrônicos) deve-se escolher a forma menos agressiva para o procedimento de descarte, e sempre que possível, procura-se reciclar todo o tipo de material com potencialidade para tal finalidade. Essa nova feição da responsabilidade ambiental na gestão dos resíduos prevista na PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos) é a maior esperança para que se possa construir uma correta e eficiente gestão dos Resíduos de Equipamento Eletroeletrônicos.

A Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) no Brasil foi regulamentada pela Lei nº 12.305 de 2010 e o Decreto nº 7.404 de 2010, nos quais são especificadas as responsabilidades por meio da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Xavier, 2017).

Segundo Xavier e Carvalho (2014) observa que no Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que foi estabelecida com considerável atraso por meio da Lei Federal nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, introduziu um sistema de responsabilidade compartilhada ao longo do ciclo de vida do produto. Isso resultou em várias obrigações legais para a cadeia produtiva, incluindo

a obrigação de desenvolver e implementar sistemas de logística reversa para produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Xavier e Carvalho (2014) destacam que, em comparação com a regulação europeia de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e até mesmo com a regulamentação brasileira de outros tipos de resíduos sujeitos à logística reversa, a regulamentação de REEE no Brasil ainda é bastante limitada. Atualmente, não existe um marco regulatório federal que forneça uma definição clara do que são os REEE. Embora tenham ocorrido algumas iniciativas legislativas em nível estadual e municipal, e apesar da inclusão dos produtos eletroeletrônicos e seus componentes nas regras de logística reversa obrigatória por meio da PNRS, a regulamentação específica dos REEE no Brasil ainda é incipiente (Xavier e Carvalho, 2014).

De acordo com Xavier e Carvalho (2014), no contexto jurídico brasileiro anterior à promulgação da Lei nº 12.305/2010, que corresponde à nossa Política Nacional de Resíduos Sólidos, não existia uma legislação abrangente, unificada e de âmbito federal que fornecesse uma definição clara para o termo "resíduo". Além disso, apenas alguns tribunais no país haviam abordado diretamente essa questão, embora já houvesse decisões judiciais relevantes relacionadas a alguns tipos específicos¹ de resíduos nessa época.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) coloca a responsabilidade nas mãos das empresas e outros agentes envolvidos na cadeia de produção quando se trata do descarte adequado de produtos que tenham alcançado o fim de sua vida útil ou que se tornaram inutilizáveis para os consumidores (Pereira e Silveira, 2015).

De acordo com Castro *et al.*, (2021) o Brasil possui uma Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que indica em seu Art. 33 que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de Pilhas, Baterias e Produtos Eletrônicos e seus Componentes devem estruturar e implementar sistemas de logística reversa de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

A PNRS estabelece a necessidade de criar sistemas de logística reversa para diversos tipos de resíduos, incluindo Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), também conhecidos como lixo eletrônico (*E-waste*). Um dos princípios

¹A respeito da aplicação da responsabilidade pós-consumo decorrente dos resíduos de embalagens plásticas tipo PET de refrigerantes, por exemplo, vale conferir pioneiro julgado do Tribunal de Justiça do Paraná (PARANÁ, 2002).

fundamentais dessa legislação é o conceito de "responsabilidade compartilhada", que determina que todos os agentes envolvidos na cadeia de abastecimento, como fabricantes, distribuidores, importadores, varejistas, governo e até mesmo o consumidor final, devem assumir responsabilidades na gestão da logística reversa. Essa partilha de responsabilidades cria uma dinâmica propícia a conflitos, os quais precisam ser adequadamente abordados, sob pena de comprometer a própria eficácia da PNRS (Guarnieri et al., 2016b).

A Responsabilidade Compartilhada gera uma cadeia de responsabilidade diferenciada entre os diversos intervenientes na gestão integrada de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Quadro 2 – Obrigações dos vários intervenientes na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Os produtores e fabricantes:	Os comerciantes e distribuidores:	Os consumidores:
Terão eles uma responsabilidade pelo produto eletroeletrônico, mesmo após o fim da sua vida útil, obrigando-se a promover a Logística Reversa (art. 33, da PNRS), mas, também, uma correta rotulagem ambiental para possibilitar a efetivação dessa logística (art. 7º, inciso XV, da PNRS); a e concepção do produto, a fim de prevenir os perigos decorrentes da transformação do produto em resíduo (art. 31, inciso I da PNRS); e, ainda, obrigações financeiras para com a entidade gestora dos resíduos, conforme art. 33, §7º da PNRS (caso em que os produtores contratam uma terceira entidade para gerir os REEE).	A responsabilidade se traduz no dever de informar os clientes e consumidores no que tange à logística reversa e sobre os locais onde pode ser depositado o lixo eletrônico e de que forma esses resíduos serão valorizados (art. 31, inciso II da PNRS); 43 n. 7 (2012) SSN 1980-7341.	Estes assumem a obrigação de colaborar com a gestão dos REEE, depondo, seletivamente, o lixo eletrônico nos locais identificados pelos comerciantes e distribuidores (art. 33, §4º, da PNRS).

Fonte: (Flach *et al.*, 2020), Adaptado de (PNRS, 2010).

Um dos principais fatores que contribuiu para esse aumento no descarte de lixo eletrônico ao longo dos anos é a forte ênfase das empresas e marcas na promoção do consumo, incentivando a troca frequente de produtos. No entanto, muitas dessas empresas não fornecem soluções adequadas para o descarte responsável de seus produtos, concentrando seus esforços apenas na fase de venda e uso, negligenciando a etapa pós-utilização.

A gestão de REEE refere-se ao conjunto de práticas, políticas e regulamentações que visam garantir o tratamento adequado, reciclagem e disposição final ambientalmente correta dos resíduos gerados por dispositivos eletroeletrônicos. Isso inclui a coleta, desmontagem, recuperação de materiais valiosos, eliminação segura de substâncias tóxicas e a promoção do condicionamento e reuso de equipamentos, sempre com base em princípios de sustentabilidade ambiental e responsabilidade compartilhada.

Em nações em desenvolvimento, a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) é agravada pela rápida expansão econômica e pelo inadequado manejo tradicional desses resíduos (Deshmukh *et al.*, 2002). Esses métodos tradicionais de gerenciamento de resíduos não apenas impactam negativamente o meio ambiente local e a saúde pública, mas também afetam as áreas circunvizinhas (Murad e Siwar, 2007).

No Brasil, é comum que o lixo eletrônico seja descartado junto com os resíduos recicláveis em geral, resultando em uma prática generalizada (Araujo *et al.*, 2017; Moura *et al.*, 2017; J. D. de Oliveira *et al.*, 2020; Santos e Ogunseitan, 2022). Contudo, parte significativa desses resíduos também é misturada ao lixo comum, sendo encaminhada para aterros sanitários (Thomé *et al.*, 2016; Santos e Ogunseitan, 2022).

De acordo com Santos e Ogunseitan (2022), no Brasil, as instalações de reciclagem de lixo eletrônico são escassas, com a maioria (89%) realizando apenas operações básicas de desmontagem. Os resíduos eletrônicos são recebidos de várias formas: (i) por meio de parcerias comerciais; (ii) coletas particulares organizadas pelos recicladores; (iii) doações voluntárias pelos consumidores; (iv) compra por catadores (que muitas vezes utilizam métodos primitivos e perigosos para desmontar os produtos); e (v) programas municipais. Após desmontagem, triagem e trituração, os materiais são exportados para centros de reciclagem internacionais (Santos e Ogunseitan, 2022).

Atualmente, o sistema de reciclagem de lixo eletrônico no Brasil funciona independentemente da ação dos fabricantes, importadores, distribuidores e da supervisão governamental. Embora a PNST (Política Nacional de Sólidos e Resíduos) esteja relacionada aos princípios da EPR (Responsabilidade Estendida do Produtor), ela não fornece detalhes sobre a estrutura necessária (partes interessadas, financiamento, monitoramento etc.) para o efetivo funcionamento da logística reversa (Santos e Ogunseitan, 2022). A logística reversa existente depende, em grande parte,

de um mercado informal no qual os catadores desempenham um papel central (J. D. de Oliveira *et al.*, 2020; Ghisolfi *et al.*, 2017; Guarnieri *et al.*, 2016; Santos e Ogunseitan, 2022).

O Brasil gera aproximadamente 680 mil toneladas/ano de REEE, e estimativas com base no mercado de trabalho formal sugerem que menos de 1% dos resíduos eletrônicos produzidos recebem um tratamento ambiental adequado (Caiado *et al.*, 2017). Para enfrentar esse desafio, é crucial desenvolver planos de gestão integrada para resíduos sólidos urbanos. Isso envolve a incorporação de considerações econômicas, sociais e ambientais, abrangendo todas as fases, desde a geração até a destinação final, com ênfase nas opções de reutilização e reciclagem (Zlamparet *et al.*, 2017).

De acordo com Castro *et al.*, (2021) conforme estipulado pela Resolução 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), existe a permissão para o descarte de pilhas e baterias no lixo comum. No entanto, é importante notar que, na prática, esses produtos acabam frequentemente sendo depositados em aterros sanitários, o que, segundo Roa (2010), só seria apropriado se houvesse um tratamento adequado do chorume resultante.

No Brasil, a implementação da coleta seletiva é um desenvolvimento relativamente recente. Somente a partir da Resolução 257 do CONAMA, datada de 22 de julho de 2001, a reciclagem de determinados tipos de pilhas e baterias começou a ser oficialmente regulamentada. No entanto, devido à falta de infraestrutura adequada e à escassa competição no setor de reciclagem, a coleta desses materiais tornou-se um desafio significativo em várias cidades brasileiras.

Para lidar com essa questão, em 2008, o CONAMA introduziu a Resolução 401, que estipula que os pontos de venda de pilhas e baterias em todo o território brasileiro têm a obrigação de oferecer aos consumidores locais de descarte desses produtos. Além disso, cabe aos comerciantes a responsabilidade de encaminhar todo o material coletado aos fabricantes ou importadores para garantir que sejam devidamente reciclados. Em casos em que a reciclagem não seja viável, a resolução determina que esses resíduos sejam destinados a aterros sanitários licenciados (CONAMA, 1999).

A Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica (ABINEE) categoriza os dispositivos eletroeletrônicos (EEE) em quatro categorias distintas, identificadas como "linhas", conforme ilustrado no Quadro 3:

Quadro 3 – Classificação dos equipamentos eletroeletrônicos

GRUPOS / LINHAS	EQUIPAMENTOS
Linha Branca	Refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar.
Linha Marrom	Monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras.
Linha Verde	Computadores desktops e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.
Linha Azul	Batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras.

Fonte: adaptado de ABINEE (2017).

Essas categorias, conhecidas como Linha Branca, Linha Marrom, Linha Verde e Linha Azul, são usadas para classificar os tipos de equipamentos eletroeletrônicos e eletrodomésticos com base em suas características e funcionalidades. A classificação é útil para diversos fins, incluindo a gestão de resíduos e a implementação de políticas de reciclagem e logística reversa.

O estado de Pernambuco possui duas legislações voltadas para a gestão de resíduos sólidos. A primeira delas é a Lei nº 14.236/2010, que deu origem ao Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), publicado em 2012. O principal objetivo do PERS foi realizar uma análise abrangente da situação dos resíduos sólidos no estado de Pernambuco e, a partir dessa análise, desenvolver um conjunto de metas e estratégias para orientar a gestão desses resíduos no estado (PERNAMBUCO, 2012). A segunda legislação, Lei Nº 15.084, de 6 de setembro de 2013, estabelece a obrigatoriedade de empresas que comercializam pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos de pequeno porte em Pernambuco instalarem coletores de lixo eletrônico (PERNAMBUCO, 2013).

No município de Caruaru, existe a Lei nº 7.319/2017, que criou o Programa "RECICLA CARUARU", juntamente com o Decreto nº 037, de 17 de maio de 2018, que aborda o Plano de Saneamento Básico Setorial para a limpeza urbana e o gerenciamento de resíduos sólidos da cidade (Caruaru, 2018).

Nos últimos anos, a geração crescente de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e a crescente conscientização ambiental destacaram a importância da reciclagem para o tratamento desses resíduos (Taurino *et al.*, 2010).

Um estudo sobre a recuperação de materiais de telefones celulares revelou que a energia necessária para recuperar cobre de dispositivos eletrônicos é muito menor do que a extração de cobre primário e comparável à energia necessária para refinar metais preciosos (Valero Navazo *et al.*, 2013).

Diante desses desafios, o Brasil precisa melhorar significativamente seu gerenciamento de REEE. Atualmente, cerca de 41,3% dos resíduos eletroeletrônicos municipais são destinados a aterros, conforme a ABRELPE (2015). Isso ressalta a urgência de implementar um sistema de gestão de REEE no Brasil, envolvendo diversos setores da SOCIEDADE (Morris e Metternicht, 2016; Manomaivibool e Hong, 2014) .

O governo, por meio de financiamento, leis, regulamentos e estruturas de gestão, pode incentivar a implementação de políticas e estratégias para promover o descarte adequado e a reciclagem de REEE (Y. Gu *et al.*, 2016; Yoshida *et al.*, 2016), alinhando o país com o conceito de "Economia Circular" (Mendes, 2015).

Os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) são restos provenientes de dispositivos que necessitam de eletricidade ou magnetismo para funcionar, podendo conter substâncias prejudiciais à saúde humana e ao ambiente conforme discutido por (XAVIER *et al.*, 2020).

No entanto, essas substâncias têm um alto valor de mercado, o que justifica investimentos em uma gestão apropriada para recuperar esses produtos e extrair seu valor como observado por (Gomes *et al.*, 2020; XAVIER *et al.*, 2020) estabeleceram um sistema de classificação para os REEE, dividindo-os em oito categorias principais, conforme descrito no Quadro 4.

Quadro 4 – Classificação dos REEE

Categoria	Descrição e Exemplos
Eletrodomésticos	Refrigeradores (geladeiras), secadoras de roupa, fogões, lavadoras, fornos elétricos, fornos de microondas, aparelhos de ar-condicionado, freezers horizontais e verticais, frigobares, lava-louças, entre outros.

Eletroportáteis	Batedeiras, secadores de cabelo, liquidificadores, furadeiras, aspiradores de pó, ferros elétricos, cafeteiras, aquecedores, centrífugas, máquinas de costura, máquinas de escrever, vaporizadores, câmeras fotográficas analógicas, ventiladores, barbeadores, multiprocessadoras, torradeiras, ferramentas, brinquedos, rádios comunicadores, etc. Componentes de áudio, projetores, filmadoras, aparelhos de VHS, DVD, Blu-ray, aparelhos de som e home-theaters e outros.
Monitores	Monitores e telas do tipo Tubo de Raios Catódicos (CRT), Telas de Cristal Líquido (LCD), monitores de LED e outros. Encontrados em aparelhos de TV, computadores, jogos eletrônicos, etc. Os monitores podem ser feitos de vidro (geralmente os mais antigos) ou de polímeros plásticos, como é o caso das telas mais modernas. Os monitores, de modo geral, configuram como uma categoria à parte, por possuírem especificidades quanto aos procedimentos de transporte, desmontagem e reaproveitamento de materiais.
Informática e telecomunicações	Computadores desktops, notebooks, periféricos, fax, tablets, impressoras, iPods, celulares, secretárias eletrônicas, placas de circuito integrado, reatores, discos rígidos, fitas de backup, copiadoras, gravadores de CD, DVD e VHS, plotters, scanners, terminais de caixa, terminais inteligentes, unidades de armazenamento externo, roteadores, cartuchos de tinta, toners, acessórios, mídias, PABX, modems, MP3 players, netbooks, smartphones, teclados, mouse, câmeras fotográficas digitais, videogames, videokes, microfones, calculadoras, fones de ouvido, etc.
Fios e Cabos	Os fios e cabos são condutores elétricos, ou seja, designados como um corpo formado de material condutor e destinado primordialmente à condução de corrente elétrica. O cobre e o alumínio são os dois metais mais usados à fabricação dos condutores elétricos e, em razão do alto valor de mercado, são coletados por diferentes agentes interessados em sua comercialização.
Pilhas e Baterias	Pilha é um dispositivo eletroquímico que tem a capacidade de converter energia química em energia elétrica. As pilhas e baterias são utilizadas no funcionamento de equipamentos eletrônicos. No entanto os procedimentos de descarte ainda não estão bem difundidos. O processo de recuperação de baterias automotivas encontra-se bem estabelecido.
Lâmpadas	As lâmpadas podem ser encontradas, em diferentes formatos e constituições, que resultam em materiais diferenciados a serem reciclados para cada produto. As lâmpadas que possuem vida útil curta são descartadas com maior frequência. São os estabelecimentos industriais, empresariais e comerciais os responsáveis pelo maior consumo e descarte de lâmpadas. Tipos de lâmpadas:

	fluorescentes clássicas, fluorescentes compactas, lâmpadas de sódio, lâmpadas de mercúrio, lâmpadas incandescentes.
Painéis Fotovoltaicos	Um módulo (painel) fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas conectadas para a geração de energia elétrica a partir da luz solar. As células fotovoltaicas podem ser de diferentes tipos e componentes. Os materiais recuperados, na reciclagem desses painéis, em geral, são: alumínio, vidro, prata, cobre, plástico, silício e telúrio.

FONTE: Xavier et al. (2020).

Em resumo, a classificação dos REEE é uma ferramenta crucial para uma gestão adequada desses resíduos, promovendo a sustentabilidade ambiental, a recuperação de recursos e a segurança pública. Ela desempenha um papel importante no tratamento responsável dos produtos eletrônicos no final de sua vida útil e na redução dos impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana.

Além disso, a reciclagem do lixo eletrônico tornou-se mais difícil devido às diferenças significativas no preço dos materiais recuperados e às barreiras tecnológicas (Copani *et al.*, 2019). Ao contrário de outros resíduos, é necessário um esforço contínuo para coletar e separar o lixo eletrônico devido à variedade de materiais usados na forma compacta de produtos eletrônicos, que é um dos desafios significativos da reciclagem de lixo eletrônico (Sahajwalla e Hossain, 2020). A implementação de tecnologias inteligentes nas atividades circulares é supostamente promissora para investir e introduzir novas ideias para o gerenciamento eficaz de lixo eletrônico (Zhou *et al.*, 2021).

Em resumo, a gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) representa uma peça fundamental no quebra-cabeça da sustentabilidade ambiental e na promoção de práticas responsáveis de consumo. Para avançar em direção a um futuro mais sustentável, é imperativo enfrentar os desafios associados a essa gestão, desde o descarte consciente por parte dos consumidores até a necessária regulamentação e fiscalização.

Somente por meio da conscientização, colaboração e compromisso de todas as partes interessadas, incluindo governos, indústrias, organizações de reciclagem e consumidores, podemos garantir uma gestão eficaz de REEE. Isso não apenas contribuirá para a redução dos impactos ambientais negativos, mas também para a

recuperação de recursos valiosos e a construção de um futuro verdadeiramente sustentável.

2.3. ECONOMIA CIRCULAR COM FOCO EM REEE E *SMART CITIES*

O conceito de economia circular (EC) ganhou força significativa globalmente no século 21 entre diferentes nações, organizações, formuladores de políticas, instituições acadêmicas, pesquisadores e empresas (Merli *et al.*, 2018; Goyal *et al.*, 2021). Cada vez mais é percebido como uma abordagem que oferece soluções para os problemas ambientais e econômicos decorrentes do crescente consumo de recursos finitos, da produção de resíduos (sejam eles resíduos sólidos ou eletrônicos), da contaminação dos ecossistemas (terra, água e ar) e da escassez de matérias-primas (Lieder e Rashid, 2016).

Nos âmbitos acadêmicos e popular, o conceito de Economia Circular (EC) está recebendo cada vez mais atenção, conforme indicado, entre outros aspectos, pelo crescimento exponencial de escritos profissionais e acadêmicos sobre o tema (D'Amato *et al.*, 2017; Murray *et al.*, 2017; Kirchherr *et al.*, 2018). No entanto, as ideias centrais do conceito de EC já surgiram na década de 1960 e foram discutidas ao longo da década de 1970, conforme citado por Blomsma e Brennan (2017).

De acordo com os achados de Kirchherr *et al.*, (2018), grande parte do entusiasmo atual em relação à EC parece ser alimentado pelos seus alegados benefícios para o desenvolvimento sustentável. Por exemplo, a EC poderia reduzir as emissões de CO₂ em 48%, criar um benefício econômico líquido de 1,8 bilhões de euros e dois milhões de empregos adicionais até 2030 na União Europeia (UE) (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

De acordo com Soo *et al.*, (2023) a EC por si só enfrenta atualmente desafios multifacetados, incluindo: implementação de tecnologia, barreiras políticas e regulatórias, investimento financeira e economicamente dispendioso, resistência nas empresas, desempenho, falta de interesse do cliente e aceitação social (Homrich *et al.*, 2018; Kirchherr *et al.*, 2018; Rajput e Singh, 2019; Zhang *et al.*, 2019; Hart *et al.*, 2019). Também existe uma falta de legitimidade institucional além dos sistemas

convencionais de reciclagem, o que impede um maior progresso na aceitação da EC (Ranta *et al.*, 2018).

O desenvolvimento do conceito de Economia Circular tem girado em torno dos princípios 3R/4R como Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Renovar (Patwa *et al.*, 2021). Esses princípios incentivam a diminuição da demanda por recursos naturais por meio da redução do desperdício, a reutilização de produtos e componentes sempre que possível, a reciclagem eficaz de materiais e a renovação dos sistemas naturais afetados.

Para Xavier e Ottoni (2021) a Economia Circular (EC) vai além dos R's mais conhecidos, como reduzir, reutilizar e reciclar. A Economia Circular é designada como um modelo integrado, restaurativo e regenerativo voltado primordialmente para os sistemas industriais, porém podendo ser aplicado a outras variadas áreas do conhecimento. Este conceito abrange a ideia de reduzir ou eliminar o desperdício através de ciclos otimizados de produtos, componentes, materiais e serviços, mantendo-os em sua mais alta utilidade e valor, como “nutrientes” para os ciclos técnico e biológico (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Uma Economia Circular bem sucedida contribui para todas as três dimensões do desenvolvimento sustentável (Korhonen *et al.*, 2018).

O conceito de Economia Circular, conforme definido por Xavier (2019), representa uma abordagem inovadora e abrangente que visa transformar sistemas industriais, mas que também pode ser aplicada a diversas outras áreas do conhecimento. O cerne desta abordagem está na busca pela redução ou eliminação do desperdício, através da otimização de ciclos de produtos, componentes, materiais e serviços. Isso implica manter esses recursos em seu estado de maior utilidade e valor, de modo a criar ciclos que funcionem de maneira semelhante aos processos naturais, onde nada é desperdiçado.

A Economia Circular foi incorporada por diferentes países (Pauliuk, 2018), como, por exemplo, na China é considerada como política para a sustentabilidade. A norma britânica BS 8001 afirma que o conceito não é novo mas, de fato, resgata propostas da década de 1960 (BSI, 2017). Desde então, conceitos como metabolismo industrial, simbiose industrial, ecologia industrial e outros já discutiam a relação entre a disponibilidade de recursos e a demanda de produção e consumo (Xavier, 2019).

De acordo com a *Ellen Macarthur Foundation* (EMF) (2021), a Economia Circular (EC) nas cidades deve se basear em três princípios:

1. Regenerar o sistema natural, preservando e aprimorando o capital natural;
2. Manter produtos e materiais em uso e reduzir utilização de materiais virgens;
3. Projetar resíduos e poluição.

Os três princípios estabelecidos pela *Ellen Macarthur Foundation* (2021) para a Economia Circular em áreas urbanas são essenciais para a promoção da sustentabilidade e da resiliência nas cidades. Ao priorizar a regeneração do sistema natural, a extensão do ciclo de vida dos produtos e a minimização da geração de resíduos e poluição, esses princípios visam criar ambientes urbanos mais eficientes, saudáveis e ambientalmente responsáveis.

A noção de cidade circular está surgindo como uma abordagem inovadora e prática no contexto do desenvolvimento urbano sustentável, como uma resposta aos desafios complexos e imediatos associados à urbanização. Isso inclui questões como as mudanças climáticas, o agravamento das desigualdades sociais e o aproveitamento responsável do capital natural, (Gravagnuolo *et al.*, 2019).

Segundo o Sistema Estatístico Europeu (ESS, 2021), a Economia Circular (EC) emerge como um conceito de grande relevância atualmente, sendo amplamente promovida pela União Europeia, diversos governos nacionais e numerosas empresas globalmente. A EC ganha destaque devido à sua capacidade de envolver tanto a comunidade empresarial quanto a formuladora de políticas no esforço pela sustentabilidade.

Na última década a conceituação da Economia Circular foi profundamente explorada na última década, com mais de 100 definições na literatura (Kirchherr *et al.*, 2017), potencialmente identificando o modelo como o “novo paradigma da sustentabilidade” (Geissdoerfer *et al.*, 2017). No entanto, a implementação da Economia Circular na prática requer uma abordagem global multinível e multiescala para o desenvolvimento da inovação em políticas, governação, modelos de negócios e sistemas de financiamento (Lemille, 2017; Group., 2018).

Segundo a CE100 Brasil (2017), os princípios por trás da Economia Circular não são completamente novos no Brasil e começaram a surgir em bolsões de atividade em todas as regiões do país. Empresas e outras organizações veem esses princípios como fatores orientadores da inovação com potencial comprovado de criação de valor e como uma oportunidade de se diferenciar no mercado, mesmo em tempos de turbulência econômica e limitações orçamentárias.

No contexto da gestão de resíduos eletroeletrônicos, a Economia Circular revela-se particularmente relevante. Esses resíduos, muitas vezes ricos em materiais preciosos e componentes reutilizáveis, podem se tornar uma mina de recursos se forem devidamente incorporados a um ciclo de produção e consumo circular. Dessa forma, a gestão inteligente de resíduos eletroeletrônicos não se limita apenas à redução de danos ambientais, mas se torna uma fonte de oportunidades econômicas e inovação tecnológica (Chen, 2022).

No contexto da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, a abordagem da Economia Circular visa reduzir a quantidade de lixo eletrônico enviado para aterros sanitários, bem como mitigar os impactos ambientais causados pela disposição inadequada desses materiais (Soo *et al.*, 2023). Através da implementação de práticas de Economia Circular, como a coleta seletiva, desmontagem, condicionamento e reciclagem de componentes eletrônicos, é possível recuperar recursos valiosos e prolongar a vida útil dos produtos, evitando assim a extração desnecessária de matérias-primas e a geração de novos resíduos (Chen, 2022).

Além disso, a adoção de estratégias de logística reversa e a promoção da responsabilidade compartilhada entre fabricantes, consumidores e órgãos reguladores são aspectos-chave para garantir a efetividade da economia circular na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (Chen, 2022). Essa abordagem não apenas contribui para a conservação ambiental e a redução do impacto climático, mas também pode gerar oportunidades econômicas e sociais, estimulando a inovação, o emprego e o desenvolvimento sustentável.

A relação entre Economia Circular e *Smart Cities* é essencial para promover um desenvolvimento urbano sustentável e eficiente (Goyal *et al.*, 2021). A Economia Circular concentra-se na maximização do uso de recursos por meio da reutilização, reciclagem e recuperação de materiais, enquanto as *Smart Cities* buscam integrar tecnologias inovadoras para otimizar a gestão urbana (X. Li *et al.*, 2023).

Ambos os conceitos compartilham o objetivo de reduzir o desperdício, promover a eficiência dos recursos e minimizar o impacto ambiental das atividades urbanas. Nas *Smart Cities*, sistemas inteligentes são implementados para monitorar o consumo de recursos, gerenciar resíduos e promover práticas sustentáveis (Crome *et al.*, 2023).

A inovação tecnológica desempenha um papel crucial, permitindo a aplicação de soluções como Internet das Coisas (*IoT*), análise de dados e inteligência artificial

para aprimorar os processos de Economia Circular e tornar as cidades mais inteligentes e resilientes (X. Li *et al.*, 2023). Além disso, a integração da economia circular nas estratégias de desenvolvimento de *Smart Cities* contribui para o desenvolvimento de comunidades mais sustentáveis, participativas e conscientes do meio ambiente (Crome *et al.*, 2023).

A colaboração entre governos, empresas, academia e cidadãos é fundamental para o sucesso dessas iniciativas, destacando a importância da participação comunitária e do engajamento de todas as partes interessadas na construção de cidades do futuro (Goyal *et al.*, 2021).

À medida que exploramos a relação entre as *Smart Cities* e a gestão de resíduos eletroeletrônicos, a adoção da Economia Circular emerge como um eixo crucial. O redirecionamento dos fluxos de materiais, a maximização da vida útil dos produtos e a integração de práticas de reciclagem e reutilização contribuem para a construção de cidades sustentáveis, resilientes e orientadas para o futuro. No entanto, enquanto as oportunidades oferecidas pela Economia Circular são promissoras, também enfrentamos desafios complexos que requerem abordagens integradas e colaborativas para alcançar a plena implementação desse paradigma transformador.

2.4. LOGÍSTICA REVERSA NO CONTEXTO DAS SMART CITIES E NA GESTÃO DE REEE

De acordo com Ayvaz *et al.*, (2015) Logística Reversa (LR) é o conceito de reaproveitamento de produtos usados para reduzir desperdícios e aumentar o desempenho ambiental de uma indústria (Diabat *et al.*, 2013). Em termos de sustentabilidade, a LR pode ser definida como uma estratégia de negócio que atua como força motriz para colocar em ação atividades de recuperação de forma eficaz, a fim de aumentar a sustentabilidade (Ayvaz *et al.*, 2015).

A implementação da Logística Reversa de pós-consumo no Brasil foi estabelecida por meio da Lei nº 12.305, datada de 2 de agosto de 2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos/PNRS (Decreto Nº 7.404). Conforme previsto por essa Lei, a Logística Reversa é considerada um instrumento crucial para o desenvolvimento social e econômico. Ela abrange um conjunto de ações, meios e procedimentos destinados a facilitar a coleta e a reintegração dos resíduos sólidos ao

setor empresarial ou industrial. Isso visa possibilitar a reutilização desses resíduos no mesmo ciclo ou em outros ciclos produtivos, promovendo, assim, uma destinação ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

A Logística Reversa, em sua essência, envolve o fluxo de produtos, materiais e resíduos em direção à fonte de origem, a fim de recapturar valor, reduzir o impacto ambiental e promover a sustentabilidade. No âmbito da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), este conceito ganha uma importância ímpar. À medida que a tecnologia avança e os dispositivos eletrônicos se tornam parte inseparável da vida urbana, a necessidade de gerir de forma eficaz o ciclo de vida desses produtos se torna premente (J. Zhang *et al.*, 2023).

Nas *Smart Cities*, a Logística Reversa (LR) se manifesta como uma abordagem estratégica para enfrentar o desafio da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Esta abordagem visa não apenas coletar e reciclar resíduos de maneira eficiente, mas também criar sistemas integrados que facilitem a devolução de produtos ao ciclo produtivo, fechando o ciclo de recursos. Em um cenário ideal, os resíduos eletroeletrônicos não são mais vistos como detritos indesejados, mas como valiosas fontes de matéria-prima.

Ao explorar o papel da Logística Reversa nas *Smart Cities*, é essencial considerar tanto os desafios quanto as oportunidades. A colaboração entre setores público e privado, o desenvolvimento de infraestrutura adequada e a conscientização pública são fatores que influenciam a eficácia da implementação da Logística Reversa (Kutty *et al.*, 2023). No entanto, os benefícios potenciais são notáveis, incluindo a redução da pressão sobre os recursos naturais, a mitigação dos impactos ambientais e a promoção da economia circular (Kutty *et al.*, 2023).

Conforme Oliveira (2016), a Logística Reversa (LR) se configura como uma ferramenta essencial na gestão eficiente dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, desempenhando um papel crucial na promoção da consciência ambiental por meio da sustentabilidade. Ao adotar práticas de reciclagem, a LR não apenas propicia o aumento de oportunidades de emprego e empreendimentos, mas também otimiza a utilização de recursos naturais e a eficiência energética. Além disso, contribui significativamente para a redução do volume de resíduos e emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa.

No aspecto ambiental, a Logística Reversa contribui para a redução da disposição inadequada de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e a

economia de energia por meio da prática da reciclagem. Em termos sociais, a LR está associada à criação de empregos formais, ao aumento da conscientização da população sobre questões ambientais e à redução de problemas de saúde decorrentes do manuseio inadequado de REEE (ABDI, 2013).

De forma ilustrativa, o retorno de REEE por meio da logística reversa representa até 18% do crescimento dos materiais reciclados disponíveis no mercado, como plásticos, resultando na diminuição das emissões de CO₂. As médias potenciais de emissões economizadas por tonelada de alumínio, cobre e vidro reciclado são de 4,5, 4,7 e 0,32 toneladas de CO₂, respectivamente (ABDI, 2013).

A iniciativa de implementar a Logística Reversa (LR) deve, primariamente, partir das empresas, criando condições para que os consumidores devolvam seus produtos obsoletos (Vieira *et al.*, 2009). Conforme estipulado pela Lei n.º 12.305/2010, a destinação final ambientalmente apropriada envolve a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, além de outras destinações permitidas pelos órgãos competentes (BRASIL, 2010).

A Logística Reversa (LR) está intrinsecamente ligada às *Smart Cities* e à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) de diversas maneiras (Kutty *et al.*, 2023). Nas *Smart Cities*, a implementação eficaz da LR é fundamental para abordar os desafios crescentes associados ao rápido avanço tecnológico e à consequente geração de resíduos eletrônicos (Ayvaz *et al.*, 2015). Ao integrar a LR nas estratégias de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, as *Smart Cities* podem não apenas lidar de forma mais eficiente com os REEE, mas também promover práticas sustentáveis e avançar em direção a um desenvolvimento urbano mais equitativo e ambientalmente consciente (Demajorovic *et al.*, 2016).

A LR facilita a recuperação de materiais valiosos dos REEE, promovendo a Economia Circular e reduzindo a necessidade de extrair novos recursos naturais (Sodiq *et al.*, 2019). Além disso, a implementação bem-sucedida da LR requer o uso de tecnologias avançadas, como sensores *IoT* e sistemas de rastreamento, alinhando-se assim com os princípios das *Smart Cities*, que buscam otimizar o uso de recursos e promover a eficiência energética em todas as áreas da vida urbana (Khatiwada *et al.*, 2023).

Por meio da participação cidadã e da conscientização pública, as *Smart Cities* podem envolver os residentes na coleta seletiva e no descarte responsável de dispositivos eletrônicos, contribuindo para a redução do desperdício e para a

preservação do meio ambiente. A LR desempenha um papel essencial na construção de cidades inteligentes sustentáveis, onde a gestão eficaz de REEE é integrada às estratégias mais amplas de desenvolvimento urbano e preservação ambiental.

A pesquisa e implementação da LR nas cidades inteligentes são fundamentais para enfrentar os desafios crescentes associados ao rápido avanço tecnológico e à consequente geração de resíduos. A colaboração entre setores público e privado, o desenvolvimento de infraestrutura adequada e a conscientização pública são cruciais para a eficácia da implementação da LR nesse contexto. Ao superar esses desafios, as *Smart Cities* têm a oportunidade não apenas de gerenciar eficientemente os resíduos, mas também de promover práticas sustentáveis e avançar em direção a um desenvolvimento urbano mais equitativo e ambientalmente consciente.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para investigar a interseção entre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos demanda uma estrutura meticulosamente delineada, visando compreender desafios e explorar oportunidades emergentes neste contexto dinâmico. Este capítulo busca oferecer uma visão abrangente do desenho da pesquisa, apresentando os métodos utilizados para coleta, análise e interpretação de dados.

Os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) representam duas áreas interconectadas e essenciais para a sustentabilidade e a eficiência urbana no século XXI (Uvet *et al.*, 2022). *Smart Cities*, ou cidades inteligentes, buscam integrar tecnologias avançadas de informação e comunicação para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, otimizar o uso de recursos, reduzir custos operacionais e aumentar a eficiência dos serviços urbanos (Zheng *et al.*, 2020). Isso inclui o uso de sensores, redes de comunicação, *big data* e inteligência artificial para gerenciar o tráfego, os sistemas de energia, a coleta de resíduos e outros aspectos da vida urbana (Appio *et al.*, 2019; De Melo Conti *et al.*, 2019).

A Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, por sua vez, refere-se ao gerenciamento responsável e sustentável dos equipamentos eletrônicos descartados, conhecidos como e-lixo (Appio *et al.*, 2019). Com o rápido avanço da tecnologia, a produção e descarte de dispositivos eletrônicos têm aumentado exponencialmente, representando um desafio ambiental e de saúde pública (Appio *et al.*, 2019). A gestão adequada desses resíduos envolve a coleta, reciclagem, reutilização e disposição final dos equipamentos de maneira ambientalmente segura e eficiente (De Melo Conti *et al.*, 2019)

A conexão entre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos reside no potencial das tecnologias inteligentes para melhorar e otimizar o ciclo de vida dos produtos eletrônicos, desde a produção até o descarte (Appio *et al.*, 2019). Por exemplo, sistemas inteligentes de coleta de resíduos podem usar sensores para monitorar a quantidade de lixo em contentores e otimizar rotas de coleta, reduzindo custos e emissões de carbono (Appio *et al.*, 2019). Além disso, a implementação de infraestruturas tecnológicas em *Smart Cities* pode facilitar a

implementação de práticas de reciclagem e reutilização de materiais eletrônicos, promovendo uma economia circular e reduzindo o impacto ambiental dos resíduos (Rosa *et. al.*, 2020).

Representando uma etapa significativa na compreensão dos temas desta dissertação, a metodologia deste trabalho busca atender ao objetivo geral, que consiste em realizar uma revisão sistemática da literatura (SLR) abrangente e aprofundada para traçar o estado da arte nos estudos sobre *Smart Cities* e Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Para direcionar a pesquisa, algumas questões são colocadas:

- Q1: Quais são os principais *insights* identificados no âmbito das *Smart Cities* e do Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos?
- Q2: Quais metodologias de estudo são empregadas nas pesquisas sobre *Smart Cities* e no Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos?
- Q3: Quais são as áreas de discussão abordadas nas *Smart Cities* e no Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos?
- Q4: Quais tendências emergem nas *Smart Cities* e no Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, e como contribuem para a sociedade?

Para responder a essas questões, este estudo adota uma abordagem teórica, visando compreender o estado da arte nos estudos sobre *Smart Cities* e Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). A condução da pesquisa da revisão será embasada na estratégia de pesquisa *Methodi Ordinatio*, com suporte de análise bibliométrica, seguida pela aplicação de mineração de textos para explorar os principais *insights* relacionados aos desafios e oportunidades identificados.

Iniciaremos com uma revisão sistemática da literatura (SLR) com apoio do protocolo *Methodi Ordinatio*. Esta revisão proporcionará uma análise abrangente do conhecimento acumulado sobre os tópicos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Em seguida será feita uma análise

bibliométrica onde contribuirá para identificar padrões e lacunas na pesquisa existente, fornecendo uma perspectiva quantitativa valiosa.

Este capítulo não se limita a consolidar o conhecimento existente, mas também busca avançar na fronteira do entendimento desses temas interligados, contribuindo assim para o desenvolvimento do campo de pesquisa.

3.1. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

O avanço do conhecimento científico deriva das descobertas e publicações anteriores dos pesquisadores. Para conduzir suas próprias pesquisas de maneira eficaz, os acadêmicos precisam realizar um mapeamento do conhecimento científico acumulado até aquele ponto. Este processo envolve identificar tendências, reconhecer os autores mais influentes e identificar os trabalhos mais relevantes (Terra *et al.*, 2020).

Frequentemente, os fluxos de pesquisa apresentam-se densos, fragmentados e sujeitos a controvérsias. Aria e Cuccurullo (2017) concordam que a quantidade de publicações acadêmicas está crescendo de maneira exponencial, tornando-se cada vez mais desafiador para os pesquisadores manterem-se atualizados diante da enorme quantidade de informações sendo constantemente disponibilizadas.

Uma faceta crucial da pesquisa científica é sua capacidade de ser replicada, possibilitando que diversos pesquisadores obtenham conclusões consistentes a respeito de um determinado estudo. Nesse sentido, a condição essencial para atingir a reprodutibilidade reside na descrição clara do método de pesquisa empregado, assegurando que outros possam adotá-lo de maneira igualmente compreensível e eficaz (Pagani, Kovaleski, e Resende, 2017).

A metodologia de revisão sistemática da literatura (SLR) é utilizada para identificar as principais questões de pesquisa e temas emergentes (Thomé, Scavarda, e Scavarda, 2016). De acordo com Thomé *et al.*, (2016) o processo de revisão sistemática da literatura melhorou significativamente ao longo dos anos, desde a revisão narrativa tradicional até às revisões sistemáticas (Cook *et al.*, 1997; Petticrew e Roberts, 2008; Fahimnia *et al.*, 2015).

Uma revisão sistemática da literatura (SLR) é um importante esforço de pesquisa por si só e não apenas uma revisão de escritos anteriores. Ela responde à questões de pesquisa específicas e é uma “metodologia” que localiza estudos existentes, seleciona e avalia contribuições, analisa e sintetiza dados e relata as evidências de tal forma que permite que conclusões razoavelmente claras sejam alcançadas sobre o que é e é desconhecido (Denyer e Tranfield, 2009).

A SLR difere das revisões narrativas por adotar um processo de revisão mais rigoroso e bem definido (Cronin *et al.*, 2008), seguindo protocolos que incluem pesquisas abrangentes para todos os estudos potencialmente significativos (Cook *et al.*, 1997), e pela sua replicabilidade, oferecendo uma trilha de auditoria de todas as etapas da pesquisa dos revisores de forma científica e transparente (Tranfield *et al.*, 2003; Thomé *et al.*, 2016).

Segundo Ni *et al.*, (2023), as revisões sistemáticas da literatura inicialmente tiveram sua aplicação no domínio da ciência médica, mas hoje são reconhecidas como ferramentas valiosas de pesquisa em diversas áreas. Estas revisões buscam integrar os resultados de investigações de maneira abrangente, transparente e passível de reprodução (Davis *et al.*, 2014). A identificação e análise minuciosas de todas as evidências empíricas que atendem aos critérios de elegibilidade da revisão visam minimizar vieses, resultando na produção de resultados confiáveis a partir dos quais conclusões robustas podem ser derivadas (Moher *et al.*, 2009).

Recentemente, as revisões sistemáticas têm promovido uma abordagem mais transparente e reprodutível na síntese de descobertas de pesquisa, conforme destacado por Ni *et al.* (2023). Essa ênfase na utilização de metodologias rigorosas visa não apenas mitigar vieses, mas também produzir conclusões confiáveis que contribuem significativamente para o avanço do conhecimento acadêmico e, por conseguinte, para a sociedade em geral (Ni *et al.* 2023). Além disso, a categorização e análise holística dos dados permitem uma compreensão abrangente do estado atual da literatura sobre os temas abordados, fornecendo insights valiosos para pesquisadores, formuladores de políticas e profissionais (Batty *et al.*, 2012).

Adicionalmente, o trabalho de Concari *et al.* (2022) ressalta o aumento do uso de abordagens interdisciplinares e métodos quantitativos, como análise bibliométrica e mineração de texto, nas revisões sistemáticas. Essas técnicas não apenas mapeiam o domínio do conhecimento e identificam tendências atuais, mas também fornecem novas perspectivas sobre áreas de pesquisa emergentes (Concari *et al.*, 2022). A

inclusão de múltiplos bancos de dados e categorias de artigos contribui para uma compreensão mais ampla e interdisciplinar do comportamento de reciclagem, um tema relevante tanto para o meio acadêmico quanto para a sociedade em termos de sustentabilidade e gestão ambiental (Rehman *et al.*, 2023).

As pesquisas de Iftikhar *et al.* (2023) destacam as novas técnicas de avaliação de segurança e privacidade, como *blockchain* e criptografia, sendo exploradas nas revisões sistemáticas. Esses avanços têm implicações significativas para áreas como Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e desenvolvimento de *Smart Cities*, pois garantem a integridade das transações e fornecem direcionamentos cruciais para pesquisas futuras, visando construir ambientes urbanos mais seguros e eficientes (Iftikhar *et al.*, 2023).

Diante disso, o presente trabalho cujo objetivo geral é delinear o estado da arte dos estudos de *Smart Cities* e o Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), parte de uma Revisão Sistemática de Literatura (SLR), que segundo Kitchenham e Charters (2007), trata-se de uma metodologia utilizada para identificar, avaliar e interpretar pesquisas relevantes para um determinado tópico, questão de pesquisa ou fenômeno de interesse. As revisões de literatura são importantes para mapear artigos já publicados e encontrar possíveis lacunas na literatura (Oliveira *et al.*, 2023).

Foi conduzida uma pesquisa de natureza exploratória e descritiva, adotando uma abordagem quantitativa para o tratamento de dados secundários, conforme preconizado por Gil (2017). Consoante à perspectiva de Gil (2009), as pesquisas exploratórias têm como principal propósito o desenvolvimento, esclarecimento e aprimoramento de conceitos e ideias, visando a formulação de problemas de maneira mais precisa. Este estudo se alinha com tal abordagem, buscando uma compreensão mais profunda e esclarecedora do fenômeno em questão.

Para este trabalho os procedimentos aqui descritos foram utilizados para busca, seleção e leitura de artigos, onde utilizou-se de um processo metodológico consistente e estruturado que auxilia o pesquisador na busca de um portfólio bibliográfico de credibilidade no âmbito científico (Marques *et al.*, 2019). O procedimento utilizado foi uma pesquisa bibliográfica, aplicando a metodologia *Methodi Ordinatio* (Campos *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2019; Zdepski *et al.*, 2020).

De acordo com Pagani, Kovaleski e Resende (2017), a abordagem metodológica denominada *Methodi Ordinatio* surgiu da necessidade de avaliar a

qualidade dos artigos obtidos em uma revisão bibliográfica sistematizada. Foi elaborado com o intuito de superar as limitações das abordagens tradicionais de revisão da literatura, fornecendo diretrizes detalhadas para cada etapa do processo de revisão. Isso inclui a definição de critérios de inclusão e exclusão, a identificação de fontes de informação, a extração de dados relevantes e a análise crítica dos estudos selecionados (Pagani *et al.*, 2017).

Outras pesquisas, como as de Antelman (2004) e Bornmann (2010), destacam a importância do número de citações como um indicador de reconhecimento pela comunidade científica, aspecto também ressaltado na *ProKnow-C*. Dessa forma, na literatura, dois fatores emergiam de maneira clara como elementos importantes na avaliação de um trabalho científico: o fator de impacto e o número de citações (Pagani *et al.*, 2017).

No entanto, não se deve menosprezar a relevância do ano de publicação, pois ele serve como um indicador da atualidade dos dados. Quanto mais recente for a pesquisa, maior a probabilidade de ter incorporado novos avanços e contribuído para inovações no campo do conhecimento. Além disso, é altamente provável que artigos mais recentes tenham sido construídos sobre metodologias já validadas, conferindo-lhes um valor adicional (Pagani *et al.*, 2015). Adicionalmente, a probabilidade de citação de um artigo diminui ao longo do tempo (Dieks e Chang, 1976) reforçando a importância de atribuir valor aos trabalhos mais recentes.

Portanto, na literatura, identificam-se três critérios para analisar a relevância de uma publicação científica: o número de citações, o fator de impacto e o ano de publicação. Foi assim que a metodologia *Methodi Ordinatio* foi elaborada, utilizando como referência o modelo de Cochrane (2008) e o levantamento de trabalhos realizado pela *ProKnow-C* (Pagani *et al.*, 2017).

Ensslin *et al.*, (2015) apresenta o método *Proknow-C*, organizado em quatro blocos: seleção de portfólio, bibliometria, análise sistemática e questões de pesquisa. O primeiro bloco, também chamado de primeira etapa bibliométrica, oferece diretrizes para escolher publicações relevantes. O segundo bloco envolve análises bibliométricas descritivas, como número de artigos por ano, revista ou autor. O terceiro bloco realiza uma revisão sistemática tradicional do portfólio, enquanto o quarto cria novas questões de pesquisa com base nos blocos anteriores. Em contraste, o *Methodi Ordinatio* abrange apenas o primeiro bloco, focando na seleção de publicações relevantes.

A primeira etapa bibliométrica do *Proknow-C* é inicialmente organizada em um fluxograma com vários subprocessos, posteriormente divididos em duas sequências e 9 fases por Ensslin *et al.*, (2015). Similarmente, o *Methodi Ordinatio* é estruturado em 9 fases bem definidas. Apesar das semelhanças, as fases dos dois métodos não são totalmente equivalentes. Ambos os métodos podem ser resumidos em duas sequências principais: investigação preliminar, que identifica um grande conjunto inicial de publicações (chamado de repositório bruto), e filtragem do portfólio, que seleciona publicações alinhadas e relevantes. Para facilitar a discussão, as fases do *Proknow-C* são numeradas com o prefixo “*Prok*” e as do *Methodi Ordinatio* com o prefixo “*Ord*” (Pagani *et al.*, 2017).

O protocolo *Methodi Ordinatio* adotado nessa pesquisa, foi desenvolvido por Pagani, Kovaleski e Resende em 2015, para orientar a metodologia de pesquisa bibliográfica. O protocolo pode ser adaptado para diferentes áreas de pesquisa e contextos disciplinares, tornando-se uma ferramenta versátil para acadêmicos e pesquisadores. Essa abordagem, fundamentada na Metodologia de Apoio à Decisão Multicritério (MCDA), destina-se à seleção criteriosa de artigos científicos, visando a construção de um portfólio bibliográfico robusto (Pagani, Kovaleski e Resende, 2015).

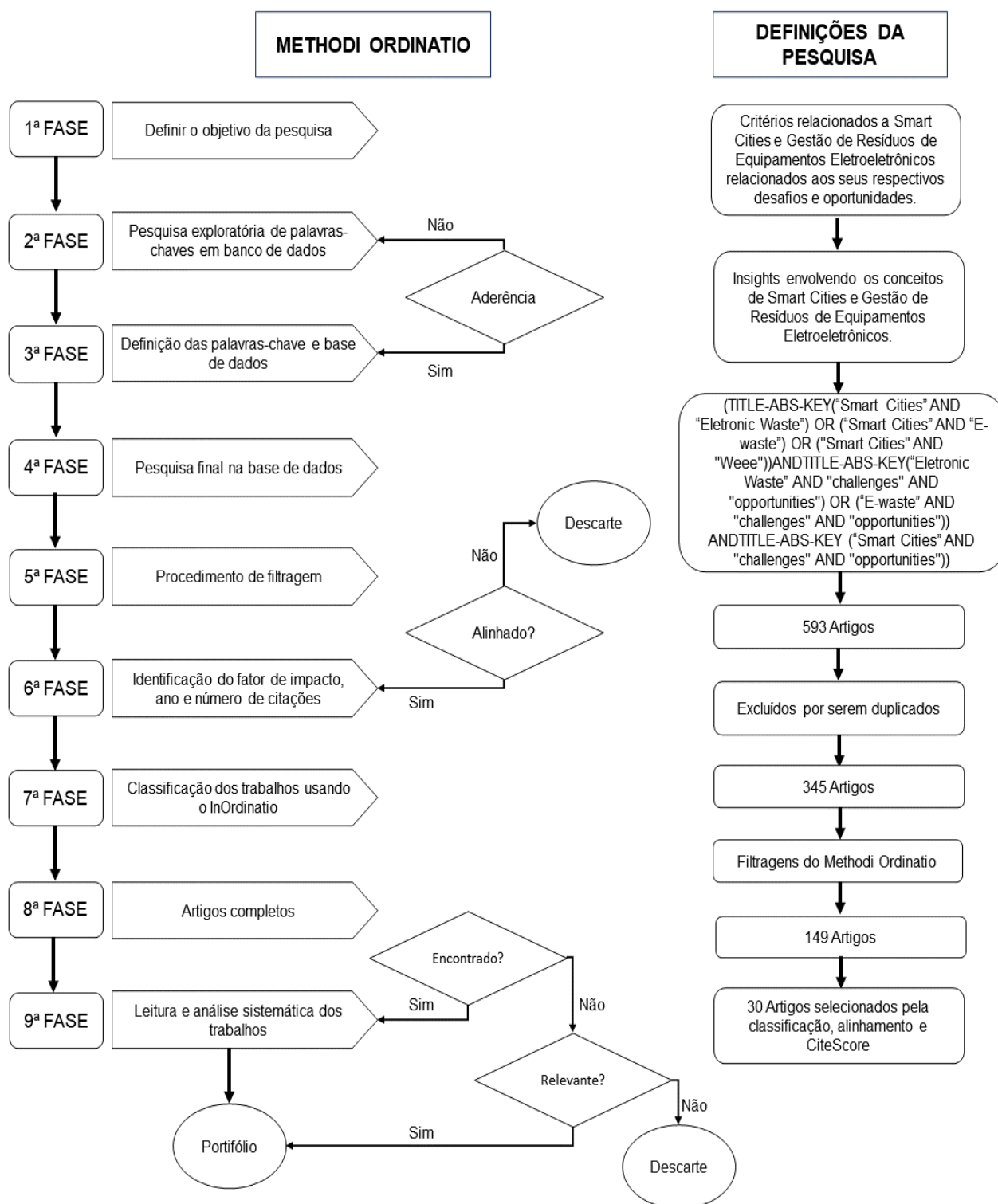
O *Methodi Ordinatio* destaca-se por sua abordagem de múltiplos critérios, que delinea etapas claramente definidas e um procedimento rigoroso para a seleção de artigos destinados à revisão sistemática de literatura. Os artigos são classificados com base em sua relevância científica, utilizando o *Index Ordinatio* (IO), que considera fatores como o impacto da revista de publicação, o número de citações e a diferença entre o ano de publicação e o ano de elaboração da pesquisa.

Um diferencial marcante na metodologia do *Methodi Ordinatio*, em comparação com diversos métodos de revisão sistemática, é a ordenação dos artigos conforme sua relevância científica, realizada antes da leitura integral dos documentos. Essa abordagem visa reduzir as dúvidas sobre a pertinência do trabalho selecionado para a pesquisa em desenvolvimento, tornando o processo de seleção dos estudos mais ágil e prático (Pagani, Kovaleski e Resende, 2018).

A metodologia do *Methodi Ordinatio* é composta por nove etapas de investigação, conforme delineado no Fluxograma 1. Este método oferece uma estrutura clara e detalhada para orientar a condução da revisão da literatura, promovendo uma abordagem sistemática e eficaz na seleção de artigos relevantes para a pesquisa em questão. Essa ordenação estratégica dos procedimentos contribui

para uma revisão mais robusta, permitindo a identificação de lacunas, oportunidades e contribuições significativas na literatura científica relacionada ao tema de interesse.

Figura 4 – Fluxograma 1: Fases do Methodi Ordinatio



Fonte: Adaptado de Pagani, Kovalski e Rquisasende (2015), elaborado pelo Autor (2023).

3.1.1. aplicando a metodologia *methodi ordinatio*

Etapa 1 – Definir o objetivo da pesquisa: geralmente o objetivo da pesquisa está relacionada à linha de pesquisa à qual o pesquisador está vinculado. Em especial, aqueles que estão iniciando em nova linha de pesquisa por ocasião do mestrado ou doutorado – e geralmente é a área de pesquisa do orientador - e não estão familiarizados com o assunto, precisam inteirar-se sobre a direção e o estado da arte da linha de pesquisa em questão.

Assim, neste trabalho, a intenção de pesquisa é delinear o estado da arte dos estudos de *Smart Cities* e o Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

Etapa 2 – Pesquisa exploratória de palavras-chave nas bases de dados: a seleção das palavras-chave foi orientada pelo título da pesquisa e direcionada para atingir os objetivos propostos. A tradução em inglês para as palavras-chave é *Smart Cities, Eletronic Waste, E-waste, WEEE, Challenges, Opportunities*, e essa combinação, entre outras, foi testada em diversas bases de dados.

Etapa 3 – Definição das palavras-chave e das bases de dados a serem utilizadas: a pesquisa teve como objetivo identificar artigos científicos relacionados à correlação do de *Smart Cities* com a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, e então foram definidas as *strings* de busca para os tópicos de artigos (resumo, título e palavras-chave).

Após a definição das palavras-chave na segunda etapa, procedeu-se à combinação destas, resultando em três conjuntos distintos de palavras-chave que foram posteriormente testados em diversas bases de dados selecionadas.

As consultas de pesquisa foram elaboradas levando em consideração as seguintes condições booleanas:

- ((*"Smart Cities"* AND *"Eletronic Waste"*) OR (*"Smart Cities"* AND *"E-waste"*) OR (*"Smart Cities"* AND *"Weee"*));
- ((*"Eletronic Waste"* AND *"challenges"* AND *"opportunities"*) OR (*"E-waste"* AND *"challenges"* AND *"opportunities"*));
- ((*"Smart Cities"* AND *"challenges"* AND *"opportunities"*)).

Dentre as bases testadas, as selecionadas para a coleta de dados foram a *Web of Science* e *Scopus*. A escolha das bases deu-se em função de que elas apresentaram grande volume de publicações com as palavras-chave pesquisadas e disponibilidade maior de acesso aos materiais publicados. Além disso, verificou-se que outras bases apresentavam certa dificuldade para se trabalhar, acesso a poucos trabalhos, como o caso da *Science Direct*, além de apresentar dificuldade para exportar as informações dos artigos para um gerenciador de referências.

O limite temporal estabelecido foi de 10 anos, entre 01/01/2012 e 31/12/2022, pois o objetivo era uma cobertura bem ampla de artigos, incluindo aqueles considerados 'clássicos' neste tema.

Etapa 4 – Pesquisa final nas bases de dados: a pesquisa nas bases de dados foi realizada na primeira quinzena do mês de abril do ano de 2023. A busca final resultou em um total bruto de 593 artigos. O valor total dessa busca pode ser atribuído à combinação de palavras-chave testadas em cada uma das bases, tanto na *Scopus* quanto na *Web of Science*. Essas combinações resultaram em uma quantidade específica de artigos para cada conjunto de palavras-chave em ambas as bases de dados, conforme evidenciado na Tabela 1.

Tabela 1 – Termos de busca x Ocorrências nas Bases Científicas

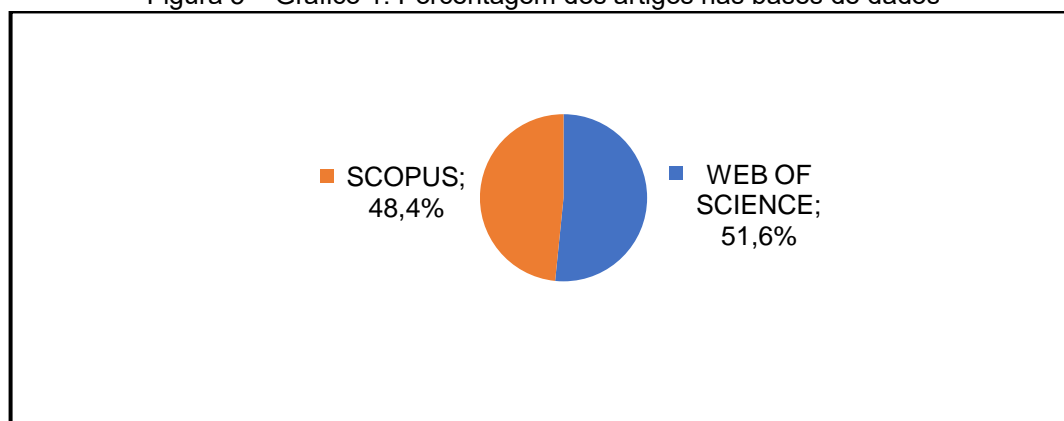
PESQUISA DEFINITIVA					
REGISTRO DE INFORMAÇÕES					
PERÍODO		KEYWORDS COMBINATIONS	A	B	TOTAL DAS COMBINAÇÕES
			SCORPUS	WEB OF SCIENCE	
2012-2022	1	("Smart Cities" AND "Eletronic Waste") OR ("Smart Cities" AND "E-waste") OR ("Smart Cities" AND "Weee")	10	6	16
	2	("Eletronic Waste" AND "challenges" AND "opportunities") OR ("E-waste" AND "challenges" AND "opportunities")	38	45	83

	3	("Smart Cities" AND "challenges" AND "opportunities")	239	255	494
		TOTAL DAS BASES	287	306	
		TOTAL DA PESQUISA	593		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

- 287 artigos na base da *Scopus*;
- 306 na base da *Web Of Science*.

Figura 5 – Gráfico 1: Porcentagem dos artigos nas bases de dados



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

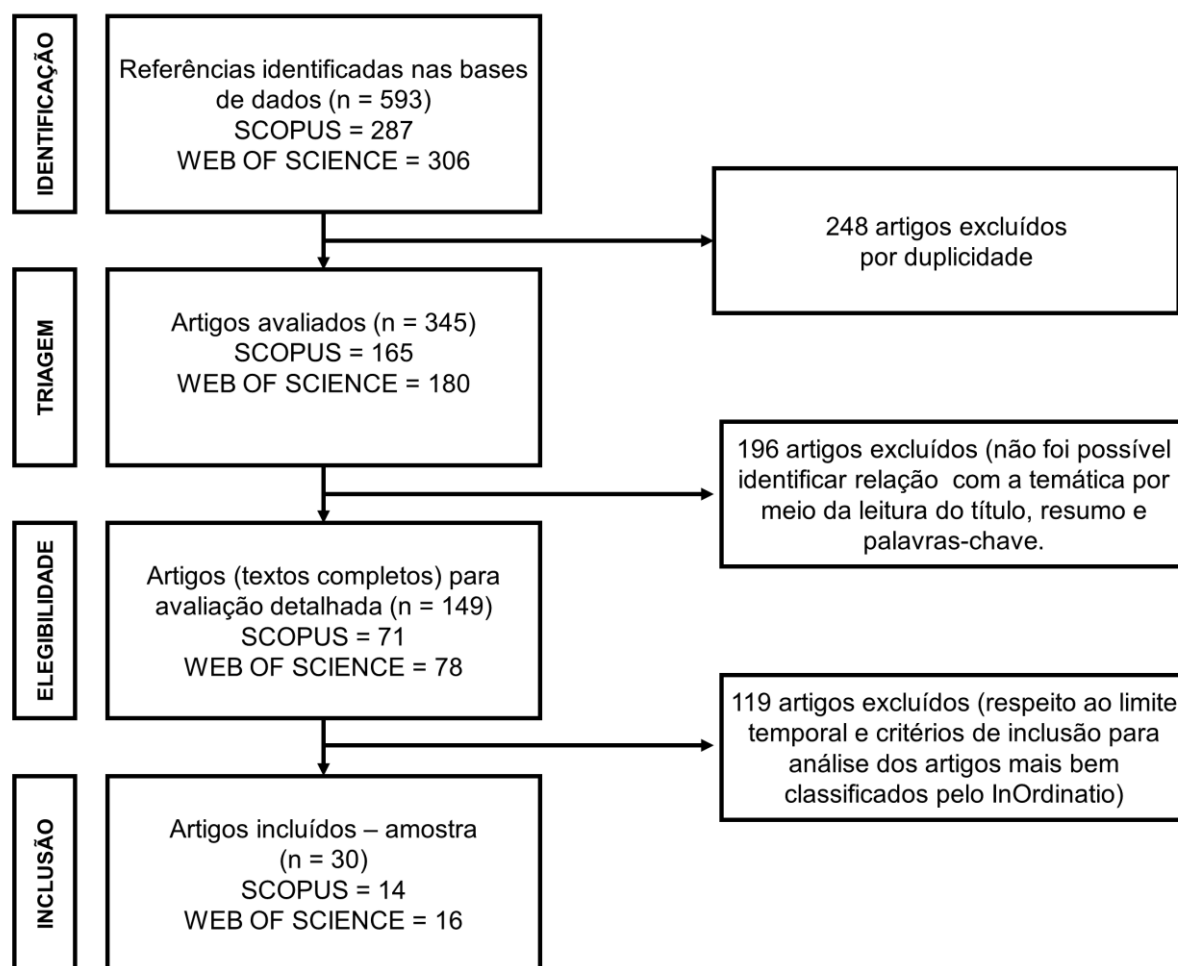
Houve uma restrição no escopo do documento a ser examinado, resultando na exclusão de determinados itens, tais como capítulos de livros, artigos de conferências, materiais editoriais, notas e cartas. Assim, optou-se por manter apenas os artigos publicados em periódicos no conjunto de estudos a serem analisados.

Considerando que cada base de dados tem seus mecanismos próprios de busca, a aplicação de um procedimento absolutamente padrão não é possível.

Etapa 5 – Procedimentos de filtragem: é importante utilizar adequadamente, e da forma mais padronizada possível, os filtros disponíveis em cada base de dados. Mesmo assim, como não existe um padrão uniforme a todas elas, a coleta trouxe junto muitos artigos não relacionados ao tema. Além disso, muitos artigos eram repetidos, pois se encontravam em mais de uma base de dados. Por essas razões, é necessário aplicar procedimentos de filtragem, que visam:

- a) livros e capítulos: são descartados neste momento em função da não existência de um fator de impacto para eles. Todavia, o pesquisador pode aproveitar o trabalho e coletá-los neste momento, mas não é recomendável; o ideal é que seja feito em outra ocasião, para não tornar a tarefa complexa e confusa;
- b) *conference papers*: aqueles trabalhos de conferência que não possuem fator de impacto são descartados pela mesma razão do item anterior. Em algumas bases de dados é possível filtrar esses trabalhos durante a coleta, mas em outras não;
- c) eliminar as duplicatas: o gerenciador de referências (*Mendeley*) foi utilizado para remover as duplicatas dos 593 artigos, o que resultou em 345 artigos após a remoção das duplicatas. A filtragem é realizada com eficiência desde que os comandos corretos e particulares de cada um deles sejam bem aplicados;
- d) leitura do título, resumo e palavras-chave: eliminação daqueles não relacionados ao tema. Após eliminar as duplicatas no *Mendeley*, os dados dos artigos foram transferidos para o gerenciador de referências *JabRef*. A aplicação dos filtros foi realizada diretamente no *JabRef*, aproveitando a capacidade do gerenciador para editar e analisar os artigos com base em título, resumo e palavras-chave, o que permitiu identificar os estudos relevantes para o tema;
- e) após a aplicação dos devidos procedimentos de filtragem, restaram 149 artigos.

Figura 6 – Fluxograma 2: Fluxograma de Prisma para as fases 4 e 5 do *Methodi Ordinatio*



Fonte: Adaptado de Schlindwein-Zanini *et al.*, (2016), elaborado pelo autor (2024).

Etapa 6 – Identificação do fator de impacto, ano de publicação e número de citações: após a etapa 5, os dados foram exportados do *JabRef* para uma planilha no Excel. É importante destacar que esse procedimento se mostrou mais eficiente ao exportar os dados no formato de lista para a planilha eletrônica.

As fontes utilizadas para esta etapa foram o Google Scholar (<http://scholar.google.com>) e os *sites* das revistas. Considerando a adoção do *Methodi Ordinatio* (Pagani, Kovaleski e Resende, 2015), somente foram considerados na revisão sistemática da literatura periódicos que possuem fatores de impacto. Além disso, o fator de impacto selecionado foi o *CiteScore*, que integra o conjunto de métricas de periódicos disponíveis na *Scopus*, uma base de dados da *Elsevier*. Esta base inclui indicadores como SNIP (*Source Normalized Impact per Paper*), SJR (*SCImago Journal Rank*), contagens de citações e documentos, e porcentagem citada, os quais avaliam o impacto do número de citações (CI) nos periódicos.

O cálculo do *CiteScore* é realizado anualmente, sendo baseado na contagem total de todas as CIs recebidas por uma publicação em um ano, dividido pelo total de artigos publicados nesse periódico nos três anos anteriores ao ano de cálculo (Zijlstra e Mccullough, 2016).

Os artigos foram organizados em uma tabela Excel com as seguintes colunas: título do artigo, fator de impacto (*CiteScore*, JCR ou SJR), número de citações e ano da publicação. Esta etapa pode ser desenvolvida simultaneamente com a etapa 8, cuja tarefa é buscar os trabalhos em formato integral, explicada na sequência.

Etapa 7 – Classificando os artigos utilizando o InOrdinatio: a equação *InOrdinatio* (Pagani *et al.*, 2015) é aplicada, utilizando-se para isso a planilha de Excel. Para esta pesquisa, o valor atribuído a α foi 10, considerando que a atualidade dos artigos é bastante relevante neste caso de pesquisa. Assim, todos os artigos mais recentes foram abrangidos pela busca e pela classificação (Pagani *et al.*, 2015). No entanto, como se utilizou um recorte temporal abrangente (01/01/2012 a 31/12/2022), os artigos considerados clássicos por serem os mais citados ao longo dos anos também foram resgatados na classificação.

A metodologia do *Methodi Ordinatio*, que utiliza a equação IO, oferece uma abordagem sistemática para catalogar os arquivos, contribuindo para a seleção, coleta, classificação e leitura eficientes de artigos científicos.

$$\text{InOrdinatio} = \left(\frac{\text{IF}}{1000} \right) + \alpha * [10 - (\text{Ano da Pesquisa} - \text{Ano da Publicação})] + \sum C_i \quad (1)$$

Onde:

- IF é o fator de impacto, que se divide por 1000 (mil), visando normalizar seu valor em relação aos demais critérios;
- α é um fator de ponderação que varia de 1 a 10, a ser atribuído pelo pesquisador. Quanto mais próximo o número estiver de um, menor será a importância que o pesquisador atribuirá ao critério ano, enquanto quanto mais próximo de 10, maior será a importância;
- Ano da Pesquisa é o ano em que a pesquisa foi desenvolvida;
- Ano da Publicação é o ano em que o artigo foi publicado, e
- $\sum C_i$ somatório de citações do artigo (Pagani, Kovaleski e Resende, 2015).

Valores utilizados neste estudo:

- IF = CiteScore das revistas;
- $\alpha = 10$ (dez) comum a todos;
- Ano da Pesquisa = Utilizado o ano de 2023;
- Ano da Publicação = Ano de publicação do artigo;
- ΣCi = Citações (scholar.google.com).

Após a realização do cálculo, determina-se a *InOrdinatio* (IO) para cada artigo, permitindo a classificação deles com base em sua relevância científica. Quanto maior o valor da IO, mais destacado é o artigo nesse contexto. Dessa forma, ao apresentar o ranking resultante, o pesquisador pode decidir quantos artigos procurará na versão completa, alinhando-se às prioridades de sua pesquisa, que será minuciosamente analisada.

Etapa 8 – Artigos completos: esta etapa pode ser realizada simultaneamente com a Etapa 6. A localização dos trabalhos em formato integral pode ser feita diretamente no *site* da revista ou também no *site* do *Google Scholar*. Muitos artigos são facilmente localizados na íntegra ao buscar-se os dados como fator de impacto e número de citações.

Apenas os trabalhos cujos textos não puderam ser localizados na íntegra imediatamente ficaram para esta etapa. Esta é uma tarefa que requer atenção, pois o texto integral pode estar oculto em uma das versões do trabalho no *Google Scholar*. Por vezes, o formato integral é localizado em outra revista, ou no perfil do pesquisador em uma rede de pesquisa. Mas é importante ater-se aos dados e informações retornados do gerenciador de referências.

Etapa 9 – Leitura e análise sistemática dos artigos: a criadora e desenvolvedora do *Methodi Ordinatio*, Pagani (2015) não estabelece um critério de corte para seleção, leitura e análise dos artigos. No entanto, Pagani, Kovaleski e Resende (2015 e 2017) fundamentam em seus estudos a importância de estabelecer critérios para determinar a quantidade de artigos a serem revisados, considerando que os trabalhos já estão classificados por ordem de relevância (*InOrdinatio*). Eles argumentam que essa determinação deve ao menos respeitar o limite temporal estabelecido pelo autor na pesquisa.

A seleção dos 30 artigos mais bem posicionados pela equação do *InOrdinatio* (IO) seguem os critérios delineados por Pagani, Kovaleski e Resende (2015 e 2017). Estes 30 primeiros artigos abrangem um período de dez anos (2012 a 2022). Ao estabelecer esse limite temporal, é possível garantir a inclusão de artigos considerados "clássicos" ou altamente citados na literatura ao longo desse período (Pagani, Kovaleski e Resende, 2015).

Embora todos os 149 artigos tenham atendido aos critérios de inclusão predefinidos no protocolo, demonstrando valores positivos em sua classificação, a escolha final de 30 artigos baseou-se em critérios estabelecidos pelo pesquisador, de contemplar o recorte temporal de dez anos, alinhados com a metodologia proposta pela criadora do método.

Dessa forma, a seleção de um subconjunto menor de artigos possibilitou uma revisão mais aprofundada e robusta, sem comprometer a qualidade ou a representatividade dos resultados alcançados.

Tabela 2 – Artigos selecionados e classificados pelo índice *InOrdinatio*

Classificação	Artigo	CiteScore	Citações	ANO DE PUBLICAÇÃO	InOrdinatio
1	<i>Smart cities of the future</i>	0,71	2646	2012	2636,001
2	<i>Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities</i>	1,6	1192	2018	1242,002
3	<i>Applications of big data to smart cities</i>	0,97	1018	2015	1038,001
4	<i>On big data, artificial intelligence and smart cities</i>	2,05	690	2019	750,002
5	<i>Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges</i>	2,78	602	2017	642,003
6	<i>A Survey of Blockchain Technology Applied to Smart Cities: Research Issues and Challenges</i>	8,42	535	2019	595,008
7	<i>Cyber security challenges in Smart Cities: Safety, security and privacy</i>	2,06	569	2014	579,002

8	<i>Smart Cities: Concepts, Architectures, Research Opportunities</i>	3,49	444	2016	474,003
9	<i>Redefining the smart city: Culture, metabolism and governance</i>	1,01	415	2018	465,001
10	<i>Moving towards smart cities: Solutions that lead to the Smart City Transformation Framework</i>	2,4	325	2020	395,002
11	<i>Smart health: Big data enabled health paradigm within smart cities</i>	1,81	316	2017	356,002
12	<i>Enhancing sustainable urban development through smart city applications</i>	0,73	287	2018	337,001
13	<i>Challenges and Opportunities of Waste Management in IoT-Enabled Smart Cities: A Survey</i>	11,5	278	2017	318,012
14	<i>Software Platforms for Smart Cities: Concepts, Requirements, Challenges, and a Unified Reference Architecture</i>	14,324	265	2018	315,014
15	<i>Survey on Collaborative Smart Drones and Internet of Things for Improving Smartness of Smart Cities</i>	0,93	252	2019	312,001
16	<i>Security and Privacy in Smart Cities: Challenges and Opportunities</i>	0,93	226	2018	276,001
17	<i>The Sensable City: A Survey on the Deployment and Management for Smart City Monitoring</i>	8,42	199	2019	259,008
18	<i>Nanogenerators for smart cities in the era of 5G and Internet of Things</i>	5,02	177	2021	257,005
19	<i>The (in) security o smart cities: Vulnerabilities, risks, mitigation and prevention</i>	1,8	180	2019	240,002
20	<i>Urban innovation through policy integration: Critical perspectives from 100 smart cities mission in India</i>	8,1	156	2018	206,008
21	<i>Risk management in sustainable smart cities governance: A TOE framework</i>	2,4	126	2021	206,002
22	<i>Smart City Planning from an Evolutionary Perspective</i>	1,55	138	2019	198,002

23	<i>Using Smart City Technology to Make Healthcare Smarter</i>	3,61	147	2018	197,004
24	<i>E-waste in India at a glance: Current trends, regulations, challenges and management strategies</i>	1,51	112	2020	182,002
25	<i>Adaptive and context-aware service composition for IoT-based smart cities</i>	0,528	134	2017	174,001
26	<i>CloT-Net: a scalable cognitive IoT based smart city network architecture</i>	1,61	108	2019	168,002
27	<i>Smart Cities: The Main Drivers for Increasing the Intelligence of Cities</i>	5	116	2018	166,005
28	<i>Recommender systems for smart cities</i>	7,3	93	2020	163,007
29	<i>The role of Remote Working in smart cities: lessons learnt from COVID-19 pandemic</i>	4,6	93	2020	163,005
30	<i>The Metaverse as a Virtual Form of Smart Cities: Opportunities and Challenges for Environmental, Economic, and Social Sustainability in Urban Futures</i>	1,01	68	2022	158,001

Fonte: O autor (2023).

A Tabela 2 apresenta o portfólio final dos 30 artigos selecionados, ordenados de acordo com o índice InOrdinatio. Destaca-se que o índice *InOrdinatio* mais elevado registrado foi de 2636, enquanto o menor foi de 158. Uma observação relevante é que os artigos mais antigos exibem um considerável número de citações, atribuído à longevidade de suas publicações. Por outro lado, alguns artigos, embora possuam menos citações, se destacam por apresentarem um elevado fator de impacto (*CiteScore*). Esta classificação proporciona insights valiosos sobre a relevância percebida de cada artigo no contexto da pesquisa.

É notável que a classificação desses artigos não é meramente determinada pelo número de citações. A observação de que os artigos mais antigos, como "*Smart cities of the future*" (2012), acumulam muitas citações são consistentes com a noção de que a longevidade de uma publicação pode contribuir para sua notoriedade ao

longo do tempo. Essa tendência sugere que estes artigos estabeleceram uma base sólida e continuam sendo referência no campo.

Contrastando essa tendência, alguns artigos, apesar de apresentarem menos citações, se destacam notavelmente devido a seus elevados *CiteScores*. Isto sugere que esses estudos, embora mais recentes, têm impacto significativo na comunidade acadêmica, destacando-se pela qualidade e influência, conforme refletido em seu alto fator de impacto.

A tabela revela uma estratégia de análise focada, onde o pesquisador, após o cálculo do *InOrdinatio*, estabeleceu um nível de corte e selecionou os 30 artigos mais bem posicionados. Esta abordagem seletiva visa otimizar a análise, concentrando-se nos estudos que apresentam os maiores índices *InOrdinatio*, indicando uma percepção mais acentuada de relevância.

Uma análise mais detalhada dos artigos individualmente destaca pontos notáveis. Por exemplo, "*Software Platforms for Smart Cities*" (*CiteScore*: 14,32) possui um *CiteScore* excepcionalmente alto, indicando um impacto considerável no campo, apesar de suas citações relativamente moderadas. Por outro lado, "*Smart Cities: Concepts, Architectures, Research Opportunities*" (*CiteScore*: 3,49) é notável pela combinação de um *CiteScore* sólido e um número significativo de citações.

Em síntese, a Tabela 1 fornece uma base rica para a análise da relevância científica dos artigos selecionados, considerando tanto a quantidade de citações quanto o *CiteScore*. Essa abordagem refinada e estratégica permite ao pesquisador uma compreensão mais profunda da contribuição relativa de cada estudo, contribuindo assim para a fundamentação robusta da pesquisa.

3.2. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica de artigos altamente citados facilita aos pesquisadores a formulação de possibilidades estratégicas de pesquisa e a abordagem de lacunas em domínios específicos (N. Sengupta *et al.*, 2024). A análise bibliométrica é um dos métodos de análise estatística para elucidar os resultados e a influência da pesquisa bibliográfica. Notavelmente, os estudiosos aplicaram extensivamente esta abordagem analítica em diferentes campos e disciplinas, como remediação de solo (Ajibade *et al.*,

2022), poluição por metais pesados (Basmacı *et al.*, 2023), contaminação de águas subterrâneas (B. Li *et al.*, 2021), produção de energia (W. Gu *et al.*, 2021) e desenvolvimento sustentável (Gajdzik *et al.*, 2020).

A análise bibliométrica emergiu como uma ferramenta crucial e uma metodologia de análise de pesquisa, com suas raízes associadas principalmente à biblioteconomia e ciência da informação (Rodríguez-Rojas *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2024). Essa abordagem proporciona uma coleta mais sistemática de dados da literatura científica sobre um determinado tema, permitindo a descrição de pesquisadores, revistas, instituições, países de origem, fontes relevantes e a identificação de palavras-chave associadas (Rodríguez-Rojas *et al.*, 2019; Melo *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022).

De acordo com Poleto *et al.*, (2023) a análise bibliométrica utiliza métodos estatísticos para avaliar a evolução de uma determinada área de pesquisa. Nesse sentido, é possível (i) avaliar o número de publicações, o nível de qualidade, o impacto, e o contribuição de o resultados; (ii) para carregar fora a mapeamento das atividades científicas dos autores; (iii) compreender redes de citações baseadas nos autores; (iv) obter uma visualização real e detalhada dos resultados e estruturas intelectuais de um domínio científico; (v) promover a construção do conhecimento; (vi) acompanhar a evolução de um campo de investigação e (vii) esclarecer temas de investigação inexplorados.

Aria e Cuccurullo (2017) observam que a aplicação da bibliometria está experimentando um crescimento progressivo em diversas disciplinas. A indicação é que a ferramenta Bibliometrix seguirá uma trajetória semelhante, visto que já se observa a publicação de vários artigos em revistas de destaque que empregaram essa ferramenta.

A aplicação da ferramenta Bibliometrix vai além das análises bibliométricas no âmbito econômico e tecnológico. Su *et al.*, (2022) conduziram uma revisão quantitativa da literatura sobre o conflito humano com a vida selvagem (Human Wildlife Conflict - HWC) utilizando o pacote Bibliometrix. Destaca-se também o seu emprego em pesquisas na área de saúde, conforme evidenciado nos estudos de (Khairi *et al.*, 2021; Liang *et al.*, 2022).

A bibliometria, uma disciplina que emprega métodos matemáticos e estatísticos para investigar e quantificar os processos de comunicação escrita (V. L. S. Guedes e Borschiver, 2005), emerge como uma ferramenta valiosa para o desenvolvimento do

conhecimento. Ela permite identificar não apenas o volume de trabalhos produzidos, mas também os autores mais relevantes e produtivos, entre outros aspectos. Além disso, a revisão bibliométrica revela-se como uma ferramenta crucial no planejamento de novas pesquisas, ao identificar lacunas na investigação de um determinado objeto de estudo (APA, 2001).

Para esta pesquisa, foi delimitado um espaço amostral compreendendo o período de 2012 a 2022. A exclusão de artigos que não agregaram valor à investigação se deu pelo fato de não abordarem a conexão entre *Smart Cities* e gestão de REEE, além de não apresentarem *CiteScore* ou qualquer outra métrica relevante.

Utilizando o pacote Bibliometrix, o pesquisador fica isento da preocupação com trabalhos duplicados, já que o *script* em R, apresentado durante a Análise de Dados, efetuará a remoção de todas as duplicatas identificadas. Diversas bases de dados bibliográficos, onde os metadados relacionados a trabalhos científicos são armazenados, representam fontes valiosas de informações bibliográficas (Aria e Cuccurullo, 2017), a exemplo dos acervos disponíveis nas bases *Scopus* e *WoS*.

A *Scopus*, desenvolvida pela Elsevier em 2004, é uma abrangente base de dados acadêmicos que engloba diversas disciplinas, desde ciências naturais até humanidades. Oferece uma extensa coleção de artigos de periódicos, conferências, patentes e literatura cinzenta. Além de fornecer métricas bibliométricas, como índice h e índice de impacto de revistas, *Scopus* possui ferramentas avançadas para análise de citações, possibilitando uma avaliação abrangente do desempenho acadêmico. Sua interface intuitiva e capacidade de rastrear tendências em várias áreas do conhecimento fazem dela uma escolha popular para pesquisadores.

Adquirida pela *Clarivate Analytics* em 2016, a *Web of Science* (*WoS*) é uma renomada base de dados interdisciplinar que cobre ciências naturais, sociais, artes e humanidades. Reconhecida por suas métricas bibliométricas, como o Fator de Impacto, a *WoS* fornece um conjunto abrangente de informações, incluindo artigos de periódicos revisados por pares, conferências e índices de citações. Suas ferramentas avançadas facilitam a análise de desempenho acadêmico, rastreamento de tendências e identificação de trabalhos altamente citados, tornando-a uma escolha valiosa para pesquisadores em busca de dados críticos para suas análises bibliométricas.

Além das bases mencionadas anteriormente, os pesquisadores podem encontrar uma relação completa de bases de dados bibliográficos confiáveis ao

acessarem o Portal de Periódicos da Capes ([https://www-periodicoscapes.gov-br.ez24.periodicos.capes.gov.br/](https://www-periodicoscapes.gov.br.ez24.periodicos.capes.gov.br/)).

Uma vez que o pesquisador tenha acessado as bases de dados alinhadas com os objetivos da pesquisa, o próximo passo envolve a busca pelas palavras-chave previamente definidas no projeto. Após essa etapa, a exportação dos dados é realizada, oferecendo a opção de salvar os resultados em diferentes formatos, como *RIS Format*, *Mendeley*, *CSV*, *Plain Text* e *Bib Tex* (Terra *et al.*, 2020). No entanto, para executar o *script* em R proposto na subseção de Análise de Dados e utilizar a ferramenta Bibliometrix, é crucial que os dados sejam exportados no formato *Bib Tex* (Terra *et al.*, 2020).

No ambiente do *RStudio*, o primeiro passo para iniciar efetivamente a análise dos dados coletados é carregar o pacote *Bibliometrix* no ambiente R (Apêndice A). Após a carga bem-sucedida do *Bibliometrix*, torna-se essencial importar para o ambiente R os arquivos em formato *Bib Tex* coletados nas bases de dados, convertendo-os em *data frames* (tabelas). Dado que neste trabalho foram combinadas as bases de dados *Scopus* e *Web Of Science*, é necessário realizar a fusão dos dois *data frames*, incorporando os dados das buscas em ambas as bases. A tabela resultante, livre de duplicatas, é salva em um arquivo Excel.

Diversas abordagens e unidades de análise podem ser exploradas para examinar um campo de pesquisa específico, tais como as palavras-chave mais frequentes, os autores mais relevantes, as filiações desses autores e o número de citações de cada documento. O Quadro 5 apresenta algumas abordagens e unidades de análise.

Quadro 5 – Abordagem e unidades de análise a serem exploradas

UNIDADE DE ANÁLISE	ABORDAGEM
Autor	<ul style="list-style-type: none"> • Referências comuns à obras dos mesmos autores; • Autores co-citados; • Co-ocorrência de autores em um documento.
Periódico	<ul style="list-style-type: none"> • Referências comuns em periódicos; • Periódicos co-citados

Documento	<ul style="list-style-type: none"> • Referências comuns aos documentos.
País e instituição de afiliação	<ul style="list-style-type: none"> • Co-ocorrência de países e instituições na lista de autores de um documento
Palavras-chave	<ul style="list-style-type: none"> • Co-ocorrência de termos em um documento.

Fonte: Adaptado de Cobo *et al.*, (2011).

As análises discutidas ao longo desta seção, derivadas da visualização de dados, desempenham um papel crucial ao orientar as atividades do pesquisador. Dada a magnitude do número de artigos e dados bibliográficos analisados, torna-se impraticável para o pesquisador conduzir um mapeamento científico dessa escala sem o suporte de uma ferramenta computacional, como o Bibliometrix.

3.2.1. análise de indicadores bibliométricos

A análise de indicadores bibliométricos representa uma abordagem fundamental na avaliação quantitativa do impacto e relevância da produção científica. No contexto acadêmico, essa prática oferece uma visão objetiva e mensurável das dinâmicas que moldam a pesquisa e a disseminação do conhecimento.

Ao explorarmos a análise de indicadores bibliométricos, embarcamos em uma jornada para compreender não apenas a quantidade, mas também a qualidade das contribuições em um determinado campo. Este ponto focaliza a importância dessa análise como uma ferramenta valiosa para mapear a influência e a visibilidade das publicações, proporcionando *insights* essenciais para pesquisadores, instituições e tomadores de decisão no meio acadêmico.

Iniciamos a análise bibliométrica com uma avaliação descritiva da amostra de documentos científicos, organizada com base na avaliação de indicadores bibliométricos. Esses dados são apresentados na Tabela 2, na fase final da aplicação do protocolo do *Methodi Ordinatio*. A Tabela 3 expõe informações abrangentes sobre a amostra em questão.

Tabela 3 – Principais informações da amostra

DESCRIÇÃO	TOTAL
Total de documentos	30
Média de citações por documento	207
Total de Periódicos	26
Total de referências	2620
Total de autores	246
Total de Palavras-chave	227

Fonte: O autor (2023).

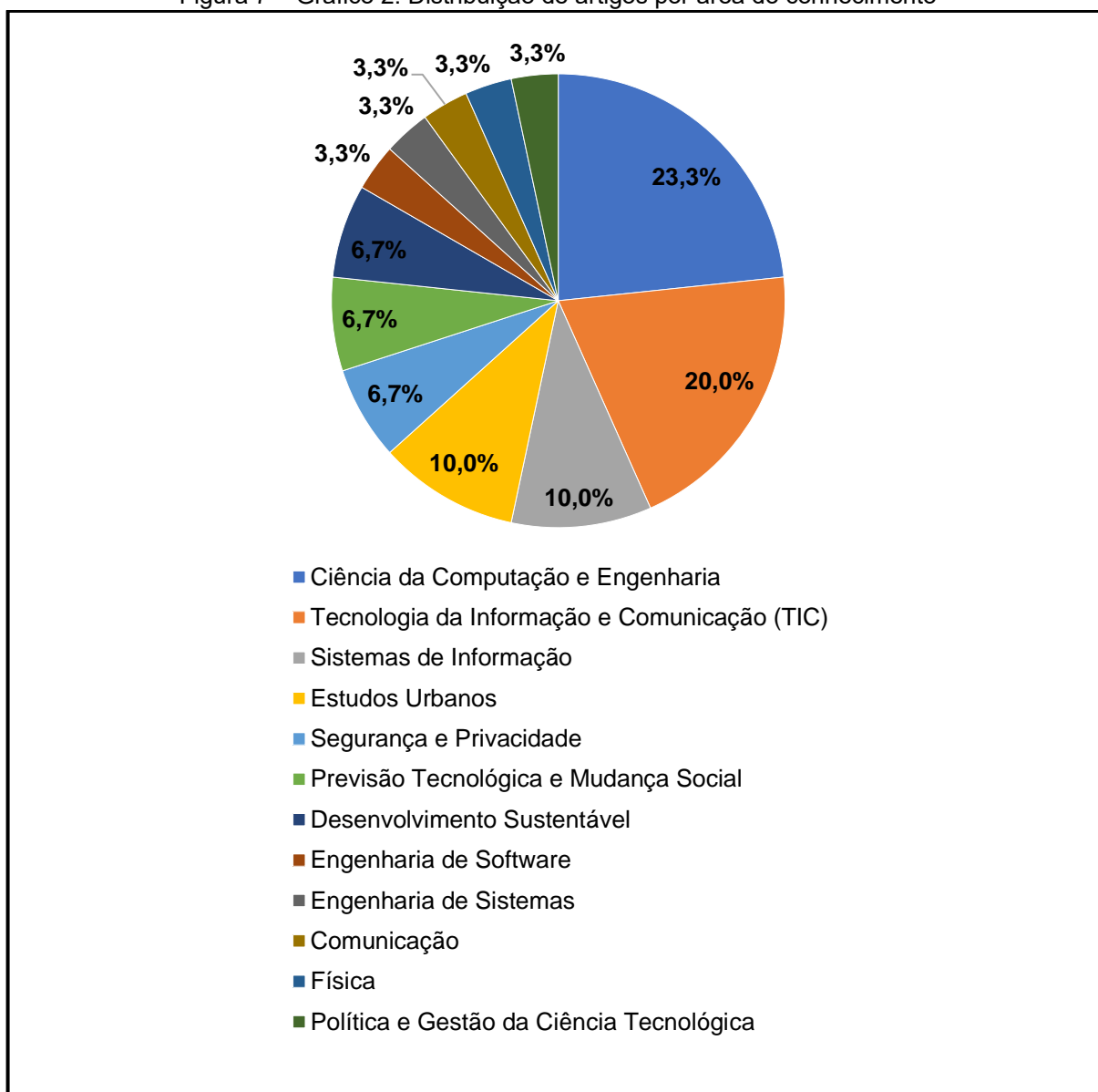
A Tabela 3 expõe informações abrangentes sobre a amostra em questão. Com base nas informações fornecidas, é possível observar que os 30 documentos apresentam uma média de 260 citações por documento, indicando um alto nível de referências e embasamento. Além disso, a presença de 26 periódicos, 2620 referências, 246 autores e 227 palavras-chave evidencia a diversidade e robustez das fontes utilizadas, bem como a amplitude dos tópicos abordados.

Estes dados sugerem que os documentos possuem uma base sólida e abrangente, contribuindo para a qualidade e relevância das informações apresentadas. Essa pesquisa compreende o horizonte temporal de 2012 até 2022, proporcionando uma visão abrangente da evolução dessas contribuições ao longo do período considerado.

A representação gráfica dos dados desempenha um papel trivial em estudos bibliométricos, transformando tabelas e dados numéricos em uma ampla gama de informações interconectadas (Aria e Cuccurullo, 2017). Diagramas como mapas bidimensionais, dendrogramas, redes sociais e outros formatos visuais podem ser empregados para adquirir ou aprimorar o entendimento.

O texto fornece uma descrição da importância de conhecer a área de conhecimento de um periódico acadêmico. Ele destaca que essa compreensão é crucial para pesquisadores e acadêmicos por diversos motivos (Creswell & Creswell, 2021). Saber a área de um periódico ajuda os pesquisadores a direcionarem suas publicações para o público-alvo correto, aumentando a visibilidade e a relevância de suas pesquisas. A Figura 7 mostra a distribuição dos artigos por área do conhecimento.

Figura 7 – Gráfico 2: Distribuição de artigos por área do conhecimento



Fonte: O autor (2023).

As áreas de maior porcentagem no documento fornecido são Ciência da Computação e Engenharia (23,3%) e Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) (20,0%). Essas áreas estão diretamente relacionadas aos conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos devido à sua relevância no desenvolvimento e implementação de tecnologias e sistemas que podem contribuir para esses campos.

A Ciência da Computação e Engenharia, juntamente com a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), desempenham um papel fundamental na criação de infraestruturas tecnológicas e soluções inovadoras para as cidades inteligentes

(*Smart Cities*). Estas áreas estão envolvidas no desenvolvimento de sistemas de informação, redes de comunicação, dispositivos inteligentes e aplicativos que podem melhorar a eficiência, a segurança e a qualidade de vida nas cidades.

Além disso, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) desempenha um papel fundamental na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, uma vez que pode contribuir para a implementação de sistemas de rastreamento, reciclagem e gerenciamento de dados relacionados aos resíduos eletrônicos.

Portanto, as áreas de Ciência da Computação e Engenharia, juntamente com Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), estão intrinsecamente ligadas aos conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos devido à sua capacidade de desenvolver e aplicar tecnologias inovadoras que podem impactar positivamente esses campos.

Os artigos podem ser visualizados por meio de uma técnica de representação gráfica conhecida como "*WordCloud*". Esta abordagem cria uma imagem que enfatiza as palavras mais frequentes no banco de dados da pesquisa, em que as dimensões na nuvem refletem a frequência com que essas palavras aparecem nos artigos selecionados. A "*WordCloud*", também denominada nuvem de palavras em inglês, é uma ferramenta visual que ilustra um conjunto de palavras, sendo o tamanho de cada palavra proporcional à sua frequência no texto original.

Examinar as palavras-chave empregadas por autores em suas publicações representa uma ferramenta fundamental para explorar as tendências e o enfoque dos pesquisadores na área (SONG *et al.*, 2019). Utilizando essa técnica, é viável identificar as palavras-chave mais frequentemente utilizadas nos artigos. Na representação gráfica em nuvem de palavras, o tamanho de cada palavra é proporcional à sua recorrência, sendo que palavras mais frequentes são visualmente destacadas por ocuparem um espaço maior.

Na Figura 8, a "*WordCloud*" destaca as palavras de maior ocorrência, sendo: "*smart cities* (12 ocorrências)" e "*smart city* (10 ocorrências)", seguidas por "*internet of things* (8 ocorrências)", "*big data* (3 ocorrências)", "*security* (3 ocorrências)", "*iot, open data, privacy, smart environments e smart services*" (2 ocorrências).

Figura 8 – Palavras mais frequentes no banco de dados da pesquisa

uma "*Smart City*" podem incluir sistemas inteligentes de coleta seletiva, monitoramento de resíduos e incentivo à reciclagem;

- **Internet of Things (IoT):** a presença significativa dessa palavra sugere um interesse em conectar dispositivos e sistemas para coletar e trocar dados, o que pode ser relevante para a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, permitindo o monitoramento e a otimização de processos, como a coleta seletiva e a reciclagem;
- **Big Data:** a ocorrência dessa palavra indica um interesse em lidar com grandes volumes de dados, o que pode ser útil para analisar padrões de consumo, descarte e reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos, contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável desses resíduos em ambientes urbanos;
- **Security:** a presença dessa palavra sugere uma preocupação com a segurança dos dados e sistemas, aspecto importante tanto para as cidades inteligentes quanto para a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, garantindo a integridade das informações e a proteção contra ameaças cibernéticas;
- **IoT:** reforçando a importância da Internet das Coisas, a presença dessa abreviação indica um interesse específico em conectar dispositivos e sistemas para coletar e trocar dados, o que pode ser aplicado na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos para promover processos mais eficientes e sustentáveis;
- **Open Data:** a ocorrência dessa expressão sugere um interesse em disponibilizar dados de forma aberta e acessível, o que pode ser relevante para promover a transparência e a inovação na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, permitindo o desenvolvimento de soluções colaborativas e inovadoras;
- **Privacy:** a presença dessa palavra indica uma preocupação com a privacidade dos dados, aspecto importante tanto para as cidades inteligentes quanto para a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, garantindo a proteção das informações pessoais e sensíveis relacionadas a esses processos;

- **Smart Environments:** essa expressão indica um interesse em ambientes inteligentes, o que pode estar relacionado a soluções inovadoras para a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, como sistemas de coleta e reciclagem inteligentes integrados a ambientes urbanos;
- **Smart Services:** a ocorrência dessa expressão sugere um interesse em serviços inteligentes, que podem ser aplicados na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos para promover soluções inovadoras, como plataformas de coleta seletiva e sistemas de reciclagem inteligentes.

Esta análise demonstra como as palavras de maior ocorrência estão relacionadas à tecnologias e conceitos que podem ser aplicados tanto em *Smart Cities* quanto na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, indicando um potencial para integração de soluções inovadoras nessas áreas. O emprego destas tecnologias é evidente e é objeto de discussão em pesquisas conduzidas por (Achillas *et al.*, 2010; Corsi, 2022; Santos e Ogunseitan, 2022; Secinaro *et al.*, 2022b).

Torna-se evidente que o cerne das *Smart Cities* quanto na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos reside na incorporação da tecnologia, com especial destaque para as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), conforme destacado por Li *et al.*, (2019). Este enfoque nas TIC é consistentemente abordado por diversos autores, reforçando a análise de Caragliu *et al.* (2011). A implementação dessas tecnologias visa impulsionar a eficiência dos serviços e da infraestrutura urbana, proporcionando simultaneamente melhorias na qualidade de vida dos cidadãos, conforme discutido por Sánchez-Corcuera *et al.*, (2019).

O gráfico apresentado na Figura 9 traça a linha do tempo das pesquisas no domínio das *Smart Cities* e da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). É relevante notar que, no ano de 2013, não houve publicações na área, além de observar que o número de artigos publicados variou ao longo dos anos. Houve um aumento significativo no número de artigos publicados entre 2017 e 2019, com um pico de 8 artigos em 2018.

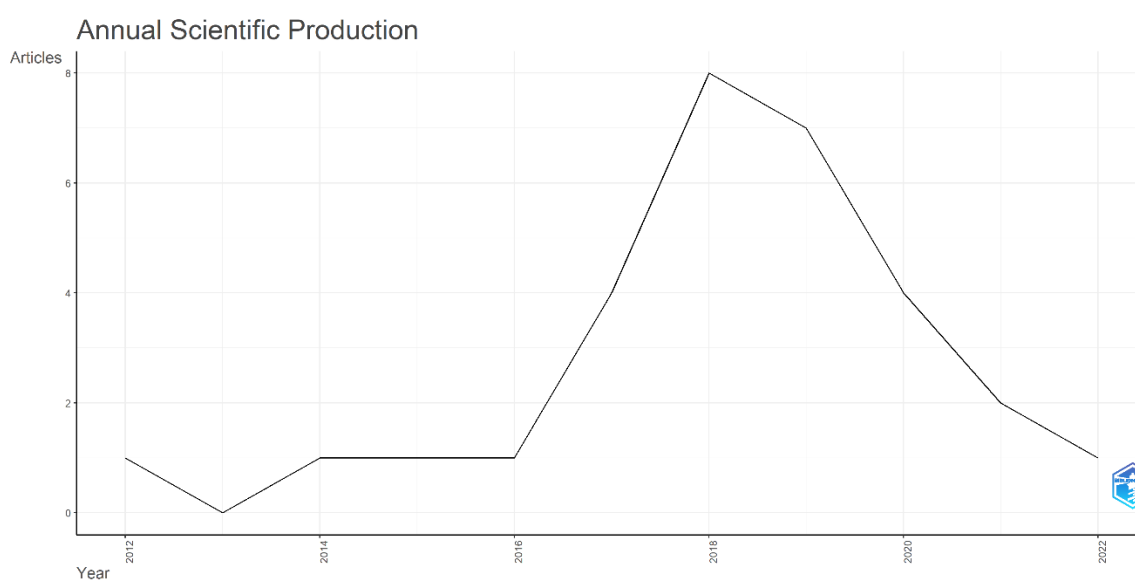
No entanto, a quantidade de artigos publicados diminuiu em 2020 e 2021, com 4 e 2 artigos publicados, respectivamente. Essas variações anuais podem refletir mudanças na produção acadêmica, áreas de pesquisa ou políticas editoriais ao longo do tempo.

Quanto aos anos de 2018 e 2019 terem sido os anos de maiores publicações na área de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos,

isso pode ser atribuído a um aumento no interesse e na relevância desses temas neste período. Em geral, a conscientização sobre questões relacionadas à sustentabilidade, inovação tecnológica e urbanização inteligente tem crescido, o que pode ter impulsionado a produção de artigos nessas áreas específicas.

Além disso, investimentos em pesquisa, políticas públicas e demandas do mercado também podem ter contribuído para o aumento da produção acadêmica nessas áreas durante esses anos.

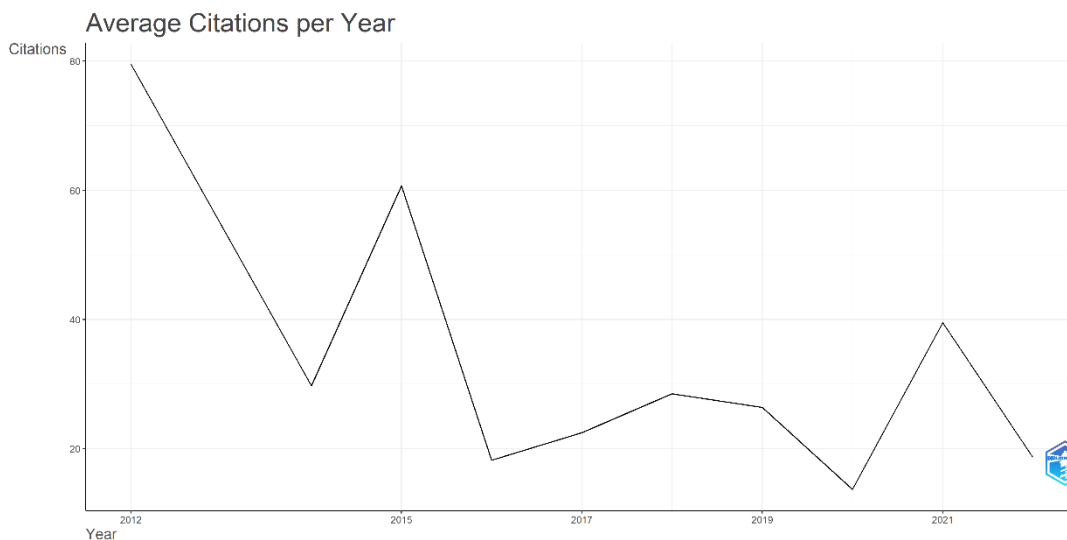
Figura 9 – Quantidade de publicações



Fonte: O autor (2023).

Os dados fornecidos pelas médias de citações por ano são importantes para avaliar o impacto e a relevância das publicações ao longo do tempo. Eles fornecem *insights* sobre a evolução do interesse e do engajamento da comunidade acadêmica e científica nessas áreas, permitindo a identificação de tendências e padrões ao longo dos anos. Além disso, esses dados podem ser utilizados para direcionar futuras pesquisas e investimentos, bem como para avaliar o impacto de políticas e iniciativas relacionadas com os conceitos estudados.

Figura 10 – Média de Citações por Ano



Fonte: O autor (2023).

No gráfico da Figura 10, pode-se observar a média de citações por ano dos artigos, em que, esta média pode ser calculada pela soma das citações em cada ano dividida pelo número de anos citáveis. A média de citações por ano é um indicador do impacto e relevância das publicações ao longo do tempo.

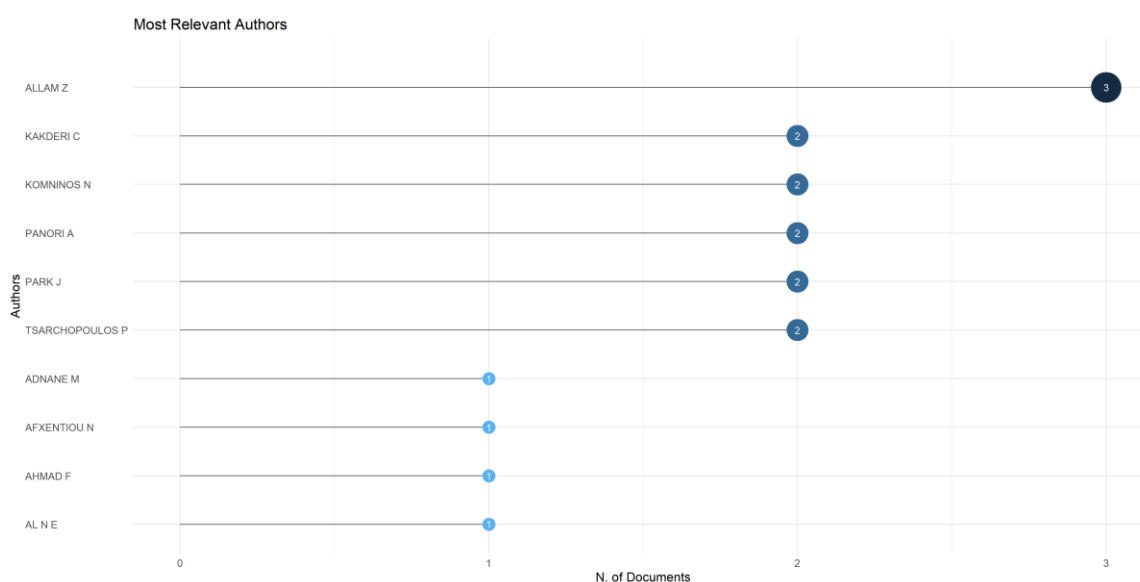
No contexto de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, a baixa média de citações por ano em 2020 e 2022 pode ser atribuída a um menor número de publicações ou a um menor impacto das publicações existentes nesses anos. Isso pode refletir um possível menor foco ou interesse da comunidade acadêmica e científica nessas áreas específicas durante esses períodos. Por outro lado, a média de citações por ano mais alta em 2012 e 2015 sugere um maior impacto e interesse nessas áreas nesses anos específicos.

A Figura 11 destaca os autores mais relevantes, apresentando uma lista deles juntamente com o número de artigos associados a cada um. Embora os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos não sejam mencionados diretamente no documento, a contribuição desses autores pode ser relevante para esses temas.

Autores como Komninos N *et. al.*, (2020), Panori A *et. al.*, (2019), e Tsarchopoulos P *et. al.*, (2019) que possuem 2 artigos cada, podem ter contribuições significativas para o campo das *Smart Cities*, considerando a importância da tecnologia e inovação nesse contexto.

Além disso, a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos pode ser abordada por autores como Allam Z *et. al.*, (2020), que possui 3 artigos, e Afxentiou N *et. al.*, (2020), que possui 1 artigo, considerando a relevância da sustentabilidade e da gestão ambiental nesse campo. Embora não haja menção direta a esses conceitos, a contribuição dos autores listados pode ser relacionada a esses temas devido à sua expertise e publicações.

Figura 11 – Autores mais relevantes para a pesquisa



Fonte: O autor (2023).

Ao examinar a produção de artigos por país na Figura 12, observa-se que a Austrália e a China lideram com 4 artigos, seguida pelos Estados Unidos em terceiro lugar, com 3 artigos. O Brasil se encontra em quarto lugar com 2 artigos. O destaque da China nesse cenário é atribuído ao seu processo acelerado de urbanização, que impõe desafios significativos em infraestrutura urbana, transporte, energia e gestão de resíduos.

É crucial ressaltar que a China investe substancialmente em pesquisas, com ênfase em áreas como *Internet das Coisas (IoT)*, *big data* e inteligência artificial, tecnologias essenciais para o desenvolvimento de Smart Cities. Quanto à Austrália, o país destaca-se pela sua indústria de mineração bem estabelecida, resultando em uma produção significativa de resíduos eletroeletrônicos relacionados a esses recursos.

Os Estados Unidos e o Brasil aparecem também como protagonistas nas produções acadêmicas de artigos sobre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos por uma série de razões interligadas. Em primeiro lugar, tanto os Estados Unidos quanto o Brasil possuem uma infraestrutura acadêmica robusta, composta por universidades de renome e instituições de pesquisa reconhecidas internacionalmente. Estas instituições têm recursos substanciais dedicados à pesquisa e desenvolvimento, permitindo que os acadêmicos conduzam estudos avançados em diversas áreas, incluindo tecnologia urbana e ambiental. Além disso, ambos os países enfrentam desafios significativos relacionados à urbanização, crescimento populacional e demandas por infraestrutura inteligente e sustentável.

Nos Estados Unidos, especialmente em cidades como Nova York, São Francisco e Chicago, as questões relacionadas à eficiência energética, transporte público e gestão de resíduos eletrônicos estão na vanguarda das agendas urbanas. No Brasil, com suas grandes metrópoles como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília, a busca por soluções para problemas de urbanização, mobilidade e sustentabilidade é igualmente premente.

Além disso, iniciativas governamentais e parcerias público-privadas nos dois países têm fomentado a pesquisa e a inovação em áreas relacionadas às *Smart Cities* e à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Programas de financiamento e apoio à pesquisa promovem a colaboração entre instituições acadêmicas, governamentais e empresas, impulsionando o avanço do conhecimento e a produção científica nessas áreas.

O Bahrein ocupar o último lugar nos destaques das produções acadêmicas sobre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos devido à sua menor dimensão territorial e populacional, limitando os recursos disponíveis para pesquisa. Além disso, o país pode priorizar outras áreas de interesse nacional, como economia e política, em detrimento desses temas. A falta de incentivos específicos para pesquisa e colaborações científicas internacionais também pode contribuir para essa posição. Em suma, fatores como tamanho, recursos e prioridades de pesquisa afetam a participação do Bahrein na produção acadêmica global nessas áreas.

A Figura 12 apresenta a frequência de produção, assim como variáveis como SCP (*Single Country Publication*) e MCP (*Multiple Country Publication*). Ao considerarmos o *MCP Ratio*, que indica a intensidade de colaboração internacional,

observa-se indícios de uma colaboração limitada entre autores de países distintos. Essas informações podem ser relevantes para entender a participação de cada país em pesquisas e desenvolvimento relacionados a *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

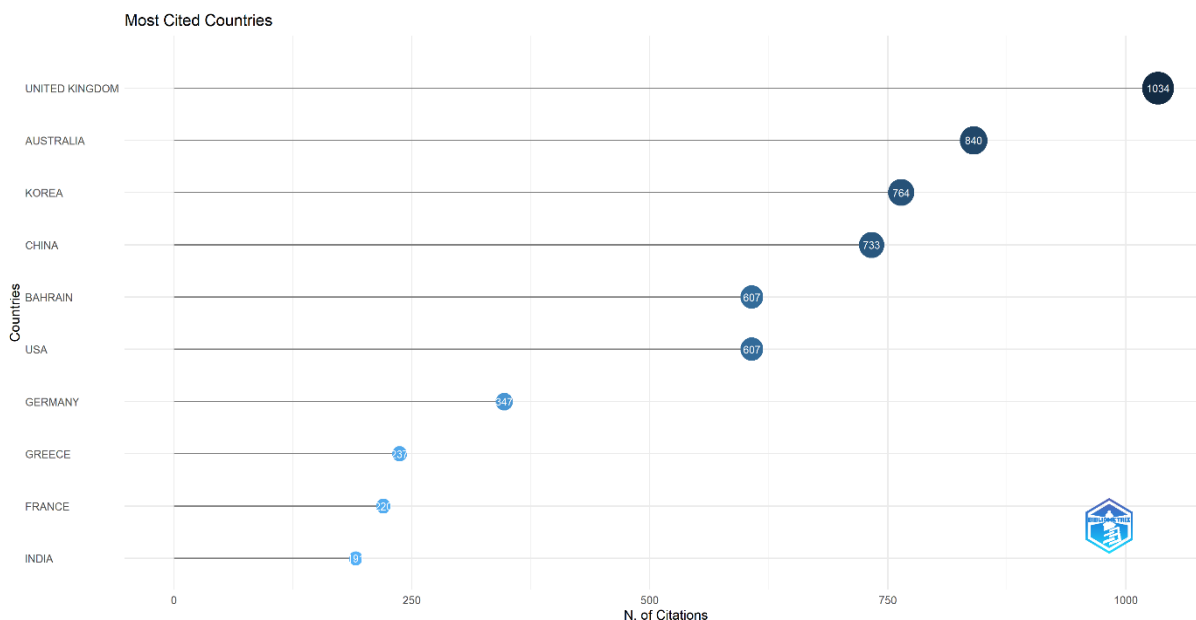
Figura 12 – Países dos autores por nº de publicação

País	Artigos	SCP	PCM	Frequencia	Razão_MCP
AUSTRÁLIA	4	2	2	0,133	0,500
CHINA	4	0	4	0,133	1,000
EUA	3	3	0	0,100	0,000
BRASIL	2	1	1	0,067	0,500
FRANÇA	2	0	2	0,067	1,000
GRÉCIA	2	2	0	0,067	0,000
ÍNDIA	2	2	0	0,067	0,000
CORÉIA	2	1	1	0,067	0,500
ESPANHA	2	1	1	0,067	0,500
Bahrein	1	1	0	0,033	0,000

Fonte: O autor (2023).

O gráfico da Figura 13, do número de citações por países é importante porque oferece *insights* importantes sobre a produção acadêmica e o impacto das pesquisas em determinadas áreas, como *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Através deste gráfico, podemos identificar os países que estão na vanguarda da produção de conhecimento nessas áreas e compreender melhor como diferentes regiões do mundo estão contribuindo para o avanço do campo.

Figura 13 – Países mais citados



Fonte: O autor (2023).

A classificação dos países e o total de citações (TC) são os seguintes: o Reino Unido lidera com 1034 citações, seguido pela Austrália com 840 citações, Coreia com 764 citações, China com 733 citações, e os Estados Unidos e Bahrain empatados com 607 citações cada. A Alemanha, Grécia, França e Índia completam a lista com 347, 237, 220 e 191 citações, respectivamente.

O Reino Unido e a Austrália se destacam como líderes em citações nas áreas de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos por uma série de razões profundas e interligadas. Primeiramente, ambas as nações possuem uma tradição acadêmica sólida e uma reputação internacional pela excelência em pesquisa. Suas universidades e instituições de pesquisa são reconhecidas globalmente pela qualidade e inovação de seus estudos, estimulando uma produção contínua de conhecimento de ponta.

Tanto o Reino Unido quanto a Austrália são reconhecidos por fomentarem ambientes propícios à inovação e empreendedorismo, através de políticas governamentais e incentivos que estimulam o desenvolvimento de novas tecnologias para desafios urbanos e ambientais. A forte colaboração internacional amplia o alcance e impacto das pesquisas desses países, enquanto políticas de sustentabilidade incentivam investimentos em *Smart Cities*, energias renováveis e gestão de resíduos, tornando-os líderes na produção acadêmica nessas áreas.

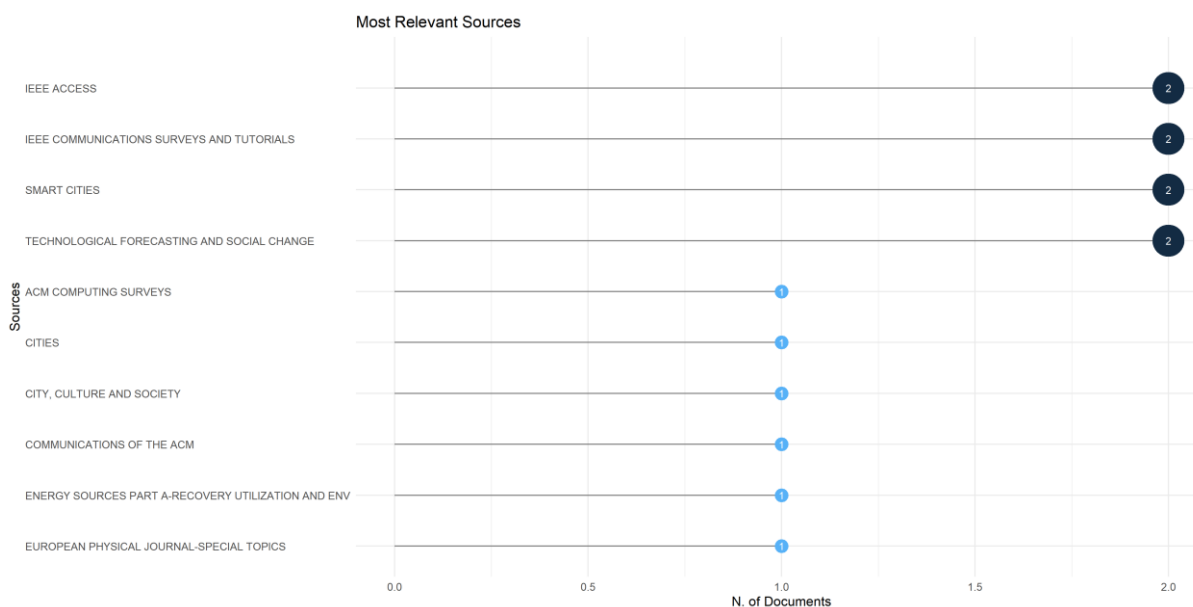
Por outro lado, a Índia pode estar em último lugar devido a vários desafios estruturais e socioeconômicos. Embora a Índia seja um país com um grande potencial de pesquisa e inovação, ela enfrenta obstáculos como infraestrutura limitada, financiamento insuficiente para pesquisa, e prioridades governamentais voltadas para outros setores, como saúde e educação. Além disso, questões como urbanização desordenada, infraestrutura precária e acesso desigual à tecnologia podem dificultar o avanço de pesquisas sobre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos eletroeletrônicos.

Em resumo, as diferenças na infraestrutura de pesquisa, investimentos, políticas governamentais e desafios socioeconômicos podem explicar as posições do Reino Unido, Austrália e Índia em relação às citações nas áreas de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

A Figura 14 destaca as principais fontes ou periódicos. O impacto das fontes refere-se à influência e relevância das fontes de informação em um determinado campo de estudo. É uma medida importante na avaliação da credibilidade, confiabilidade e contribuição de uma fonte para a compreensão e avanço do conhecimento em uma área específica.

Essas fontes indicam tendências e áreas de interesse, influenciando a direção da pesquisa e ajudando os pesquisadores a identificarem lacunas no conhecimento. Publicações em fontes renomadas também aumentam a visibilidade e o reconhecimento do trabalho dos pesquisadores, abrindo portas para colaborações e oportunidades de financiamento. Com base nos dados apresentados, destacam-se como principais fontes ou periódicos o *IEEE ACCESS*, o *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS AND TUTORIALS* e o *SMART CITIES*.

Figura 14 – Fontes mais relevantes



Fonte: O autor (2023).

Um mapa temático é uma representação cartográfica que enfatiza aspectos específicos de um determinado tema, como geografia física, distribuição populacional, atividades econômicas ou padrões climáticos. Ao contrário dos mapas gerais, que mostram uma variedade de informações geográficas, os mapas temáticos concentram-se em exibir dados específicos e relevantes para um propósito particular.

A Figura 15 ilustra o mapa temático da amostra em estudo. O tamanho de cada *cluster* indica a quantidade de artigos em cada grupo, em que são apresentados os assuntos mais recorrentes. No contexto da base de artigos sobre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, o mapa temático pode ser utilizado para identificar padrões e tendências relacionados a palavras-chave e conceitos específicos.

As ocorrências indicam quantas vezes uma palavra-chave específica aparece nos artigos, fornecendo *insights* sobre a relevância e popularidade de determinados conceitos. Por exemplo, palavras como "*cloud*", "*technology*", "*internet*" e "*aware*" têm múltiplas ocorrências, sugerindo que são temas frequentemente abordados nos artigos da base de dados.

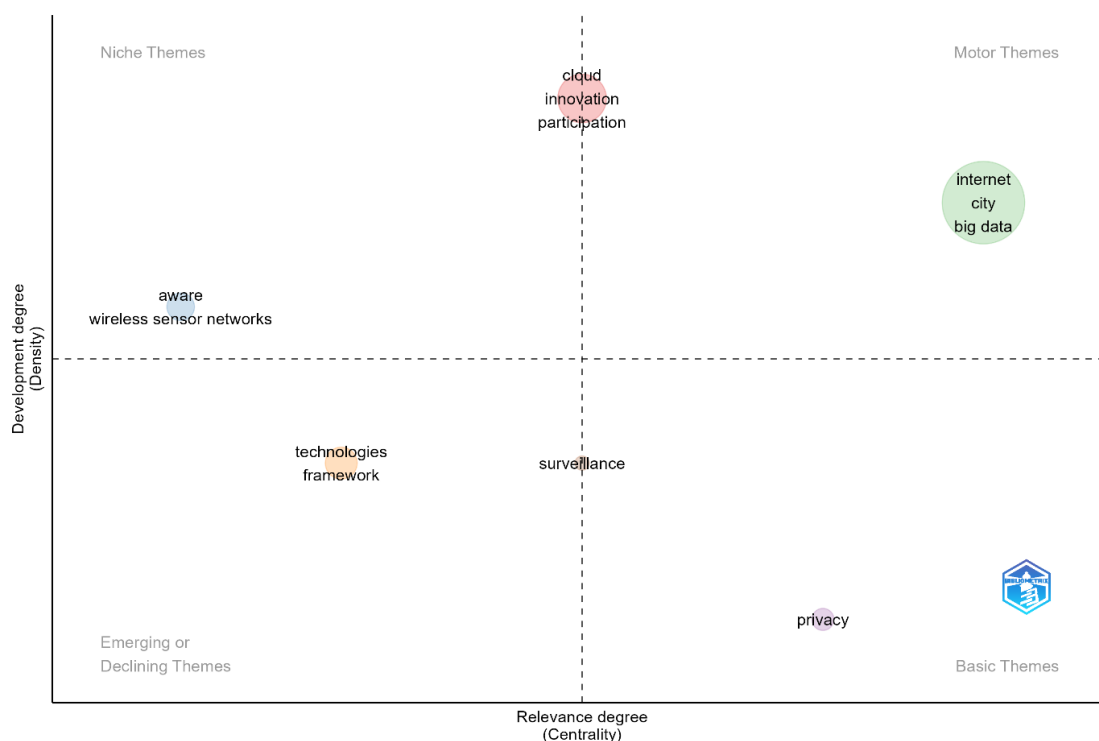
O conjunto e o *cluster* revelam agrupamentos de palavras-chave que compartilham características semelhantes ou estão associadas de alguma forma. Por exemplo, o agrupamento "*cloud*" inclui palavras como "*services*" e "*innovation*", indicando uma possível associação entre esses conceitos. Da mesma forma, o

agrupamento "*internet*" engloba palavras como "*challenges*", "*security*" e "*networks*", sugerindo uma conexão entre esses temas nos artigos analisados.

A inclusão de temas como inovação, participação, internet, cidade, *big data*, conscientização, redes de sensores sem fio, vigilância e privacidade sugere uma abordagem abrangente para lidar com os desafios e oportunidades associados a esses conceitos.

A presença de "relevância grau (centralidade)" indica que a base de dados pode estar classificando a importância ou centralidade de cada tema em relação aos conceitos. Estas informações são essenciais para identificar padrões, tendências e relações entre os conceitos abordados nos artigos, fornecendo uma visão abrangente sobre as áreas de interesse e pesquisa relacionadas a *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Figura 15 – Mapa temático



Fonte: O autor (2023).

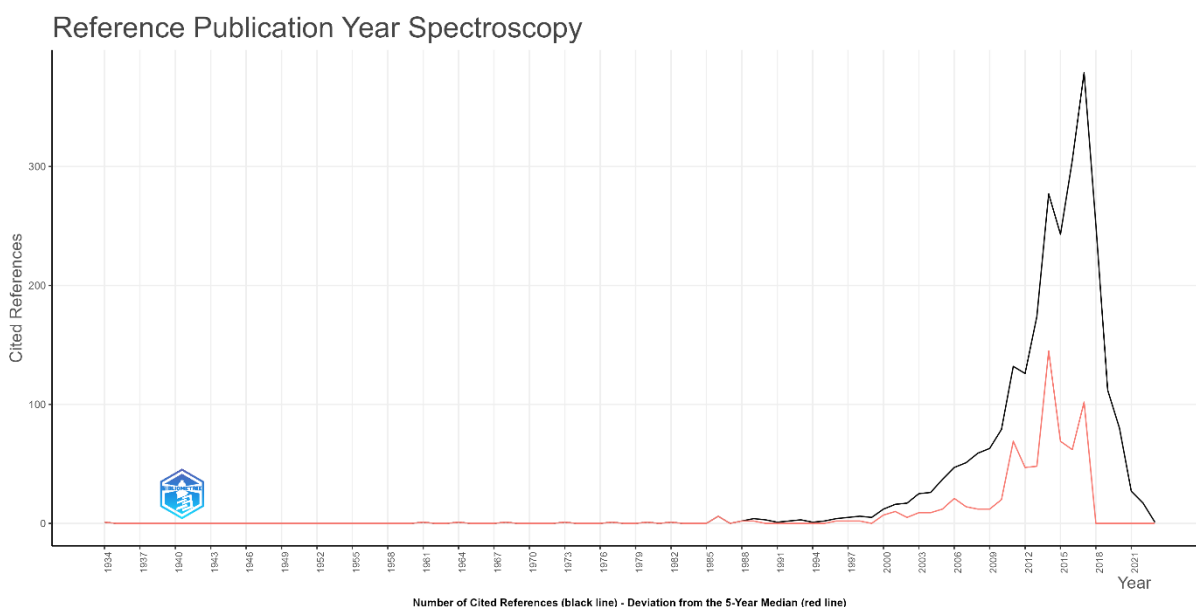
Uma árvore mapa é uma representação visual que organiza informações hierarquicamente, partindo de um conceito central e ramificando-se em subcategorias e detalhes. De acordo com a Figura 16, a árvore mapa poderia ser construída com

Equipamentos Eletroeletrônicos em ambientes urbanos, alinhadas com os conceitos de *Smart Cities* e sustentabilidade.

Na Figura 17 é apresentado um gráfico de Espectroscopia de Referência sobre os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos eletroeletrônicos. O gráfico de Espectroscopia é uma representação visual dos dados espectrais de uma referência. Estes gráficos são gerados a partir da análise espectroscópica de uma amostra com propriedades conhecidas, servindo como um padrão para comparação com os espectros de amostras desconhecidas.

Com base na tabela fornecida, é possível observar que ela contém dados de citações ao longo do tempo, abrangendo o período de 1934 a 2023. Inicialmente, há um padrão de baixo número de citações, com picos de crescimento a partir do ano 2000. Os maiores picos de crescimento ocorrem entre os anos de 2015 e 2019, indicando um aumento significativo no número de citações durante esse período. Essa tendência de crescimento pode sugerir um aumento no interesse e na produção de literatura científica sobre o tema abordado nas referências citadas.

Figura 17 – Espectroscopia de Referência



Fonte: O autor (2023).

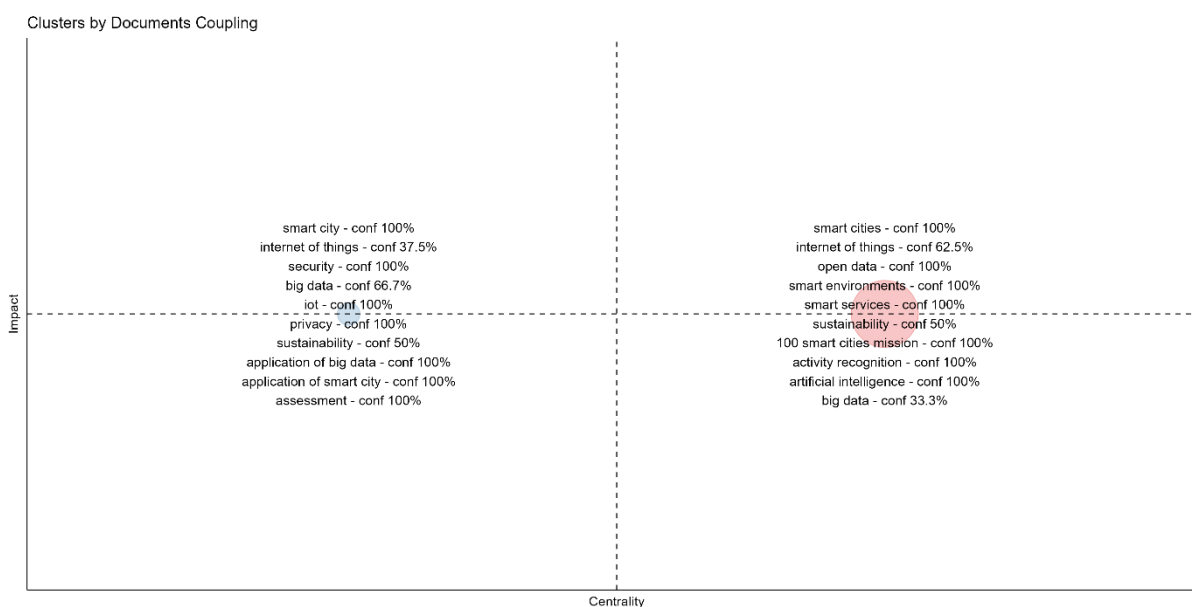
Clustering, ou agrupamento, é uma técnica amplamente utilizada para a análise de dados, na qual objetos ou elementos semelhantes são agrupados em conjuntos distintos. Por outro lado, o acoplamento refere-se à interdependência ou conexão

entre diferentes partes de um sistema. Se combinarmos esses conceitos, "*clustering* por acoplamento" poderia ser interpretado como um método de agrupamento onde a similaridade entre elementos é determinada pela forma como estão interligados ou dependentes uns dos outros dentro de um sistema ou rede.

De acordo com os dados fornecidos na Figura 18, eles representam a frequência e a centralidade de palavras-chave em uma base de dados de 30 artigos sobre *Smart Cities* e Gestão de Equipamentos de Resíduos Eletroeletrônicos. Cada linha de dados parece corresponder a uma palavra-chave específica, seguida pela frequência de ocorrência, centralidade, impacto e cor associados a essa palavra-chave em relação aos artigos.

A frequência indica com que frequência a palavra-chave aparece nos artigos, enquanto a centralidade pode estar relacionada à importância ou relevância da palavra-chave dentro do contexto dos artigos. O impacto pode representar o impacto da palavra-chave nos artigos ou em relação aos conceitos abordados, e a cor pode ser uma representação visual associada à palavra-chave.

Figura 18 – Clusters por acoplamento de documentos



Fonte: O autor (2023).

Com base nos dados fornecidos, podemos identificar dois grupos distintos de palavras-chave associadas aos artigos sobre *Smart Cities* e Gestão de Equipamentos de Resíduos Eletroeletrônicos.

No Grupo 1, está associado à cor azul. As palavras-chave mais proeminentes neste grupo incluem "*smart cities*", "*internet of things*", "*open data*", "*smart environments*", "*smart services*", "*sustainability*", "*smart cities mission*", "*activity recognition*", "*artificial intelligence*" e "*big data*". A confiança associada a essas palavras-chave é predominantemente alta, variando de 50% a 100% para a maioria dos conceitos, o que sugere um forte foco e interesse nessas áreas dentro dos artigos.

No Grupo 2, está associado à cor vermelha. As palavras-chave mais proeminentes neste grupo incluem "*smart city*", "*security*", "*big data*", "*iot*", "*privacy*" e "*application of big data*". Assim como no Grupo 1, a confiança associada a essas palavras-chave é predominantemente alta, variando de 50% a 100% para a maioria dos conceitos.

Ambos os grupos parecem compartilhar um forte foco em tecnologias e conceitos relacionados a *Smart Cities*, *Internet of Things*, *Big Data*, Segurança e Privacidade. No entanto, o Grupo 1 parece abranger uma gama mais ampla de conceitos, incluindo inteligência artificial, reconhecimento de atividades e missão de cidades inteligentes, enquanto o Grupo 2 parece se concentrar mais especificamente em segurança, privacidade e aplicação de *big data* em contextos urbanos.

Esta distinção entre os grupos pode fornecer *insights* sobre as diferentes ênfases e abordagens encontradas nos artigos sobre *Smart Cities* e Gestão de Equipamentos de Resíduos Eletroeletrônicos, destacando as áreas de interesse e as interconexões entre os conceitos abordados.

Com a conclusão desta revisão sistemática da literatura, encerramos a análise das fontes e perspectivas relevantes sobre os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. No próximo capítulo, adentraremos às análises e discussões dos resultados obtidos por meio da mineração de texto, da análise de cluster e agrupamentos. Esta fase da pesquisa visa responder às questões delineadas no início da metodologia, explorando os principais *insights* e tendências emergentes. Discutiremos os principais assuntos identificados, as metodologias prevalentes, e as implicações teóricas e práticas derivadas dos dados extraídos durante a revisão sistemática da literatura. Este próximo estágio nos permitirá contextualizar e interpretar os resultados, oferecendo uma visão abrangente e fundamentada sobre os temas investigados.

4. ANÁLISE E RESULTADOS

As cidades enfrentam um desafio crescente relacionado à gestão eficaz dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), à medida que a rápida urbanização e o avanço tecnológico impulsionam o consumo e a obsolescência desses dispositivos (Achillas *et al.*, 2010). Nesse contexto, o conceito de cidades inteligentes emerge como uma abordagem promissora para lidar com questões urbanas complexas, incluindo a gestão sustentável de resíduos.

As *Smart Cities* integram tecnologias avançadas, dados e participação cidadã para melhorar a qualidade de vida e a eficiência dos serviços urbanos (Corsi, 2022). No entanto, a implementação bem-sucedida de estratégias inteligentes de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos requer uma compreensão aprofundada das interações entre tecnologia, infraestrutura, regulamentação e comportamento humano. Esta dissertação explora os desafios e as oportunidades associados à integração de soluções inteligentes na gestão de REEE, visando contribuir para a construção de cidades mais sustentáveis e resilientes.

O conceito de *Smart Cities* e REEE, na literatura, estão muito conectados (Achillas *et al.*, 2010). Os REEE é um dos problemas socioambientais que tem mais alcançado evidência na sociedade devido ao seu crescente volume, que está atrelado aos seus descartes inadequados (Ni *et al.*, 2023). E para a construção de uma cidade inteligente, este problema se torna uma das principais razões para a construção de artifícios tecnológicos como soluções, para uma concepção de cidade considerada *Smart City*.

Após a conclusão da análise bibliométrica, evidenciam-se os artigos mais relevantes identificados pelo índice *InOrdinatio*, conforme detalhado na Tabela 2 – (Artigos selecionados e classificados pelo índice *InOrdinatio*). Este conjunto de artigos, composto pelo *cluster* apresentado no Quadro 6, abarca uma ampla gama de estudos teóricos, os quais abordam temáticas cruciais relacionadas às *Smart Cities* e à Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos (REEE). Esses estudos emergem como pontos de destaque nas discussões literárias, destacando a importância e a complexidade das questões inerentes a esses campos de pesquisa.

Quadro 6 – Artigos avaliados índice InOrdinatio e suas problemática correspondentes

Nº DO ARTIGO	ARTIGO	TÍTULO	PROBLEMÁTICA
1	(Batty <i>et al.</i> , 2012)	<i>Smart cities of the future</i>	Desenvolvimento de novas tecnologias
2	(Silva <i>et al.</i> , 2018)	<i>Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities</i>	Melhorar a qualidade de vida dos cidadãos urbanos, reduzindo a contradição entre demanda e oferta em diversas funcionalidades.
3	(Al Nuaimi <i>et al.</i> , 2015)	<i>Applications of big data to smart cities</i>	Investigar os requisitos gerais para o projeto e implementação de aplicativos baseados em Big Data para aplicativos e serviços de cidades inteligentes.
4	(Allam e Dhunny, 2019)	<i>On big data, artificial intelligence and smart cities</i>	Aprimorar a integração de Inteligência Artificial e Big Data em cidades inteligentes com o objetivo de aumentar a habitabilidade do tecido urbano e, ao mesmo tempo, impulsionar o crescimento econômico e as oportunidades.
5	(Mehmood <i>et al.</i> , 2017)	<i>Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges</i>	Visão geral das plataformas IoT de código aberto existentes para a realização de aplicativos de cidades inteligentes.
6	(J. Xie <i>et al.</i> , 2019)	<i>A Survey of Blockchain Technology Applied to Smart Cities: Research Issues and Challenges</i>	Rápida urbanização da população mundial.
7	(Elmaghraby e Losavio, 2014)	<i>Cyber security challenges in Smart Cities: Safety, security and privacy</i>	Desafios de segurança cibernética em cidades inteligentes.

8	(Khatoun e Zeadally, 2016)	<i>Smart Cities: Concepts, Architectures, Research Opportunities</i>	Melhorar a gestão dos recursos naturais e municipais das cidades e, por sua vez, a qualidade de vida dos seus cidadãos.
9	(Allam e Newman, 2018)	<i>Redefining the smart city: Culture, metabolism and governance</i>	Falta de aplicação de Smart City aos tecidos urbanos culturais e históricos.
10	(Kumar <i>et al.</i> , 2020)	<i>Moving towards smart cities: Solutions that lead to the Smart City Transformation Framework</i>	Rápida urbanização e o aumento da população colocaram muita pressão nas infraestruturas da cidade e na prestação de serviços.
11	(M. I. Pramanik <i>et al.</i> , 2017)	<i>Smart health: Big data enabled health paradigm within smart cities</i>	Propôs um modelo conceitual de Sistema de Saúde Inteligente habilitado para Big Data Estrutura (BSHSF).
12	(Angelidou <i>et al.</i> , 2018)	<i>Enhancing sustainable urban development through smart city applications</i>	Explorar a relação entre cidades inteligentes e sustentáveis.
13	(Anagnostopoulos <i>et al.</i> , 2017)	<i>Challenges and Opportunities of Waste Management in IoT-Enabled Smart Cities: A Survey</i>	Adoção de dispositivos inteligentes como uma tecnologia de capacitação.
14	(Santana <i>et al.</i> , 2018)	<i>Software Platforms for Smart Cities: Concepts, Requirements, Challenges, and a Unified Reference Architecture</i>	Sustentabilidade e a qualidade de vida dos cidadãos.
15	(Alsamhi <i>et al.</i> , 2019)	<i>Survey on Collaborative Smart Drones and Internet of Things for Improving Smartness of Smart Cities</i>	Os drones colaborativos e as futuras tecnologias IoT.

16	(Cui <i>et al.</i> , 2018)	<i>Security and Privacy in Smart Cities: Challenges and Opportunities</i>	Segurança e privacidade em cidades inteligentes.
17	(Du <i>et al.</i> , 2019)	<i>The Sensable City: A Survey on the Deployment and Management for Smart City Monitoring</i>	A problemática abordada no artigo é a falta de diretrizes claras sobre como projetar e manter sistemas de monitoramento em cidades inteligentes. Isso pode resultar em soluções ad hoc difíceis de replicar, retardar a adoção de sistemas eficientes de detecção e prejudicar uma vida urbana mais próspera e sustentável.
18	(Zhao <i>et al.</i> , 2021)	<i>Nanogenerators for smart cities in the era of 5G and Internet of Things</i>	A necessidade de encontrar fontes de energia sustentáveis e renováveis para alimentar a crescente quantidade de dispositivos <i>IoT</i> e sensores distribuídos em cidades inteligentes, devido à limitação das redes elétricas centralizadas e das baterias tradicionais.
19	(Kitchin e Dodge, 2019)	<i>The (in) security o smart cities: Vulnerabilities, risks, mitigation and prevention</i>	A relação paradoxal entre as tecnologias de cidades inteligentes, que são projetadas para resolver problemas urbanos, mas acabam introduzindo novas vulnerabilidades e riscos, incluindo questões de segurança e criminalidade cibernética.
20	(Praharaj <i>et al.</i> , 2018)	<i>Urban innovation through policy integration: Critical perspectives from 100 smart cities mission in India</i>	É a falta de convergência entre os planos diretores e de desenvolvimento das cidades existentes e as propostas da missão das 100 cidades inteligentes. Além disso, o artigo destaca a confusão presente no ambiente político a nível municipal devido à falta de uma estratégia central ou unificadora para a gestão da urbanização e do desenvolvimento.
21	(Ullah <i>et al.</i> , 2021)	<i>Risk management in sustainable smart cities governance: A TOE framework</i>	A falta de uma visão robusta e abrangente do gerenciamento de riscos no contexto da governança de cidades inteligentes sustentáveis.
22	(Komninos <i>et al.</i> , 2019)	<i>Smart City Planning from an Evolutionary Perspective</i>	A necessidade de compreender e abordar as complexidades e desafios do planejamento urbano inteligente, considerando a evolução das tecnologias digitais e as múltiplas dimensões das cidades inteligentes.

23	(Cook <i>et al.</i> , 2018)	<i>Using Smart City Technology to Make Healthcare Smarter</i>	A necessidade de utilizar tecnologias de cidade inteligente para melhorar os cuidados de saúde, considerando a coleta e análise de dados de sensores móveis e ambientais, bem como a integração desses dados para intervenções em saúde.
24	(Arya e Kumar, 2020)	<i>E-waste in India at a glance: Current trends, regulations, challenges and management strategies</i>	Gestão inadequada do lixo eletrônico, incluindo a falta de tratamento ambientalmente adequado, despejo ilegal, indisponibilidade de opções de tratamento, e a presença de substâncias químicas tóxicas.
25	(Urbietta <i>et al.</i> , 2017)	<i>Adaptive and context-aware service composition for IoT-based smart cities</i>	A dificuldade de integrar funcionalidades oferecidas por dispositivos <i>IoT</i> em ambientes inteligentes, bem como a necessidade de lidar com a heterogeneidade e dinâmica desses ambientes.
26	(Park <i>et al.</i> , 2019)	<i>CloT-Net: a scalable cognitive IoT based smart city network architecture</i>	A necessidade de compreender como um sistema baseado em computação cognitiva será implementado em um ambiente de cidade inteligente em grande escala, onde os dados estão em constante crescimento e a escalabilidade é uma preocupação.
27	(A. L. A. Guedes <i>et al.</i> , 2018)	<i>Smart Cities: The Main Drivers for Increasing the Intelligence of Cities</i>	Quais são os principais impulsionadores para aumentar a inteligência das cidades?
28	(Quijano-Sánchez <i>et al.</i> , 2020).	<i>Recommender systems for smart cities</i>	A necessidade de identificar aspectos e tópicos relevantes para sistemas de recomendação em cidades inteligentes, bem como a falta de utilização de informações sobre comentários de usuários, <i>tags</i> sociais e anotações semânticas, que representam dados relativamente fáceis de obter, devido à sua presença massiva nas mídias sociais.
29	(Kylili <i>et al.</i> , 2020)	<i>The role of Remote Working in smart cities: lessons learnt from COVID-19 pandemic</i>	A necessidade de lidar com questões energéticas e ambientais significativas, especialmente em meio à pandemia da COVID-19, e como o trabalho remoto pode contribuir para o desenvolvimento de cidades inteligentes.

30	(Allam <i>et al.</i> , 2022)	<i>The Metaverse as a Virtual Form of Smart Cities: Opportunities and Challenges for Environmental, Economic, and Social Sustainability in Urban Futures</i>	A problemática abordada no artigo é a preocupação ética, humana, social e cultural quanto à influência do Metaverso sobre a qualidade das interações sociais humanas e ao seu alcance prospectivo na reconstrução da qualidade da vida urbana.
----	------------------------------	--	--

Fonte: O autor (2023).

Os dados apresentados no Quadro 6 fornecem uma visão abrangente das problemáticas relacionadas às *Smart Cities* e à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Cada artigo oferece *insights* valiosos sobre como enfrentar os desafios associados à criação e manutenção de cidades inteligentes, bem como à gestão sustentável de resíduos eletroeletrônicos.

As problemáticas de cada artigo desempenham um papel crucial no desenvolvimento e na condução da pesquisa acadêmica (Lee e Boud, 2003). Elas servem como guias essenciais, delineando o escopo e o propósito do estudo, bem como justificando sua relevância para a comunidade acadêmica e para a sociedade em geral.

Ao apresentar as problemáticas, os autores destacam as lacunas no conhecimento existente, apontando para áreas que precisam de investigação adicional. Essas lacunas podem incluir questões não resolvidas, contradições na literatura ou desafios emergentes que merecem atenção.

Para uma análise mais aprofundada dos artigos, organizaremos os mesmos em grupos de cinco, o que facilitará a compreensão dos principais pontos abordados em suas problemáticas. Esta estrutura permitirá uma análise mais detalhada de cada conjunto de artigos, facilitando a identificação de tendências, lacunas e perspectivas comuns dentro de cada grupo.

Os artigos de 1 a 5 abordam a temática central das tecnologias e inovações essenciais para o avanço das cidades inteligentes. Eles concentram-se na aplicação de tecnologias como *Big Data*, Internet das Coisas (*IoT*), Inteligência Artificial e *Blockchain* para enfrentar os desafios urbanos e aprimorar a qualidade de vida nas áreas urbanas. Além disso, essas aplicações destacam a importância da sustentabilidade, eficiência energética e gestão inteligente dos recursos urbanos, o que é discutido nos achados de (Javed *et al.*, 2022; Debnath *et al.*, 2023).

Os artigos de 6 a 10 se concentram nos desafios e avanços relacionados ao desenvolvimento das cidades inteligentes, explorando a rápida urbanização, o aumento populacional e a pressão sobre as infraestruturas urbanas. Seu objetivo principal é encontrar soluções para aprimorar a qualidade de vida, gerir os recursos naturais, fornecer serviços eficientes nas áreas urbanas e transformar as cidades em modelos mais inteligentes e sustentáveis.

A problemática comum nestes artigos reside na busca por soluções inovadoras e tecnológicas para enfrentar os desafios das cidades em rápida urbanização, em consonância com os princípios das *Smart Cities* e a gestão eficiente dos recursos urbanos. Essa busca por soluções são discutidas também por Nižetić *et al.*, (2019), onde o autor destaca a importância das tecnologias inteligentes, como a Internet das Coisas (*IoT*), para lidar com os desafios enfrentados pelas cidades. Além disso, o autor discute a aplicação de tecnologias inteligentes em áreas como transporte inteligente, gestão de resíduos, segurança, agricultura inteligente e monitoramento de sistemas de água e também menciona a necessidade de soluções tecnológicas para questões urbanas, como tráfego, segurança, gestão de resíduos e eficiência energética.

Quanto aos artigos de 11 a 15, compartilham a temática central de explorar a aplicação de tecnologias inovadoras visando melhorar a qualidade de vida e a eficiência das cidades. Eles se concentram na utilização de *Big Data*, Internet das Coisas (*IoT*), drones colaborativos e plataformas de *software* para enfrentar os desafios urbanos e promover a sustentabilidade. Esses artigos destacam a importância da coleta e análise de dados para aprimorar os cuidados de saúde, a gestão de resíduos, a segurança cibernética e a colaboração entre dispositivos inteligentes, que é também discutido nos estudos de (Alromaihi *et al.*, 2018; Habibzadeh *et al.*, 2019).

Os artigos de 16 a 20 têm como tema central os desafios relacionados à segurança e privacidade em cidades inteligentes, focalizando a necessidade de lidar com vulnerabilidades, riscos, mitigação e prevenção de ameaças à segurança cibernética em ambientes urbanos inteligentes. Estes estudos ressaltam a importância de compreender e abordar as questões de segurança e privacidade decorrentes da implementação de tecnologias nas cidades inteligentes, buscando soluções para garantir a proteção dos dados, sistemas e infraestrutura urbanos.

Assim, a problemática comum abordada nestes artigos é a busca por soluções que enfrentem os desafios de segurança cibernética e privacidade em ambientes urbanos inteligentes, alinhadas com os princípios das *Smart Cities* e a proteção eficaz dos sistemas e dados urbanos. Rizi e Seno (2022), abordam a necessidade de proteger a privacidade dos cidadãos em cidades inteligentes, considerando a coleta massiva de dados, a segurança das redes e a proteção contra ciberataques.

Rizi e Seno (2022) propõem a criação de um modelo abrangente de segurança e proteção da privacidade nas *Smart Cities*, destacando a importância de abordagens orientadas a processos e a dados. Também discute a necessidade de equilibrar a privacidade dos cidadãos com os serviços oferecidos pelas cidades inteligentes, bem como a importância de considerar fatores não-técnicos, como treinamento, transparência e regulamentações. O artigo também menciona desafios em aberto, como a necessidade de medidas de segurança para dispositivos *IoT*, conscientização sobre privacidade, interdependências de sistemas na cidade inteligente e a necessidade de planos de contingência em caso de comprometimento de sistemas de inteligência artificial.

Os artigos de 21 a 25 se concentram nos desafios relacionados à gestão de riscos e à sustentabilidade em cidades inteligentes, enfatizando a necessidade de desenvolver estratégias robustas e abrangentes para o gerenciamento de riscos no contexto da governança de cidades inteligentes sustentáveis. Os artigos destacam a importância de abordar questões como o gerenciamento de resíduos, riscos ambientais, composição de serviços em ambientes inteligentes e a busca por fontes de energia sustentáveis para alimentar dispositivos *IoT* em cidades inteligentes.

Ahmad *et al.*, (2022) também abordam questões como segurança, robustez, interpretabilidade e ética (dados e algorítmica) no contexto da implementação de inteligência artificial em aplicações centradas no ser humano em cidades inteligentes. O artigo também destaca a necessidade de considerar a sustentabilidade ambiental, social e econômica para manter um equilíbrio entre a rápida expansão da urbanização e os recursos das cidades.

Já os artigos de 26 a 30 abordam os desafios relacionados à implementação e utilização de tecnologias avançadas em cidades inteligentes. Concentram-se na compreensão e enfrentamento das complexidades e desafios do planejamento urbano inteligente, levando em consideração a evolução das tecnologias digitais e as diversas dimensões das cidades inteligentes. Os artigos destacam a importância de utilizar

tecnologias de cidade inteligente para aprimorar os cuidados de saúde, lidar com questões energéticas e ambientais, compreender a implementação de sistemas baseados em computação cognitiva em ambientes de cidade inteligente, e explorar o potencial do Metaverso para influenciar a qualidade das interações sociais humanas.

No estudo de Sánchez-Corcuera *et al.*, (2019), é abordada uma ampla variedade de tecnologias e soluções relacionadas às cidades inteligentes, visando aprimorar os cuidados de saúde, lidar com questões energéticas e ambientais, e compreender a implementação de sistemas baseados em computação cognitiva nesses ambientes. Algumas das tecnologias mencionadas incluem *Big Data*, Internet das Coisas (*IoT*), Computação em Nuvem, Computação Móvel, Computação de Borda (*Edge Computing*) e Computação em Névoa (*Fog Computing*), Sensores e Redes de Sensores, Vigilância Urbana por Vídeo, Arquiteturas baseadas em *IoT*, *Blockchain*, Plataformas de *IoT* para cidades inteligentes, Sistemas de Gerenciamento de Tráfego, Aplicações de Saúde Móvel, Sistemas de Monitoramento de Energia e Água, Sistemas de Gerenciamento de Resíduos, Aplicativos Urbanos Baseados em Colaboração de Interessados, Infraestrutura de Comunicação Digital. Estas tecnologias e soluções são discutidas no contexto de como podem ser aplicadas para melhorar a eficiência, sustentabilidade, qualidade de vida e aspectos sociais nas cidades inteligentes.

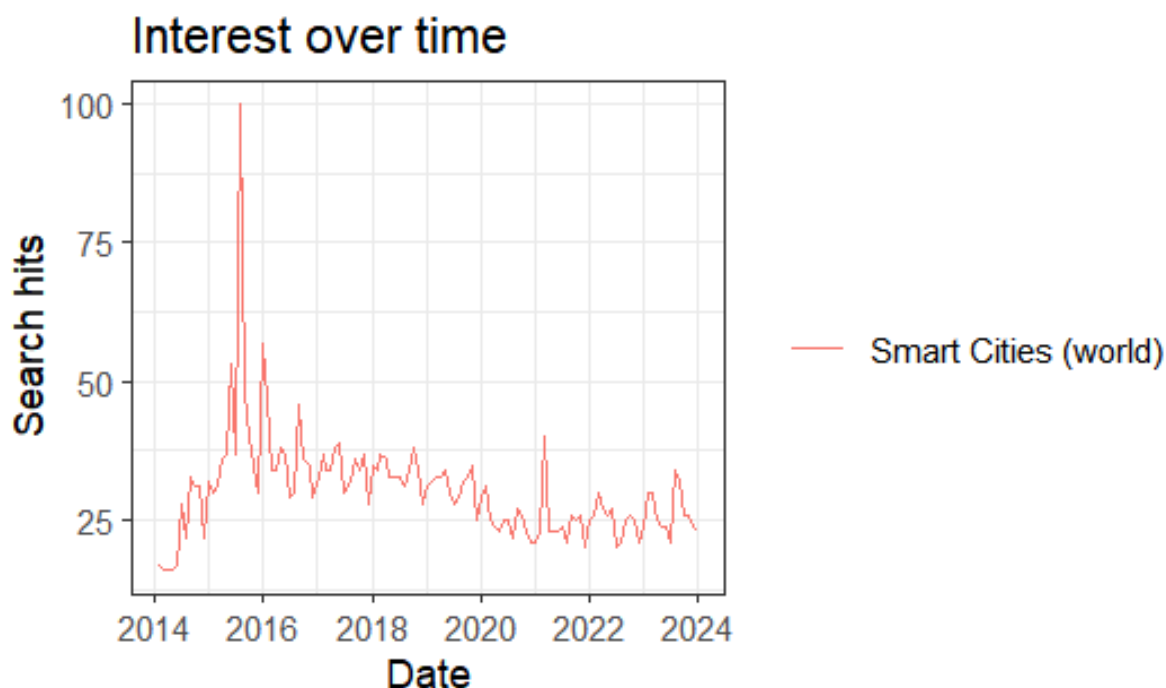
A maioria das problemáticas apresentadas, ressaltam a importância da sustentabilidade, eficiência energética e gestão inteligente dos recursos urbanos como elementos essenciais para promover o crescimento econômico e melhorar a habitabilidade das cidades. Nesse contexto, a problemática comum entre esses artigos evidencia a necessidade premente de soluções inovadoras e tecnológicas para enfrentar os desafios das cidades em rápida urbanização, direcionando os esforços para a construção de ambientes urbanos mais inteligentes, sustentáveis e resilientes.

O pacote *gtrendsR* é uma ferramenta valiosa para analisar e extrair *insights* de dados do *Google Trends*. Essa ferramenta, desenvolvida em R, permite aos pesquisadores e analistas acessarem e visualizarem tendências de busca em diferentes regiões geográficas e períodos de tempo (Günalan *et al.*, 2021). Ao utilizar o *gtrendsR*, os usuários podem explorar padrões de busca, identificar picos sazonais ou tendências emergentes, e entender melhor o comportamento dos usuários na *web* em relação a determinados tópicos ou palavras-chave (Raubenheimer *et al.*, 2021).

Ao aplicar os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) no *gtrendsR*, abrimos uma janela para compreender as dinâmicas de busca e interesse público relacionadas a esses temas em âmbito global. O *gtrendsR* permite uma análise detalhada das tendências de busca dos usuários na plataforma do *Google*, oferecendo *insights* valiosos sobre a popularidade e relevância dos termos relacionados a *Smart Cities* e gestão de REEE ao longo do tempo e em diferentes regiões geográficas. A utilização desta ferramenta nos possibilita identificar padrões sazonais, picos de interesse, bem como investigar a evolução das preocupações e demandas relacionadas a esses conceitos em diversas comunidades e contextos socioeconômicos.

Através do pacote “*gtrendsR*” desenvolvido por Philippe Massicotte e Dirk Eddelbuettel (2016), códigos em R (Apêndice E), foi realizada uma análise dos termos: *Smart Cities* e *WEEE* (Waste Electrical and Electronic Equipment) na base de dados do *Google Trends* durante os últimos 10 anos.

Figura 19 – Pesquisas do termo *Smart Cities* no google. Período: 01/2014 – 01/2024



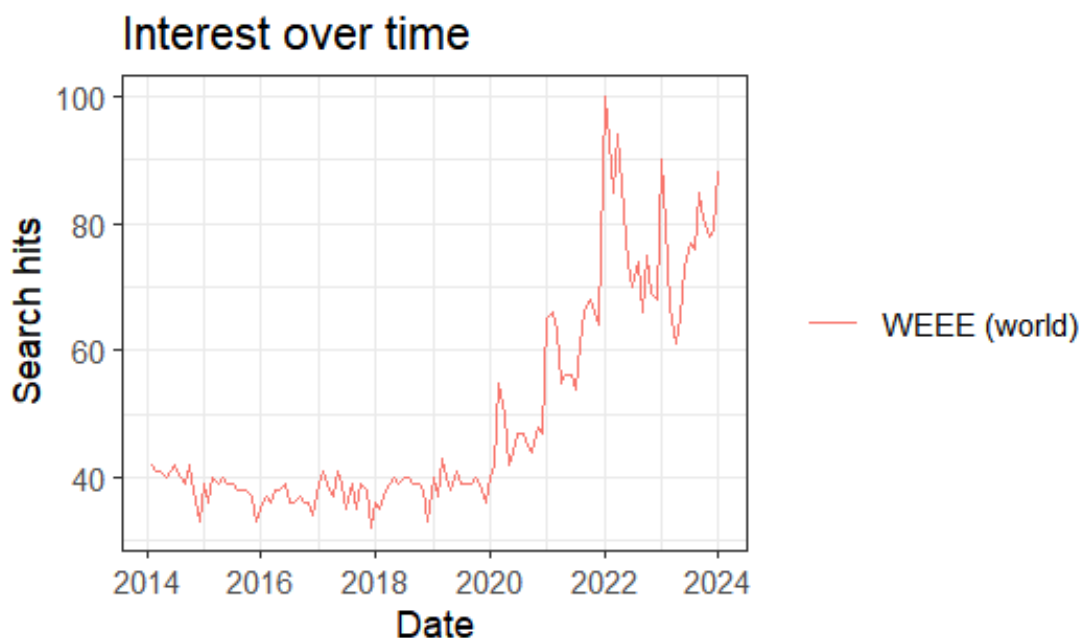
Fonte: O autor (2024).

Segundo a Figura 19, há um notável aumento nas buscas pelo conceito de *Smart Cities* a partir de 2014, atingindo seu ápice em 2015. Esse aumento é

corroborado pelos estudos de Pereira *et al.*, (2022), os quais indicam que foi somente a partir de 2015, com a publicação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável pela ONU, que o conceito ganhou maior relevância e uma agenda global e nacional começou a ser estabelecida.

Além disso, um dos principais motivos é o crescente interesse global em soluções tecnológicas para lidar com os desafios urbanos emergentes, como crescimento populacional, urbanização rápida, mudanças climáticas e demandas por serviços urbanos mais eficientes e sustentáveis. Iniciativas governamentais, programas de incentivo e investimentos em projetos de *Smart Cities* também podem ter impulsionado o interesse e a busca por informações sobre o tema a partir desse período.

Figura 20 – Pesquisas do termo *WEEE* no google. Período: 01/2014 – 01/2024



Fonte: O autor (2024).

Conforme apresentado na Figura 20, há um notável aumento nas buscas pelo conceito de *WEEE* a partir do ano de 2020, com um crescimento ainda mais significativo durante o ano de 2022. Este considerável crescimento das buscas pelo conceito de *WEEE* (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) no *Google Trends* em 2022 pode ser atribuído à várias razões. De acordo com os estudos de Pan *et al.*, (2022) uma delas é o aumento da conscientização sobre a gestão adequada de

resíduos eletrônicos e a crescente preocupação com questões ambientais e sustentabilidade.

Governos, organizações e indivíduos estão cada vez mais interessados em entender e lidar com os desafios associados ao descarte e reciclagem de produtos eletrônicos, especialmente à medida que a tecnologia avança e a obsolescência dos dispositivos eletrônicos se torna mais rápida. Essa busca sem precedentes pelos resíduos elétricos e eletrônicos (*WEEE*) está relacionada ao crescimento tecnológico e à penetração crescente de dispositivos eletrônicos. Estima-se um aumento global na geração de resíduos eletrônicos para 74,7 milhões de toneladas até 2030 (Pan *et al.*, 2022).

Pan *et al.*, (2022) destaca que a aplicação de estratégias de Economia Circular na indústria de *WEEE* tem promovido o desenvolvimento sustentável do meio ambiente e da economia. E que Eventos, campanhas de conscientização e regulamentações relacionadas aos resíduos eletrônicos podem ter contribuído para este aumento nas buscas durante o ano de 2022.

Neste contexto, a análise dos dados obtidos através do *gtrendsR* contribuem consideravelmente para a compreensão das percepções e prioridades em torno das questões de sustentabilidade urbana e gestão de resíduos eletrônicos, oferecendo um panorama abrangente que complementa as perspectivas fornecidas pela revisão sistemática da literatura.

O *packages wordcloud* é uma ferramenta popular em linguagem de programação R, desenvolvida por Ian Fellows (2014), que permite a criação de nuvens de palavras a partir de um conjunto de texto. Estas nuvens de palavras fornecem uma representação visual das palavras mais frequentes em um *corpus* de texto, onde o tamanho de cada palavra é proporcional à sua frequência de ocorrência no texto.

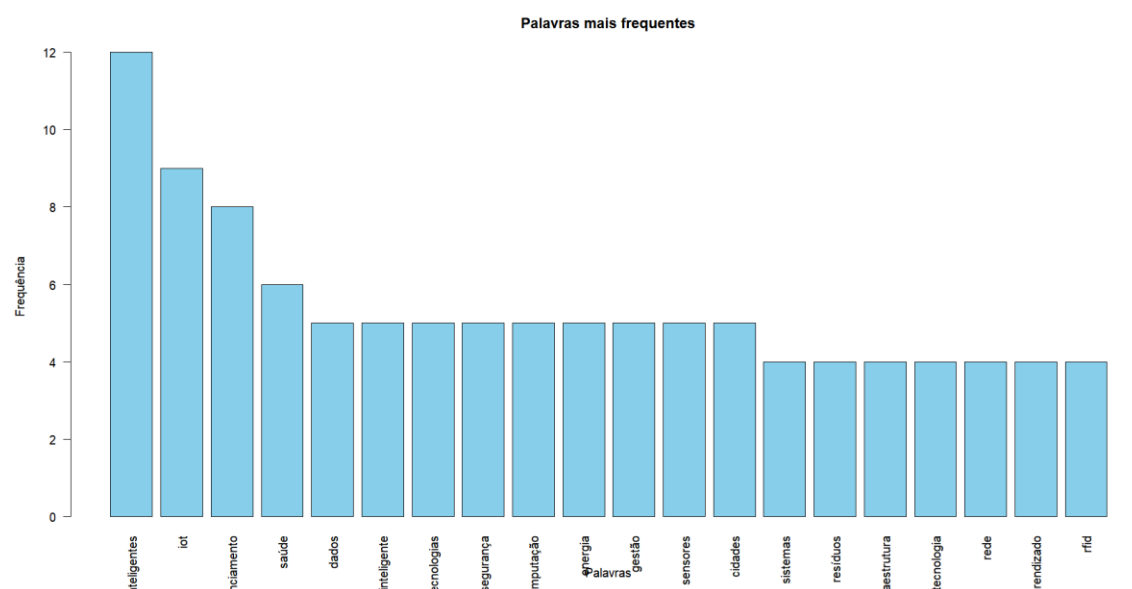
No contexto da análise dos 30 artigos sobre os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos, o pacote *wordcloud* (**Apêndice B**) foi utilizado para identificar e visualizar as principais palavras presentes (*insights*) quanto as oportunidades e desafios encontrados, presentes no Quadro 10 na base de dados desses artigos. Ao analisar os textos dos artigos, o *wordcloud* possibilitou identificar quais termos eram mais frequentes e, portanto, potencialmente mais relevantes para os temas abordados. Isso ajuda os pesquisadores e analistas a terem uma visão geral das palavras-chave e conceitos mais prevalentes nos textos estudados, facilitando a compreensão dos tópicos e padrões presentes nos dados.

Após a criação das *wordclouds* para os conceitos de *Smart Cities* e *WEEE* com base (*insights*) quanto as oportunidades e desafios encontrados, presentes no Quadro 10, tornou-se fundamental analisar a frequência dessas palavras-chave presentes nos textos. Para essa tarefa, foram empregados os pacotes *readxl* e *tm* (Apêndice C) em R. O pacote *readxl* foi desenvolvido por Hadley Wickham e Jennifer Bryan (2014), sendo usado para importar dados de planilhas Excel, enquanto o *tm* foi criado por Ingo Feinerer e Kurt Hornik (2008), sendo uma ferramenta valiosa para análise de texto, permitindo pré-processamento e análise de dados textuais.

É essencial verificar a frequência das palavras associadas aos termos de interesse, pois isso oferece *insights* importantes sobre os tópicos discutidos nos documentos. Ao criar *wordclouds*, as palavras mais proeminentes são destacadas visualmente, mas a frequência exata de cada termo pode não ser clara. Portanto, o uso de gráficos de barras proporciona uma representação mais precisa da distribuição das palavras e sua importância relativa nos textos.

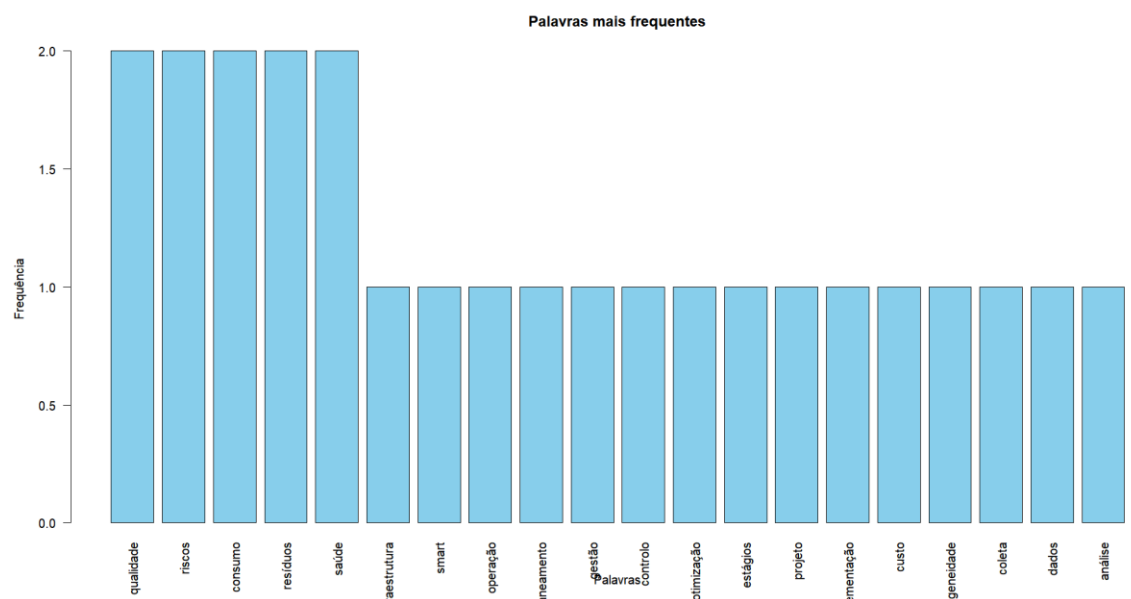
A análise da frequência das palavras auxilia na identificação de padrões, tendências e temas recorrentes nos documentos, permitindo uma compreensão mais profunda do conteúdo. Além disso, ajuda os pesquisadores a focalizarem em áreas específicas de interesse, explorando os aspectos mais relevantes dos conceitos de *Smart Cities* e *WEEE* dentro dos textos analisados.

Figura 23 – Termos mais frequentes quanto as oportunidades encontradas para os conceitos de *Smart Cities* e *WEEE*



Fonte: O autor (2024).

Figura 24 – Termos mais frequentes quanto aos desafios encontrados para os conceitos de *Smart Cities* e *WEEE*



Fonte: O autor (2024).

Na Figura 23, destacam-se como termos mais frequentes quanto aos *insights* sobre oportunidades encontradas para os conceitos de *Smart Cities* e *WEEE*, as palavras "inteligentes", "IoT", "gerenciamento" e "saúde". Por outro lado, na Figura 25, os termos mais comuns nos *insights* sobre os desafios encontrados são "qualidade", "riscos", "consumo", "resíduos" e "saúde".

Os termos mais frequentes nos *insights* para oportunidades e desafios sobre os conceitos de *Smart Cities* e *WEEE*, conforme mostrados nas Figuras 23 e 24, revelam conexões e temas comuns. "Inteligentes" e "IoT" refletem a ênfase na tecnologia e conectividade, fundamentais tanto para a coleta de dados em tempo real nas cidades inteligentes quanto para o gerenciamento eficiente de resíduos eletrônicos.

O termo "gerenciamento" destaca a importância de uma administração eficaz, desde o planejamento urbano até a gestão dos resíduos. A palavra "saúde" remete à saúde pública, sendo essencial tanto para a qualidade de vida nas cidades inteligentes quanto para prevenir danos associados à gestão inadequada de resíduos eletroeletrônicos. Por outro lado, os termos "qualidade", "riscos", "consumo" e "resíduos" destacam os desafios compartilhados, como a qualidade dos serviços

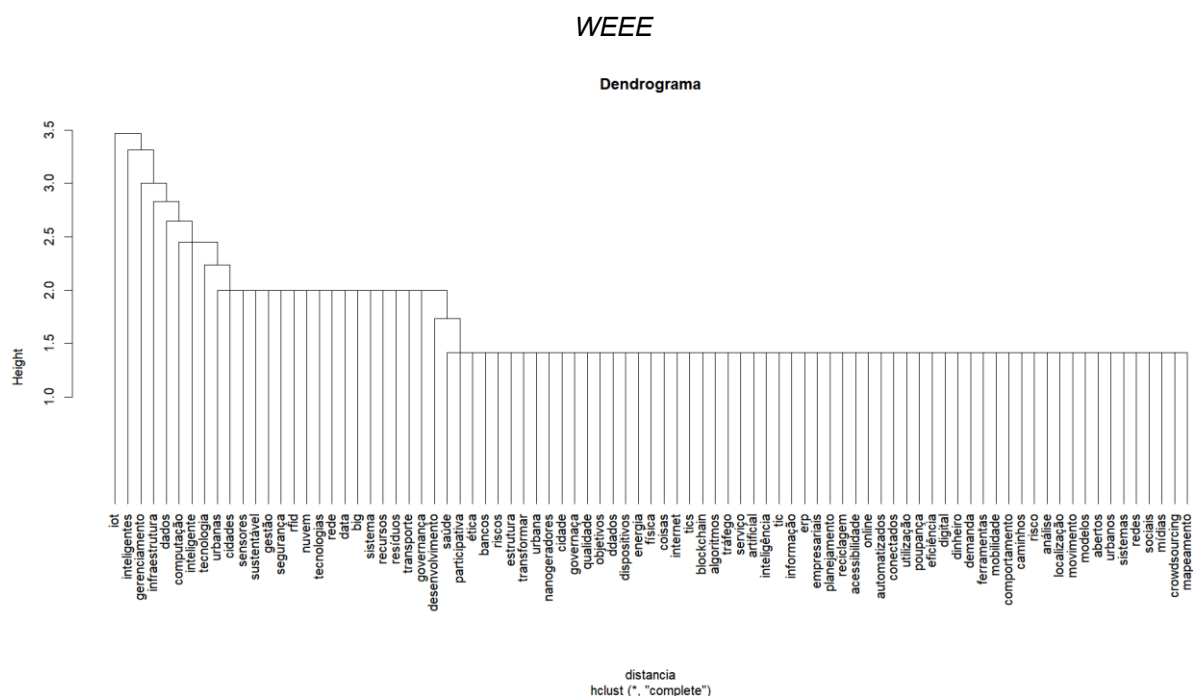
urbanos, os riscos da urbanização rápida e a necessidade de lidar com resíduos eletrônicos de forma responsável.

Estas palavras refletem preocupações comuns que demandam soluções integradas e inovadoras para promover o desenvolvimento urbano sustentável e a gestão adequada de resíduos tecnológicos.

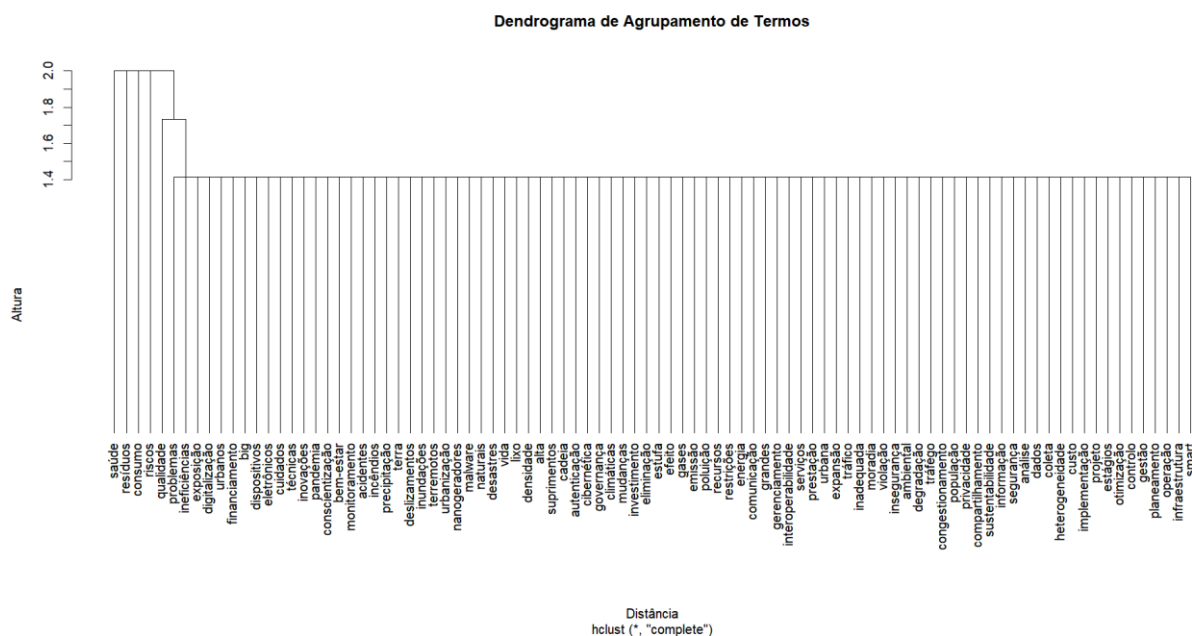
Um dendrograma de distância é uma representação gráfica de um processo de agrupamento (*clustering*) que organiza objetos ou observações com base em sua proximidade ou distância em relação a outros objetos (De Luca e Zuccolotto, 2023). Na prática, o dendrograma mostra a hierarquia de agrupamentos em diferentes níveis de similaridade.

Cada objeto é representado por um ramo do dendrograma, e a altura das conexões entre os ramos indica os quão diferentes ou semelhantes são os objetos. Quanto menor a altura da conexão, maior é a similaridade entre os objetos conectados. O dendrograma é comumente utilizado em análises de dados, especialmente em estudos de agrupamento e classificação, para entender a estrutura e a relação entre diferentes grupos de dados.

Figura 25 – Dendrograma para as oportunidades encontrados para os conceitos de *Smart Cities* e



Fonte: O autor (2024).

Figura 26 – Dendrograma para os desafios encontrados para os conceitos de *Smart Cities* e *WEEE*

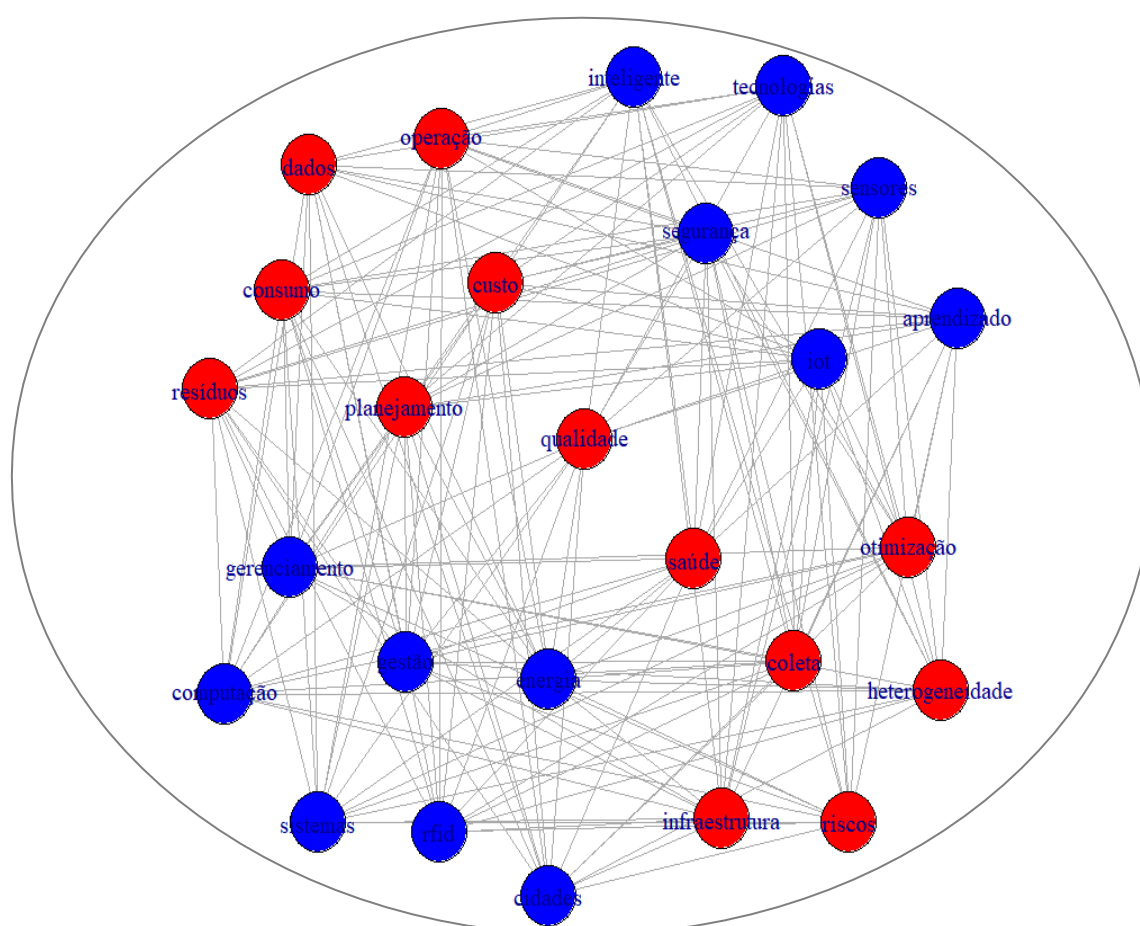
Na Figura 25, o dendrograma representa de forma hierárquica os principais *insights* quanto as oportunidades encontradas para os conceitos de *Smart Cities* e *WEEE*. O dendrograma organiza as palavras em grupos com base em sua similaridade de frequência e contexto. Observa-se claramente a formação de três grandes grupos distintos, o que sugere diferentes categorias ou temas emergentes dentro do contexto das oportunidades identificadas.

Da mesma forma, na Figura 26, o dendrograma representa os desafios encontrados para os conceitos de *Smart Cities* e *WEEE*. Novamente, o dendrograma organiza os desafios em grupos hierárquicos com base em sua similaridade. Neste caso, observa-se a formação de dois grandes grupos, indicando diferentes categorias ou aspectos desafiadores no contexto das *Smart Cities* e da gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

A organização hierárquica facilita a compreensão da estrutura dos *insights* ou desafios identificados, ajudando os pesquisadores e profissionais a explorarem e compreender melhor o campo de estudo das *Smart Cities* e da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

A rede de termos, também conhecida como rede de palavras-chave ou rede semântica, é uma representação visual das relações entre os termos em um conjunto de dados, geralmente construída com base na frequência de co-ocorrência ou em medidas de similaridade semântica entre os termos. No contexto dos conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, a construção de uma rede de termos a partir dos *insights* para oportunidades e desafios encontrados pode oferecer diversas vantagens e *insights* importantes:

Figura 27 – Rede de termos dos principais *insights* encontrados para os conceitos de *Smart Cities* e WEEE



Fonte: O autor (2024).

A Figura 27 exibe uma rede de termos, destacando suas conexões e a frequência de co-ocorrência nos documentos analisados. As cores representam dois grupos distintos de termos: o grupo em azul enfoca os principais *insights* relacionados às oportunidades identificadas nos conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Por outro lado, o grupo em vermelho destaca os

principais *insights* associados aos desafios encontrados nesses mesmos conceitos. É interessante observar que ambos os grupos de termos estabelecem conexões significativas tanto com as oportunidades quanto com os desafios, indicando uma interligação intrínseca entre eles.

A ligação intrínseca entre os termos relacionados às oportunidades e desafios com base nos conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos é multifacetada e decorre da natureza interconectada dessas áreas. A presença de termos como *IoT*, gerenciamento inteligente, tecnologias, segurança, computação, energia, gestão, sensores, cidades, sistemas, aprendizado, RFID, qualidade, riscos, consumo, resíduos, saúde, infraestrutura, operação, custo, coleta, dados, heterogeneidade, planejamento e otimização reflete a complexidade desses campos e suas relações com os desafios e oportunidades urbanas.

Todos estes termos estão intrinsecamente ligados à complexidade dos campos da tecnologia, gestão urbana e resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, especialmente em contextos de *Smart Cities* e gestão de resíduos. A *IoT* (Internet das Coisas) é fundamental na gestão de resíduos, permitindo o monitoramento e rastreamento de equipamentos eletroeletrônicos descartados para facilitar sua coleta e reciclagem.

O gerenciamento inteligente envolve o uso de dados e tecnologias para otimizar processos, como a coleta e reciclagem de equipamentos eletrônicos. Tecnologias como sensores e sistemas de RFID são essenciais para coletar dados em tempo real e rastrear os resíduos desde o descarte até a reciclagem, garantindo sua adequada gestão e segurança. A segurança dos dados e infraestruturas é crucial em *Smart Cities*, especialmente no gerenciamento de informações sobre resíduos eletrônicos.

A computação desempenha um papel fundamental na análise de dados e na criação de soluções tecnológicas para lidar com os desafios da gestão de resíduos. A eficiência energética é importante desde a coleta até o processamento e a reciclagem dos materiais. A gestão eficiente de recursos e processos relacionados aos resíduos é fundamental para garantir a qualidade e segurança ambiental.

A diversidade de materiais e componentes presentes nos equipamentos eletrônicos torna seu gerenciamento mais complexo. O planejamento é essencial para desenvolver estratégias eficazes de gestão de resíduos, considerando as necessidades específicas de cada cidade. A otimização busca soluções mais

eficientes e sustentáveis na gestão de resíduos, promovendo a redução de impactos ambientais e a sustentabilidade urbana.

As *Smart Cities* e a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos demandam soluções integradas que abordem questões de eficiência energética, segurança, coleta e gestão de dados, qualidade de vida, sustentabilidade e infraestrutura urbana. A interconexão entre esses termos sugere que abordagens holísticas e colaborativas são essenciais para enfrentar os desafios crescentes das áreas urbanas modernas, promovendo inovação, sustentabilidade e qualidade de vida nas cidades do futuro.

4.1. CONJUNTO ANÁLISE DE *CLUSTER* NA INTERAÇÃO ENTRE *SMART CITIES* E GESTÃO DE REEE

Esta seção dedica-se à análise e discussão da rede bibliográfica que compreende os 30 artigos selecionados a partir do protocolo do *Methodi Ordinatio*, os quais abordam os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

A análise de *cluster* na interação entre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) oferece uma abordagem poderosa para compreender as dinâmicas complexas desses conceitos interconectados. Ao empregar a análise de *cluster*, é possível agrupar cidades com características semelhantes em termos de infraestrutura inteligente, políticas de gestão de resíduos eletrônicos e adoção de tecnologias sustentáveis.

Isso permite uma compreensão mais aprofundada das estratégias adotadas por diversas localidades para integrar soluções inteligentes de gerenciamento de resíduos eletrônicos em seus ambientes urbanos. Além disso, a análise de *cluster* na interação entre *Smart Cities* e Gestão de REEE pode revelar *insights* proveitosos sobre as melhores práticas, desafios comuns e oportunidades de inovação neste campo. Ao identificar grupos de cidades que enfrentam desafios semelhantes ou implementam abordagens inovadoras, é possível compartilhar conhecimento, trocar experiências e promover colaborações para impulsionar o avanço nesse setor.

A Figura 28 representa uma rede de acoplamento bibliográfico das obras em estudo. Para analisar e visualizar esse acoplamento, foram elaborados três cenários

	<p>infraestrutura de rede, sistemas de comunicação e conectividade digital que são essenciais para a implementação de soluções inteligentes em áreas urbanas. Além disso, pode estar relacionado à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, considerando a importância da conectividade e da infraestrutura digital na gestão eficiente desses resíduos.</p>	
Azul	<p>Este conjunto está relacionado a aspectos de inovação e desafios em <i>Smart Cities</i>, incluindo a utilização de <i>big data</i> para a tomada de decisões inteligentes, a identificação de desafios futuros e a busca por soluções inovadoras para promover cidades sustentáveis. No contexto da gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, este conjunto pode estar associado à utilização de sistemas inteligentes para coleta, reciclagem e gestão eficiente desses resíduos.</p>	11 - 12 - 15 - 18 - 19 - 20 - 24 - 25 - 29 - 30
Verde	<p>Este conjunto está relacionado a serviços em nuvem e sua aplicação em <i>Smart Cities</i>, abrangendo soluções baseadas em nuvem para armazenamento, processamento e disponibilização de dados relevantes para a gestão urbana inteligente. No contexto da gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, este conjunto pode estar associado à utilização de serviços em nuvem para monitoramento, rastreamento e gerenciamento de informações relacionadas aos resíduos eletroeletrônicos.</p>	5 - 10

Fonte: O autor (2024).

O *cluster* vermelho revela uma complexa interconexão de conceitos essenciais para o desenvolvimento e aprimoramento das *Smart Cities*, destacando-se por sua ênfase nos aspectos tecnológicos e na infraestrutura de conectividade. Essa rede de palavras-chave sugere uma abordagem abrangente que vai desde a implementação de tecnologias emergentes até a gestão eficiente de resíduos eletrônicos, refletindo

os desafios e oportunidades encontrados na interseção entre urbanização e avanços tecnológicos.

No âmago do *cluster* vermelho, está a inovação tecnológica voltada para a transformação das áreas urbanas em espaços mais inteligentes e eficientes. Os termos como "tecnologias", "sistema" e "inovação" destacam a importância da aplicação de soluções tecnológicas avançadas, como Internet das Coisas (*IoT*), análise de dados em tempo real e sistemas de comunicação inteligente, para otimizar o funcionamento das cidades.

Pershaanaa *et al.*, (2023) ressalta a importância da inovação tecnológica urbana voltada para a transformação das áreas urbanas em espaços mais inteligentes e eficientes. Ele destaca a aplicação de soluções tecnológicas avançadas, como a Internet das Coisas (*IoT*), análise de dados em tempo real e sistemas de comunicação inteligente para otimizar o funcionamento das cidades.

A presença de palavras-chave como "infraestrutura", "redes" e "conectividade" ressalta a necessidade de uma robusta infraestrutura de comunicação digital como alicerce para o desenvolvimento das *Smart Cities*. Esta conectividade sustenta desde sistemas de transporte inteligente até a prestação de serviços públicos eficazes, promovendo uma maior interação entre os cidadãos e os recursos urbanos.

Taylor *et al.*, (2021) destaca a importância da conectividade como alicerce para o avanço das cidades inteligentes. A conectividade digital é mencionada pelo autor como suporte para sistemas de transporte inteligente, prestação de serviços públicos eficazes e promoção de maior interação entre os cidadãos e os recursos urbanos.

O *cluster* também sugere uma conexão com a gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos, um desafio crescente nas cidades modernas. Para Fu *et al.*, (2020) foco principal quando a Gestão de Resíduos Eletrônicos e Sustentabilidade Urbana está na intervenção do governo, em estratégias de comportamento dos recicladores formais e informais, em subsídios do governo e regulamentações para o mercado de reciclagem de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

A integração de soluções tecnológicas na gestão desses resíduos, como a implementação de sistemas de coleta inteligente e o rastreamento de produtos eletrônicos ao longo de seu ciclo de vida, demonstra um compromisso com a sustentabilidade urbana e a redução do impacto ambiental.

O *cluster* azul reflete uma abordagem centrada na inovação e nos desafios enfrentados pelas *Smart Cities*, com foco especial na utilização de tecnologias

avançadas, como *big data* e sistemas inteligentes, para promover o desenvolvimento de cidades mais inteligentes e sustentáveis. Appio *et al.*, (2019) destaca várias tecnologias importantes para a inovação e tecnologia em *Smart Cities*. Isso inclui o uso crescente da Internet das Coisas (*IoT*) e dispositivos conectados, que permitem a coleta e compartilhamento de dados em tempo real para a monitorização e gestão inteligente de aspectos urbanos como tráfego, energia, resíduos e transporte público.

A análise de grandes volumes de dados, conhecida como *Big Data*, provenientes de fontes diversas, como redes sociais, sensores e dispositivos conectados, é destacada como uma ferramenta essencial para compreender padrões e tendências urbanas, permitindo a tomada de decisões mais informadas e proativas (Appio *et al.*, 2019).

Além disso, a infraestrutura de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), incluindo redes de fibra ótica, análise de dados abertos, Internet das Coisas e *frameworks* de planejamento participativo habilitados por TIC, também são fontes de inovação para enfrentar os desafios das *Smart Cities* (Appio *et al.*, 2019).

A busca por soluções inovadoras ressalta a necessidade de pensar além das soluções tradicionais e explorar novas abordagens e tecnologias para enfrentar os desafios urbanos emergentes (Mohammad *et al.*, 2023).

No contexto da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, o *cluster* azul sugere a aplicação de sistemas inteligentes para a coleta, reciclagem e gestão eficiente desses resíduos (Mohammad *et al.*, 2023). Isso implica em utilizar tecnologias avançadas, como Internet das Coisas (*IoT*) e análise de dados, para otimizar os processos de reciclagem e reduzir o impacto ambiental associado ao descarte inadequado de equipamentos eletrônicos (Ahad *et al.*, 2020).

Em suma, o *cluster* azul representa uma abordagem voltada para a inovação e a tecnologia como motores de transformação das cidades, tanto em termos de eficiência operacional quanto de sustentabilidade ambiental. A integração desses elementos em soluções inteligentes e sustentáveis é fundamental para enfrentar os desafios complexos das *Smart Cities* e promover um desenvolvimento urbano mais equitativo e resiliente.

O *cluster* verde demonstra uma clara ênfase na integração e aplicação de serviços em nuvem nas *Smart Cities*, especialmente no contexto da gestão urbana inteligente e na abordagem dos desafios associados à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Os serviços em nuvem indicam uma abordagem moderna e escalável para lidar com os vastos volumes de dados gerados nas cidades inteligentes. A utilização de soluções baseadas em nuvem para armazenamento, processamento e disponibilização de dados é fundamental para viabilizar a implementação de sistemas de informação e comunicação eficientes e acessíveis (Al Ridhawi *et al.*, 2018).

Para Alam (2021), há uma importância dos serviços em nuvem para as cidades inteligentes, onde a utilização de soluções baseadas em nuvem para armazenamento, processamento e disponibilização de dados é fundamental para viabilizar a implementação de sistemas de informação e comunicação eficientes e acessíveis. Além disso, ele discute como a integração de *IoT* e computação em nuvem pode desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento de cidades inteligentes, permitindo o gerenciamento de grandes volumes de dados gerados pelas infraestruturas urbanas.

No contexto das *Smart Cities*, os serviços em nuvem são essenciais para o armazenamento seguro e o processamento eficiente de dados urbanos (Jach *et al.*, 2015). Isso inclui informações relacionadas ao tráfego, qualidade do ar, consumo de energia, entre outros aspectos cruciais para a gestão urbana inteligente e a tomada de decisões baseada em dados (Jach *et al.*, 2015).

Para Conti e Orcioni (2019) a associação dos serviços em nuvem com a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos sugere a aplicação de tecnologias para monitoramento, rastreamento e gerenciamento eficiente das informações relacionadas aos resíduos eletrônicos. Conti e Orcioni (2019), propõe um sistema de rastreabilidade para estender o rastreamento na logística reversa, permitindo um gerenciamento mais eficiente da reutilização, reparo e reciclagem de produtos e componentes eletrônicos. Além do uso de identificação por radiofrequência (RFID) para o rastreamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).

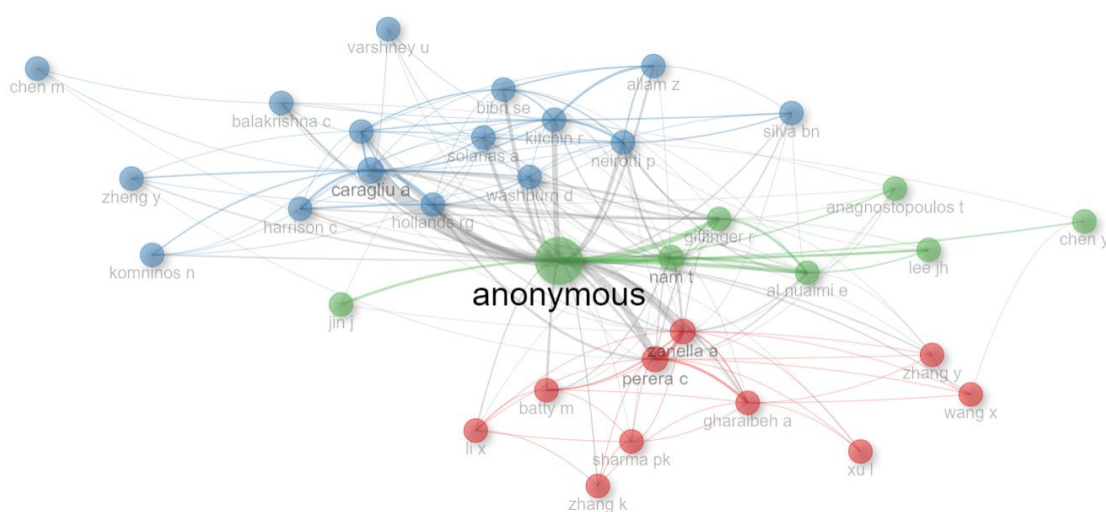
O *cluster* verde destaca a importância dos serviços em nuvem como facilitadores da transformação digital nas *Smart Cities*, fornecendo uma infraestrutura flexível e robusta para a gestão de dados urbanos e a implementação de soluções inovadoras. Na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, a aplicação de serviços em nuvem pode oferecer benefícios significativos em termos de eficiência operacional, transparência e sustentabilidade ambiental.

As redes de citação ajudam os pesquisadores a identificarem tendências, padrões e áreas de interesse dentro de um determinado campo acadêmico. Elas

podem revelar os documentos mais influentes, as linhas de pesquisa mais ativas e as relações entre diferentes subcampos ou tópicos. Além disso, as redes de cocitação podem ajudar a mapear a evolução do conhecimento ao longo do tempo, mostrando como certas ideias, teorias ou descobertas foram recebidas, debatidas e desenvolvidas pela comunidade acadêmica.

A Figura 29 ilustra a rede de cocitação entre os autores, revelando *clusters* identificados pela quantidade de nós e suas respectivas cores. Cada grupo é designado por uma cor específica, simbolizando a conexão entre os autores. Nesta representação em rede, os autores são os nós (ou vértices), e as cocitações compartilhadas são as arestas (ou linhas) que os ligam.

Figura 29 – Rede de Cocitação entre os Autores



Fonte: O autor (2024).

A colaboração entre pesquisadores permite a troca de ideias, experiências e perspectivas, enriquecendo o processo de pesquisa e fomentando a inovação. Na investigação dessas redes de coautoria, é possível identificar padrões de colaboração, destacar os principais contribuintes e entender como as interações entre autores influenciam a produção acadêmica.

Tabela 5 – Conjunto definições das cocitações entre os Autores

CLUSTER	CONJUNTO	Nº DOS ARTIGOS ASSOCIADOS – TABELA 2
----------------	-----------------	---

Vermelho	Tecnologias Urbanas, Infraestrutura, Dados Urbanos, Governança e Democracia.	1 – 6 – 7 – 9 – 10 – 16 – 17 – 19 – 20
Azul	Tecnologias Digitais, Big Data, IoT.	2 – 8 – 12 – 14 – 15 – 18 – 21 – 24 – 29 – 30
Verde	Desenvolvimento Sustentável, Sociedade Sustentável, Fontes Renováveis.	3 – 4 – 5 – 11 – 13 – 22 – 23 – 25 – 26 – 27 – 28

Fonte: O autor (2024).

O conjunto de *cluster* vermelho Tecnologias Urbanas, Infraestrutura, Dados Urbanos, Governança e Democracia está diretamente ligado aos conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Esses *clusters* refletem a complexidade e a interconexão de elementos essenciais para o desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis. Para Artyushina (2020) as tecnologias urbanas desempenham um papel crucial nesse contexto, fornecendo soluções inovadoras para melhorar a eficiência operacional, a segurança e a qualidade de vida dos habitantes urbanos .

Entre essas tecnologias estão a importância da proteção da privacidade dos residentes e a necessidade de estabelecer padrões responsáveis de compartilhamento de dados. Esses insights contribuem para uma compreensão mais ampla das complexidades da governança de dados em cidades inteligentes e sua interseção com questões econômicas, políticas e sociais.

A infraestrutura, tanto física quanto digital, é um componente fundamental das *Smart Cities*, pois suporta a integração e o funcionamento eficaz de sistemas inteligentes e serviços urbanos (Viitanen e Kingston, 2014). A governança e a democracia são aspectos cruciais para o desenvolvimento e a implementação bem-sucedida de iniciativas de *Smart Cities*. A colaboração entre os setores público, privado e a sociedade civil é necessária para garantir uma abordagem holística e inclusiva no planejamento e na execução de projetos urbanos (Artyushina, 2020).

O conjunto de *Cluster Azul* aborda as tecnologias digitais, o *Big Data* e a Internet das Coisas (*IoT*), onde desempenham papéis fundamentais nos conceitos de *Smart Cities* e na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). De acordo com Alam (2021), em primeiro lugar, as tecnologias digitais proporcionam a base para a transformação das cidades em ambientes urbanos mais inteligentes e eficientes. Por meio de soluções digitais inovadoras, as cidades podem integrar sistemas de informação e comunicação para otimizar o funcionamento dos serviços urbanos, desde o transporte até a segurança pública (Al Ridhawi *et al.*, 2018).

O *Big Data* desempenha um papel essencial na coleta, armazenamento e análise de grandes volumes de dados gerados em ambientes urbanos. Na perspectiva das *Smart Cities*, o *Big Data* permite a compreensão mais profunda dos padrões de uso da cidade, dos fluxos de tráfego, das demandas de energia e de outras variáveis importantes para a gestão urbana (Jach *et al.*, 2015).

A Internet das Coisas (*IoT*) está intimamente ligada aos conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Por meio da *IoT*, os dispositivos eletrônicos podem ser conectados e integrados em uma rede inteligente, permitindo monitoramento em tempo real, coleta de dados e automação de processos (Jach *et al.*, 2015). Na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, a *IoT* pode ser empregada para rastrear o ciclo de vida dos dispositivos, facilitar a coleta seletiva de resíduos e melhorar os processos de reciclagem e reutilização (Conti e Orcioni, 2019)

Quanto ao *cluster Verde*, o desenvolvimento sustentável, a sociedade sustentável e o uso de fontes renováveis de energia estão ligados aos conceitos de *Smart Cities* e à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) (Østergaard *et al.*, 2022). As *Smart Cities* buscam promover o desenvolvimento sustentável integrando tecnologias inovadoras e práticas urbanas que reduzam o consumo de recursos, minimizem o impacto ambiental e melhorem a qualidade de vida dos cidadãos (Jennings e Lund, 2001).

Ainda no contexto das *Smart Cities*, o desenvolvimento sustentável implica a adoção de políticas e iniciativas que visam equilibrar o crescimento econômico, a inclusão social e a preservação ambiental (Sathaye *et al.*, 2011). Isso inclui a implementação de práticas de urbanismo sustentável, como o planejamento urbano integrado, a eficiência energética dos edifícios, a promoção de transportes públicos

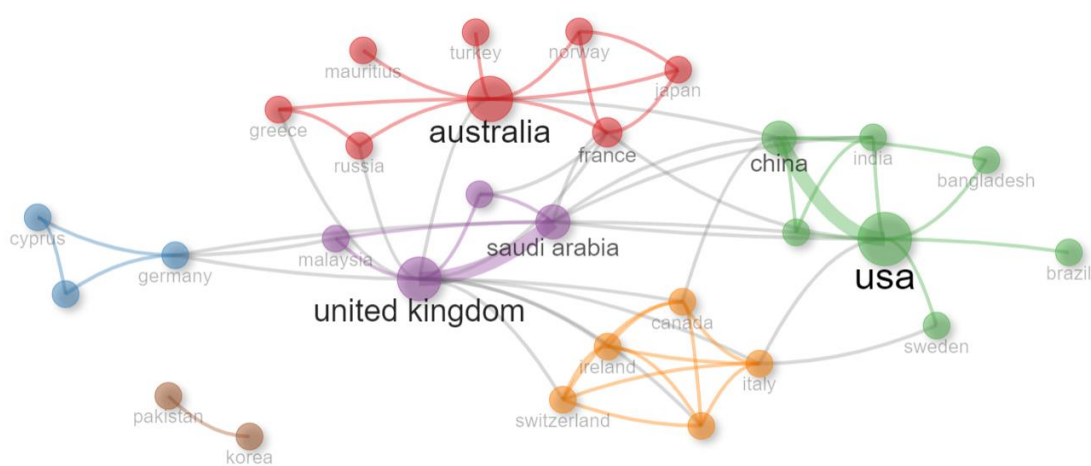
sustentáveis e a preservação de espaços verdes e ecossistemas urbanos (Østergaard *et al.*, 2022).

A sociedade sustentável é um conceito que vai além do desenvolvimento urbano e engloba uma abordagem holística para o bem-estar humano, a equidade social e a conservação ambiental. Nas *Smart Cities*, a sociedade sustentável busca promover a participação cívica, a inclusão digital e o acesso equitativo aos serviços urbanos, garantindo que todas as camadas da sociedade se beneficiem das inovações tecnológicas e das melhorias na qualidade de vida (Brent, 2021).

O uso de fontes renováveis de energia desempenha um papel indispensável nas *Smart Cities* e na gestão de resíduos eletrônicos. A transição para fontes de energia limpa e renovável, como solar, eólica e hidrelétrica, é essencial para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases de efeito estufa (Brent, 2021). Além disso, a utilização de fontes renováveis de energia contribui para a sustentabilidade ambiental das cidades e para a redução da pegada de carbono.

Em suma, o desenvolvimento sustentável, a sociedade sustentável e o uso de fontes renováveis de energia são fundamentais para os conceitos de *Smart Cities* e para a gestão eficiente de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Estes princípios orientam a construção de cidades mais resilientes, inclusivas e ecologicamente conscientes, que buscam atender às necessidades das gerações presentes sem comprometer as oportunidades das gerações futuras.

Figura 30 – Rede de colaboração entre Países



Fonte: O autor (2024).

A análise das colaborações dos países revela a presença de 6 *clusters*, cuja dimensão reflete a intensidade das colaborações. Destaca-se que países como Austrália, Reino Unido, Estados Unidos e China despontam como os principais colaboradores nesse cenário, evidenciando sua significativa participação em projetos conjuntos e parcerias internacionais de pesquisa.

Os resultados permitem tirar interferências: os países como Austrália, Reino Unido, Estados Unidos e China emergem como líderes em pesquisas e colaborações relacionadas aos conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos por uma série de razões. Primeiramente, esses países possuem avançadas infraestruturas de pesquisa e desenvolvimento, bem como instituições acadêmicas de renome, que facilitam o estabelecimento de parcerias e colaborações internacionais.

Estes países estão na vanguarda da inovação tecnológica e têm fortes investimentos em programas de pesquisa e desenvolvimento voltados para a melhoria da qualidade de vida urbana e a sustentabilidade ambiental. Os governos e setores privados nesses países reconhecem a importância estratégica de investir em tecnologias inteligentes, sistemas de gerenciamento de resíduos e soluções urbanas inovadoras para enfrentar os desafios crescentes das cidades modernas.

Outro fator é o tamanho significativo de suas economias e populações, o que proporciona uma base ampla de recursos humanos e financeiros para impulsionar a pesquisa e a implementação de projetos relacionados às *Smart Cities* e à gestão de resíduos eletrônicos. Esses países são centros de desenvolvimento tecnológico e inovação, atraindo talentos e investimentos de todo o mundo.

A natureza globalizada da pesquisa e da colaboração também desempenha um papel importante, com instituições e pesquisadores desses países trabalhando em estreita colaboração com parceiros internacionais em projetos conjuntos e programas de intercâmbio. Essa colaboração internacional não apenas enriquece o corpo de conhecimento e promove a troca de melhores práticas, mas também fortalece os laços entre os países e impulsiona a inovação em escala global.

A liderança desses países em pesquisas e colaborações relacionadas às *Smart Cities* e à gestão de resíduos eletrônicos é impulsionada por sua expertise tecnológica, investimentos significativos em pesquisas e desenvolvimento, economias robustas e uma cultura de colaboração internacional. Esses fatores combinados

posicionam esses países na vanguarda do desenvolvimento de soluções inteligentes para os desafios urbanos do século XXI.

A fim de promover avanços significativos na direção de cidades mais inteligentes e sustentáveis, e na eficiência da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), com base nas análises dos artigos obtidos e classificados pelo *InOrdinatio*, foi criada uma agenda de pesquisas futuras delineada no Quadro 7, destacando áreas de investigação cruciais para os campos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

Quadro 7 – Agenda de pesquisas futuras para os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

TÓPICOS	DESCRIÇÃO	TERMOS MAIS FREQUENTES	TERMOS MENOS FREQUENTES	TERMOS MAIS CITADOS
<ul style="list-style-type: none"> Oportunidades em Cidades Inteligentes e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos 	<ul style="list-style-type: none"> Explorar o uso de <i>IoT</i>, <i>Big Data</i> e Inteligência Artificial para melhorar a governança e eficiência das cidades, especialmente na gestão de resíduos eletroeletrônicos. Investigar novos modelos e sistemas para descoberta de comportamento de mobilidade e otimização de rotas de coleta de resíduos. Estudar a utilização de resíduos como recursos e veículos compartilhados, elétricos e conectados para aprimorar os sistemas de coleta e reciclagem. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Smart City</i> <i>IoT</i> <i>Big Data</i> TIC Inteligência Artificial Infraestrutura Mobilidade Sistemas Segurança Privacidade 	<ul style="list-style-type: none"> Semáforos Inteligentes Aprendizado RFID Riscos Dados Operação Heterogeneidade Projeto Gestão Análise Reciclagem Turismo Urbano <i>Software</i> 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Smart City</i> <i>WEEE</i> <i>REEE</i> <i>E-waste</i> <i>IoT</i> <i>Big Data</i> Lixo eletrônico Governança Segurança Privacidade Poluição Resíduos Cidades Inteligentes Sustentabilidade Qualidade Planejamento Custo Mobilidade Cidades Tecnologias TIC
<ul style="list-style-type: none"> Desafios de Segurança e Privacidade em Ambientes Urbanos Conectados 	<ul style="list-style-type: none"> Avaliar estratégias para garantir a segurança e privacidade dos dados em ambientes de <i>IoT</i>, especialmente na gestão de resíduos eletroeletrônicos. Investigar os desafios de segurança cibernética em sistemas urbanos conectados e propor soluções eficazes para proteger informações sensíveis relacionadas aos resíduos. 	<ul style="list-style-type: none"> Poluição Resíduos <i>WEEE</i> <i>REEE</i> <i>E-waste</i> Tráfego Cidades Inteligentes Gestão de Resíduos Sustentabilidade 		<ul style="list-style-type: none"> Poluição Resíduos Cidades Inteligentes Sustentabilidade Qualidade Planejamento Custo Mobilidade Cidades Tecnologias TIC
<ul style="list-style-type: none"> Impacto da Poluição e Resíduos na Sustentabilidade Urbana 	<ul style="list-style-type: none"> Analisar o impacto da poluição do ar e da gestão inadequada de resíduos eletrônicos na qualidade de vida urbana e no meio ambiente. Desenvolver abordagens inovadoras para lidar com o consumo excessivo de energia e a poluição decorrente da produção, descarte e reciclagem de equipamentos eletrônicos. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Blockchain</i> Redes Neurais Informação Tráfego Lixo 		

<ul style="list-style-type: none"> • Exploração de Tecnologias Emergentes para Cidades Inteligentes e Gestão de Resíduos 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar o potencial de tecnologias emergentes, como <i>Blockchain</i>, Computação em Nuvem e Redes Neurais, para otimizar a gestão de resíduos eletrônicos e melhorar a eficiência dos sistemas urbanos. • Avaliar o papel das redes neurais e do aprendizado profundo na identificação de padrões de consumo, descarte e reciclagem de equipamentos eletrônicos. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Resiliência Urbana e Gestão de Desastres 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudar como as cidades inteligentes podem se preparar para desastres naturais e provocados pelo homem, considerando o gerenciamento adequado de resíduos eletrônicos e a prevenção de impactos ambientais adversos. - Desenvolver estratégias de monitoramento ambiental e gestão de desastres utilizando tecnologias como drones, <i>IoT</i> e sistemas de alerta precoce. 			

Fonte: O autor (2024).

Com foco em oportunidades e desafios emergentes, esta agenda oferece um roteiro abrangente para pesquisas que visam melhorar a eficiência, governança e resiliência das cidades, especialmente no que diz respeito à *Smart Cities* e a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Ao explorar o potencial das tecnologias como Internet das Coisas (*IoT*), *Big Data* e Inteligência Artificial, bem como investigar o impacto da poluição e desenvolver estratégias de resiliência urbana, essa agenda visa contribuir para um desenvolvimento urbano mais sustentável e equitativo.

A integração desses tópicos de pesquisa é fundamental para informar políticas públicas, práticas de planejamento urbano e iniciativas de gestão de resíduos, com o objetivo de criar cidades mais habitáveis, saudáveis e resilientes para as gerações futuras.

A agenda de pesquisas futuras delineada no Quadro 7 oferece uma visão abrangente das áreas prioritárias para investigação nos campos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). O primeiro tópico, "Oportunidades em Cidades Inteligentes e Gestão de Resíduos", destaca a importância de explorar tecnologias como *IoT*, *Big Data* e Inteligência Artificial para aprimorar a governança urbana e eficiência na gestão de resíduos. A análise dessas oportunidades pode fornecer *insights* convincentes para a criação de políticas públicas e práticas urbanas mais sustentáveis, alinhadas com os princípios de *Smart Cities*.

Além disso, a agenda destaca desafios primordiais enfrentados por ambientes urbanos conectados, como a segurança e privacidade de dados. Ao abordar questões relacionadas à "Segurança e Privacidade em Ambientes Urbanos Conectados", os pesquisadores podem desenvolver estratégias eficazes para proteger informações sensíveis, especialmente no contexto da gestão de resíduos eletroeletrônicos. Esta pesquisa é fundamental para garantir a confiança dos cidadãos nas tecnologias empregadas nas cidades inteligentes.

Outro aspecto crítico abordado na agenda é o "Impacto da Poluição e Resíduos na Sustentabilidade Urbana". Ao analisar o impacto da poluição do ar e da gestão inadequada de resíduos eletrônicos na qualidade de vida urbana e no meio ambiente, os pesquisadores podem informar políticas e práticas mais eficazes para mitigar esses problemas. O desenvolvimento de abordagens inovadoras para lidar com a poluição decorrente da produção, descarte e reciclagem de equipamentos eletrônicos é essencial para promover cidades mais saudáveis e sustentáveis.

Além disso, a agenda enfatiza a importância da "Exploração de Tecnologias Emergentes para Cidades Inteligentes e Gestão de Resíduos". Ao investigar o potencial de tecnologias como *Blockchain*, Computação em Nuvem e Redes Neurais, os pesquisadores podem identificar soluções inovadoras para otimizar a gestão de resíduos eletrônicos e melhorar a eficiência dos sistemas urbanos como um todo. Estas tecnologias têm o potencial de transformar fundamentalmente a maneira como lidamos com os desafios urbanos, oferecendo oportunidades para avanços consideráveis em direção a cidades mais inteligentes e sustentáveis.

A agenda destaca a importância da "Resiliência Urbana e Gestão de Desastres". Ao estudar como as cidades inteligentes podem se preparar para desastres naturais e provocados pelo homem, os pesquisadores podem desenvolver estratégias eficazes para o gerenciamento adequado de resíduos eletroeletrônicos e a prevenção de impactos ambientais adversos. A utilização de tecnologias como drones, *IoT* e sistemas de alerta precoce pode desempenhar um papel crucial na mitigação dos impactos desses desastres, promovendo a resiliência urbana e a sustentabilidade a longo prazo.

5. DISCUSSÕES

A interseção entre os conceitos de *Smart Cities* (cidades inteligentes) e a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) representa um campo emergente e trivial no desenvolvimento urbano sustentável (Corsi, 2022). As *Smart Cities* visam integrar tecnologias inovadoras para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, promovendo eficiência energética, mobilidade urbana e serviços públicos inteligentes. Enquanto isso, a gestão eficaz de resíduos eletrônicos é essencial para mitigar os impactos ambientais negativos e promover a Economia Circular (Ni *et al.*, 2023).

Ambos os domínios compartilham tecnologias em comum, como *IoT* (Internet das Coisas), análise de dados e sistemas de monitoramento, além de estarem intrinsecamente ligados por seus pontos-chave, como sustentabilidade, eficiência energética e engajamento cívico. Explorar esta conexão é fundamental para o desenvolvimento de cidades mais inteligentes e sustentáveis no futuro.

As *Smart Cities* ou Cidades Inteligentes surgem como respostas a estes desafios ao atuarem como ecossistemas que impulsionam a colaboração entre diversos membros e, conseqüentemente, o desenvolvimento de ideias inovadoras (Appio *et al.*, 2019; De Melo Conti *et al.*, 2019).

Para Capdevila e Zarlenga (2015), o conceito de *Smart Cities* pressupõe que uma cidade é inteligente quando reforça a inventividade e a criatividade de seus cidadãos. Uma cidade verdadeiramente inteligente é aquela que não apenas adota soluções tecnológicas avançadas, mas também cria um ambiente propício para que seus cidadãos desenvolvam sua inventividade e criatividade. Isso não apenas promove o bem-estar dos indivíduos, mas também impulsiona a inovação local, permitindo que novas ideias, empreendimentos e colaborações floresçam.

A gestão adequada dos REEE é fundamental para minimizar os impactos negativos no meio ambiente, promover a recuperação de materiais e reduzir os riscos para a saúde pública (Ni *et al.*, 2023). A falta de monitoramento e fiscalização adequados nos locais de descarte de lixo eletrônico, juntamente com a ausência de instalações eficazes para o reuso de peças e materiais provenientes desses produtos eletrônicos, resulta na acumulação de resíduos eletrônicos e potenciais riscos de contaminação ambiental (Castro, *et al.*, 2021).

Atualmente, as pessoas dependem da tecnologia e dos produtos elétricos para todos os aspectos da sua vida diária (Ganguly, 2014; Brindhadevi *et al.*, 2023). As atividades diárias das pessoas são dominadas pelo uso contínuo de computadores pessoais, laptops, projetores, cabos, televisores, impressoras, scanners, entre outros (De Almeida *et al.*, 2011). Portanto, surge uma enorme preocupação quando todos esses bens tecnológicos se tornam obsoletos ou defeituosos (Sajid *et al.*, 2018).

A análise da Agenda de Pesquisas Futuras revela uma série de tópicos essenciais para o avanço do conhecimento acadêmico nas áreas de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). A exploração das oportunidades em cidades inteligentes e na gestão de resíduos eletrônicos, bem como a investigação dos desafios de segurança e privacidade em ambientes urbanos conectados, representa um avanço significativo no entendimento das complexidades desses sistemas. A análise destes temas não apenas contribui para a expansão do corpo teórico existente, mas também oferece *insights* práticos que podem informar políticas públicas e práticas urbanas mais sustentáveis, beneficiando diretamente a sociedade em geral.

As *Smart Cities* representam um passo adiante na busca por cidades mais eficientes e sustentáveis, enquanto a gestão de REEE é um componente crítico dessa equação, garantindo que nossa busca por inovação não prejudique o meio ambiente. À medida que avançamos, é imperativo encontrar maneiras de equilibrar o progresso tecnológico com a responsabilidade ambiental e social. Apesar das oportunidades evidentes, há desafios complexos nessa relação. A necessidade de infraestrutura especializada, regulamentações aprimoradas e modelos de negócios inovadores são apenas alguns dos aspectos a serem abordados.

A revisão da literatura foi centrada em quatro questões de pesquisa, conforme detalhado na seção metodológica. Com base nas descobertas literárias, serão agora fornecidas respostas abrangentes a essas questões.

5.1. PRINCIPAIS *INSIGHTS* EM *SMART CITIES* E NA GESTÃO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Q1: Quais são os principais *insights* identificados no âmbito das *Smart Cities* e do Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos?

Essa questão pode ser respondida com os clusters de artigos obtidos pelo *Methodi Ordinatio*, e apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Principais *insights* dos artigos selecionados pelo *Methodi Ordinatio*

Nº DO ARTIGO	ARTIGO	OPORTUNIDADES ENCONTRADAS	DESAFIOS ENCONTRADOS
1	(Batty <i>et al.</i> , 2012)	<i>Crowdsourcing</i> e mapeamento de mídias sociais; Novos modelos e sistemas para descoberta de comportamento de mobilidade; Novas ferramentas para a governança da demanda de mobilidade.	Infraestrutura e planejamento urbano.
2	(Silva <i>et al.</i> , 2018)	Sistemas de gerenciamento e transporte de passageiros; Utilização de resíduos como recursos; Veículos compartilhados, elétricos, conectados e automatizados; Ferramentas online para aumentar a acessibilidade à reciclagem e compostagem.	Custo de projetos urbanos; Heterogeneidade entre dispositivos; Segurança da informação e sustentabilidade.
3	(Al Nuaimi <i>et al.</i> , 2015)	Planejamento de Recursos Empresariais (ERP); Sistema de Informação Geográfica (GIS); <i>Big Data</i> ; Semáforos Inteligentes.	Compartilhamento de dados e informações; Qualidade dos dados; Segurança e Privacidade.
4	(Allam e Dhunny, 2019)	Inteligência artificial; Tecnologias de Aprendizado de Máquina;	Congestionamento do tráfego; Degradação ambiental; Insegurança; Violação da privacidade; Moradia inadequada; Tráfego; Expansão urbana; Prestação de serviços ineficiente.

5	(Mehmood <i>et al.</i> , 2017)	Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM); Serviço Geral de Pacotes de Rádio (GPRS); Serviços móveis de e-saúde.	Segurança, privacidade; confiança; Interoperabilidade; Gerenciamento de riscos.
6	(J. Xie <i>et al.</i> , 2019)	Algoritmos de aprendizado profundo aplicados à análise de vídeo; Tecnologias de rede e computação, como Software <i>Defined Networking</i> (SDN), <i>Network Function Virtualization</i> (NFV); Computação em nuvem; Tecnologia <i>Blockchain</i> ; TICs; Internet das Coisas (<i>IoT</i>); Tecnologias RFID.	Restrições de recursos ambientais; Congestionamento de tráfego; Poluição do ar; Emissão de gases de efeito estufa; Eliminação de resíduos.
7	(Elmaghraby & Losavio, 2014)	Tecnologias de Informação e Computação (TIC); Dispositivos de segurança; Aparelhos inteligentes para saúde e vida doméstica; <i>IoT</i> .	Segurança e Privacidade.
8	(Khatoun & Zeadally, 2016)	Gerenciamento de <i>IoT</i> ; Gestão de dados; Infraestrutura de banda larga; E-serviços; RFID; <i>IoT</i> ; Computação em nuvem.	Falta de investimento; Alto consumo de energia; Segurança; Privacidade; Poluição; Cidadãos Inteligentes;
9	(Allam & Newman, 2018)	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS); Informação, Comunicação e Tecnologia (TIC).	Mudanças Climáticas; Governança; Problemas na regeneração urbana.
10	(Kumar <i>et al.</i> , 2020)	<i>Crowdsourcing</i> ; Sensores; RFID; <i>IoT</i> .	Segurança cibernética; Privacidade; Autenticação.

11	(M. I. Pramanik <i>et al.</i> , 2017)	Aprendizado de Máquina; Mineração de Texto; Coleta digital.	Governança; Confiabilidade; Custos; Gerenciamento da cadeia de suprimentos; Privacidade e Segurança.
12	(Angelidou <i>et al.</i> , 2018)	Implantação de sistemas de transporte; Programas de reciclagem de resíduos combinadas com o uso de fontes renováveis de energia; Gerenciamento de resíduos focadas principalmente no rastreamento dos níveis de enchimento dos contêineres; Otimização das rotas; Ferramentas de apoio à decisão.	Alta densidade de tráfego; Grande quantidade de resíduos; Poluição do ar.
13	(Anagnostopoulos <i>et al.</i> , 2017)	Os centros de reciclagem ou lixões; Gestão de resíduos; Tecnologia <i>IoT</i> ; RFID.	Coletas ineficazes do lixo.
14	(Santana <i>et al.</i> , 2018)	Plataformas de software; Aplicativos; Sistemas Ciber-Físicos; Internet das Coisas; <i>Big Data</i> ; Computação em Nuvem.	Gerenciamento de dados; Heterogeneidade; Privacidade dos dados do usuário.
15	(Alsamhi <i>et al.</i> , 2019)	Drones; Aprendizado de máquina; Internet das Coisas (<i>IoT</i>); Prestação de serviços de qualidade (QoS).	Coleta de dados; Segurança pública; Gerenciamento de desastres; Consumo de energia.

16	(Cui <i>et al.</i> , 2018)	Transporte inteligente; Técnicas de gestão; Governança inteligente; Redes de sensores; <i>IoT</i> ; Conectividade e escalabilidade; Inteligência Artificial; Proteção de Privacidade; Criptografia; <i>Blockchain</i> ; Biometria.	Congestionamento do tráfego; Poluição; Resíduos; Consumo excessivo de energia, água e gás; Desastres naturais; Restrição de recursos; Mobilidade; Ataques de espionagem; Ataques de spam; Ataques externos de falsificação e ataques de identidade; Segurança.
17	(Du <i>et al.</i> , 2019)	Sistemas de monitoramento; Tecnologias de captação de energia; Transmissão de energia sem fio.	Limitação dos recursos de comunicação e computação.
18	(Zhao <i>et al.</i> , 2021)	Utilização de nanogeradores para fornecer energia renovável baseada na água e no vento.	Desenvolvimento de tecnologias de coleta eficiente de energia.
19	(Kitchin & Dodge, 2019)	Correção de falhas de segurança e formação de equipes de resposta a emergências; Treinamento em segurança cibernética para profissionais envolvidos.	Segurança cibernética.
20	(Praharaj <i>et al.</i> , 2018)	Proposta de um <i>framework</i> de referência de políticas integradas para cidades inteligentes.	A falta de uma estratégia central ou unificadora para a gestão da urbanização; conflitantes nos planos operacionais a nível da cidade.
21	(Ullah <i>et al.</i> , 2021)	Gerenciamento de <i>Blockchain</i> ; Bancos Inteligentes; Rede <i>IoT</i> ; Segurança do Usuário; Cibersegurança; Drones; Casas Inteligentes, Eficiência Energética; Saúde; Conectividade 5G; Monitoramento Ambiental; Redes Neurais; <i>Big Data</i> ; <i>Blockchain</i> .	Segurança; Governança; Custos; Compartilhamento de dados e informação; Infraestrutura; Influência de Governo; Privacidade; Gestão de Desastres; Terremotos; Pandemia.

22	(Komninos <i>et al.</i> , 2019)	Governança participativa; Infraestrutura sustentável e resiliente; Estratégias de dados abertos.	Ameaças naturais e provocadas pelo homem.
23	(Cook <i>et al.</i> , 2018)	GPS; Aprendizado de Máquina; TIC móvel; Sensores; <i>Crowdsourcing</i> ; Casas inteligentes.	Privacidade e Segurança de dados coletados.
24	(Arya & Kumar, 2020)	Implementação da abordagem 4R (Reduzir, Reciclar, Recuperar, Redesenhar).	Falta de tratamento ambientalmente adequado de resíduos eletrônicos.
25	(Urbieto <i>et al.</i> , 2017)	Desenvolvimento de um <i>framework</i> de composição de serviços adaptativos para ambientes de <i>IoT</i> .	Heterogeneidade e complexidade da composição de serviços baseada em conversação.
26	(Park <i>et al.</i> , 2019)	Computação cognitiva e <i>big data</i> .	Privacidade dos dados.
27	(A. L. A. Guedes <i>et al.</i> , 2018)	Planejamento Urbano; Mobilidade; Políticas Públicas.	Riscos Urbanos.
28	(Quijano-Sánchez <i>et al.</i> , 2020).	Reciclagem e ações sustentáveis; Responsabilidade Governamental.	Limitações na implementação de sistemas de recomendação em iniciativas de cidades inteligentes devido a restrições de custo e complexidade.

29	(Kylili <i>et al.</i> , 2020)	Melhoria da mobilidade urbana sustentável; Trabalho Remoto; Redução do consumo de combustível e das emissões de CO2.	Ineficiências nos sistemas críticos, como o sistema de energia e sistemas de serviços públicos.
30	(Allam <i>et al.</i> , 2022)	Gestão de recursos urbanos; Governança urbana; Turismo urbano.	Custo operacionais com atividades urbanas; Conflitos de interesse.

Fonte: O autor (2024).

A fim de responder à pergunta: "Quais são os principais *insights* identificados no contexto das *Smart Cities* e do Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos?", vamos utilizar como base a análise dos artigos, os quais foram categorizados em grupos para facilitar a compreensão e identificação dos principais pontos destacados.

Os artigos de 1 a 5 oferecem *insights* relevantes sobre as oportunidades e desafios relacionados às *Smart Cities* e ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. No contexto das *Smart Cities*, os autores (Batty *et al.*, 2012b), (Al Nuaimi *et al.*, 2015), (Mehmood *et al.*, 2017), (Silva *et al.*, 2018), (Allam & Dhunny, 2019) destacam uma série de oportunidades, como o uso de tecnologias avançadas, incluindo *crowdsourcing*, mapeamento de mídias sociais, dados abertos, inteligência artificial, internet das coisas (*IoT*) e aprendizado de máquina. Batty *et al.*, (2012), por exemplo, destaca a importância de novos modelos de movimento e localização, análise de risco dos caminhos de desenvolvimento e novas ferramentas para a governança da demanda de mobilidade. Além disso, Silva *et al.*, (2018) ressalta a utilização de veículos compartilhados, elétricos, conectados e automatizados como uma oportunidade para promover a eficiência na poupança de recursos.

No entanto, os *insights* quanto aos desafios identificados para as *Smart Cities*, incluem questões relacionadas à segurança da informação, privacidade, interoperabilidade, custos, sustentabilidade, congestionamento de tráfego, poluição e prestação de serviços ineficiente. Allam e Dhunny (2019) destaca desafios como congestionamento do tráfego, degradação ambiental, insegurança, violação da privacidade, moradia inadequada, tráfego, expansão urbana e prestação de serviços

ineficiente. Por sua vez, Mehmood *et al.*, (2017) aponta desafios como segurança, privacidade e confiança, interoperabilidade, gerenciamento de riscos, dados grandes e comunicação de baixo consumo de energia e baixo custo.

Em relação ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, os artigos destacam a necessidade de abordagens inovadoras, como a utilização de resíduos como recursos, reciclagem, compostagem e ferramentas *online* para aumentar a acessibilidade à reciclagem. Silva *et al.*, (2018) ressalta a utilização de resíduos como recursos e abordagens inovadoras de gerenciamento de resíduos municipais.

No entanto, os desafios identificados incluem o longo período de estágios de projeto, implementação e operação, custos, heterogeneidade entre dispositivos, enorme coleta e análise de dados, segurança da informação e sustentabilidade, conforme destacado por Silva *et al.*, (2018). Esses *insights* ressaltam a importância da tecnologia e inovação para o desenvolvimento de cidades inteligentes e para lidar com os desafios associados ao gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Os artigos de 6 a 10 (Elmaghraby e Losavio, 2014), (Khatoun e Zeadally, 2016), (Allam e Newman, 2018), (Xie *et al.*, 2019) e (Kumar *et al.*, 2020), no contexto das *Smart Cities*, os autores destacam uma série de oportunidades, como o uso de tecnologias avançadas, incluindo gerenciamento de tráfego, algoritmos de aprendizado profundo, segurança e privacidade, tecnologias de rede e computação, computação em nuvem, tecnologia *blockchain*, internet das coisas (*IoT*) e sistemas de comunicação móvel.

Para Xie *et al.*, (2019), por exemplo, ressalta a importância do gerenciamento de tráfego, algoritmos de aprendizado profundo aplicados à análise de vídeo e tecnologias de rede e computação como oportunidades. Por sua vez, Allam e Newman (2018) destacam a utilização eficaz do *Big Data*, a implementação de uma boa Infraestrutura de Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC) e o compartilhamento de dados e informações, como oportunidades para as *Smart Cities*.

Os desafios identificados para as *Smart Cities* incluem questões relacionadas à segurança, privacidade, custos, restrições de recursos ambientais, congestionamento de tráfego, poluição do ar, emissão de gases de efeito estufa e eliminação de resíduos. Além disso, Kumar *et al.*, (2020) aponta desafios como

segurança cibernética, privacidade, autenticação e compartilhamento de informações para as *Smart Cities*.

No que diz respeito ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, os artigos destacam como oportunidades a implantação de sistemas de transporte, programas de reciclagem de resíduos e iniciativas combinadas com o uso de fontes renováveis de energia, gerenciamento de resíduos focadas principalmente no rastreamento dos níveis de enchimento dos contêineres e otimização das rotas. Angelidou *et al.*, (2018) ressalta a importância da implantação de sistemas de transporte e programas de reciclagem de resíduos como desafios quanto a Gestão de REEE.

Os artigos de 11 ao 15 (Anagnostopoulos *et al.*, 2017), (Pramanik *et al.*, 2017), (Santana *et al.*, 2017), (Angelidou *et al.*, 2018) e (Alsamhi *et al.*, 2019) oferecem *insights* interessantes sobre as oportunidades e desafios relacionados às *Smart Cities* e ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. No contexto das *Smart Cities*, os autores destacam uma série de oportunidades, como o uso de inteligência artificial, aprendizado de máquina, sistemas de comunicação móvel, redes inteligentes, infoentretenimento, drones, internet das coisas (*IoT*) e prestação de serviços de qualidade.

Pramanik *et al.*, (2017) ressalta a importância de agentes inteligentes, aprendizado de máquina e gerenciamento inteligente para apoiar a coleta digital. Já Santana *et al.*, (2018) destaca a relevância de plataformas de *software*, aplicativos, sistemas ciber-físicos, internet das coisas e *big data* como oportunidades para as *Smart Cities*.

Em relação aos desafios identificados para as *Smart Cities* incluem questões como segurança, privacidade, custos, qualidade dos dados, interoperabilidade, gerenciamento de riscos, comunicação de baixo consumo de energia e baixo custo. Pramanik *et al.*, (2017) destaca desafios como governança, privacidade de dados, confiabilidade e custos. Já Alsamhi *et al.*, (2019) aponta como desafios a coleta de dados, privacidade e segurança, segurança pública e gerenciamento de desastres.

No que diz respeito ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, os artigos destacam a importância de tecnologias como RFID, *IoT*, sensores, RSSFs, atuadores, câmeras, GPS, SAD, SIG e TIC como oportunidades para a gestão eficiente dos resíduos. No entanto, os desafios identificados incluem coletas ineficazes do lixo, conforme destacado por (Anagnostopoulos *et al.*, 2017).

Os artigos de 16 ao 20 (Praharaj *et al.*, 2018), (Cui *et al.*, 2018), (Kitchin e Dodge, 2019), (Du *et al.*, 2019) e (Zhao *et al.*, 2021) oferecem *insights* quanto as oportunidades e aos desafios relacionados às *Smart Cities* e ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Para as *Smart Cities*, os autores destacam uma série de oportunidades, como o uso de gerenciamento de tráfego, serviços públicos inteligentes, aplicativos inteligentes de saúde, redes de sensores, *IoT*, conectividade e escalabilidade.

Cui *et al.*, (2018) em seus estudos ressalta a importância do transporte inteligente, serviços públicos inteligentes e aplicativos inteligentes de saúde para monitorar as condições de saúde das pessoas, como algumas das oportunidades quanto as *Smart Cities*. Já Zhao *et al.*, (2021) destaca o potencial dos nanogeradores para fornecer energia renovável e a integração desses dispositivos em diferentes setores de uma cidade inteligente.

Os desafios identificados para as *Smart Cities* incluem questões relacionadas ao congestionamento do tráfego, poluição, resíduos, consumo excessivo de energia, desastres naturais e segurança. Praharaj *et al.*, (2018) aponta desafios como a falta de uma estratégia central para a gestão da urbanização e do desenvolvimento, a multiplicidade de atores e planos institucionais e políticos, e a falta de integração e visões sobrepostas ou conflitantes nos planos operacionais a nível da cidade.

No que diz respeito ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, os artigos destacam a importância de tecnologias como *blockchain*, criptografia, biométrica e proteção de privacidade como grandes oportunidades para lidar com desafios como a propagação de malware em infraestruturas baseadas em *IoT*, e a necessidade de desenvolver estratégias eficazes de prevenção.

Os artigos de 21 ao 25 (Urbieta *et al.*, 2017), (Cook *et al.*, 2018), (Komninos *et al.*, 2019), (Arya e Kumar, 2020) e (Ullah *et al.*, 2021) apresentam *insights* sobre as oportunidades e desafios relacionados às *Smart Cities* e ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Em relação as *Smart Cities*, os autores destacam como oportunidades, a promoção da reciclagem e ações sustentáveis, a facilitação da flexibilidade no mercado de trabalho, a transparência e responsabilização governamental, e a promoção de uma sociedade inclusiva.

Nos estudos de Ullah *et al.*, (2021) é ressaltado a importância de tecnologias como *blockchain*, *big data*, casas inteligentes, eficiência energética, saúde, conectividade 5G, monitoramento ambiental, entre outros. Além disso, destaca a

necessidade de estratégias de gestão e opções de tratamento adequadas para lidar com os resíduos eletroeletrônicos.

Já os desafios identificados para as *Smart Cities* incluem questões relacionadas à segurança, riscos de governança, custos, compartilhamento de dados e informação, influência do governo, privacidade, gestão de desastres, terremotos, inundações, deslizamentos de terra, entre outros. Urbietta *et al.*, (2017) destaca questões de privacidade, segurança dos dados coletados, e a necessidade de superar barreiras financeiras para a adoção generalizada das tecnologias de cuidados de saúde como desafios.

Sobre o Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, os artigos destacam a importância de tecnologias como RFID, *IoT*, sensores, *crowdsourcing*, casas inteligentes, entre outros, para lidar com desafios, como a falta de tratamento ambientalmente adequado de resíduos eletroeletrônicos, a inventariação de dados, a falta de estratégias relevantes, a presença de substâncias químicas tóxicas, e a necessidade de formalizar os setores informais.

Arya e Kumar (2020) ressalta a importância de estratégias de gestão e opções de tratamento adequadas, a formalização do setor informal, a responsabilidade estendida do produtor, a integração do setor informal com o setor formal, e a implementação da abordagem 4R (Reduzir, Reciclar, Recuperar, Redesenhar) como oportunidades em relação ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Os artigos 26 ao 30 (A. L. A. Guedes *et al.*, 2018), (Park *et al.*, 2019), (Quijano-Sánchez *et al.*, 2020), (Kylili *et al.*, 2020) e (Allam *et al.*, 2022) abordam diversos aspectos das *Smart Cities* e do Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, fornecendo insights importantes sobre as oportunidades e desafios encontrados nesses campos. Park *et al.*, (2019) destaca a capacidade de fornecer soluções mais eficientes e eficazes para cidades inteligentes, enfatizando a simbiose entre computação cognitiva e *big data* como grandes oportunidades encontradas.

No entanto, eles também apontam desafios relacionados à preservação da segurança e privacidade dos dados, bem como a necessidade de lidar com a diversidade e volume de dados. Por sua vez Guedes *et al.*, (2018), destaca a importância do planejamento urbano, infraestrutura das cidades, sustentabilidade, mobilidade, segurança pública, saúde e políticas públicas como oportunidades quanto as *Smart Cities* e do Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Nos estudos de Quijano-Sánchez *et al.*, (2020), ressalta a promoção da reciclagem e ações sustentáveis, bem como a necessidade de explorar mais a possibilidade de utilizar dados de dispositivos domésticos e vestíveis. Além disso, eles apontam a falta de utilização de informações sobre comentários de usuários e *tags* sociais como um desafio a ser superado.

Já nos estudos de Kylili *et al.*, (2020) destaca a redução do consumo de combustível e das emissões de CO₂, além da exposição de ineficiências nos sistemas fundamentais durante a pandemia. Eles também mencionam a necessidade de preparação adequada das autoridades locais e prestadores de serviços para lidar com situações semelhantes.

De acordo com Allam *et al.*, (2022), abordam as interações entre diferentes partes interessadas urbanas, a gestão de recursos urbanos e a mitigação e adaptação às mudanças climáticas. No entanto, eles também apontam riscos potenciais de problemas relacionados à saúde que podem comprometer a qualidade de vida, bem como questões de custo e conflitos de interesse.

Os artigos analisados oferecem uma visão abrangente das oportunidades e desafios associados às *Smart Cities* e ao Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). No contexto das *Smart Cities*, várias oportunidades são destacadas, incluindo o uso de tecnologias avançadas como *crowdsourcing*, mapeamento de mídias sociais, inteligência artificial, internet das coisas (*IoT*), *big data* e aprendizado de máquina para promover eficiência e inovação. Além disso, as discussões ressaltam a importância de novos modelos de movimento, análise de risco e veículos compartilhados para melhorar a mobilidade urbana.

No entanto, os desafios também são evidentes, com preocupações sobre segurança da informação, privacidade, interoperabilidade, custos, sustentabilidade e poluição. No contexto do Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, abordagens inovadoras, como reciclagem, compostagem e ferramentas *online*, são consideradas essenciais para aumentar a acessibilidade e eficiência da reciclagem. No entanto, os desafios incluem longos períodos de projeto, implementação e operação, custos elevados e a complexidade da coleta e análise de dados.

Em resumo, as pesquisas destacam a importância da tecnologia e inovação para o desenvolvimento de *Smart Cities* e para lidar com os desafios do gerenciamento de resíduos eletrônicos, ao mesmo tempo em que reconhecem a

necessidade de superar obstáculos significativos em termos de segurança, custos e sustentabilidade para alcançar esses objetivos.

5.2. METODOLOGIAS DE ESTUDO EM *SMART CITIES* E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Identificar as metodologias utilizadas em artigos é de suma importância por várias razões. Em primeiro lugar, conhecer as metodologias empregadas permite que outros pesquisadores possam replicar os estudos, testar os resultados e validar as descobertas, fundamental para garantir a confiabilidade e a validade dos resultados científicos.

Ao analisar as metodologias utilizadas em diferentes estudos, os pesquisadores podem identificar lacunas na literatura e oportunidades para pesquisas futuras. Isso pode incluir a identificação de abordagens alternativas, novas técnicas de coleta de dados ou áreas de pesquisa pouco exploradas.

Q2: Quais metodologias de estudo são empregadas nas pesquisas sobre *Smart Cities* e no Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos?

Para responder essa questão foi criado o Quadro 9 contendo as principais metodologias empregadas, quanto aos conceitos de estudos sobre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Quadro 9 – Principais metodologias de estudo

METODOLOGIAS UTILIZADAS	ARTIGOS ASSOCIADOS (Nº DO ARTIGO) – TABELA 2
Revisão Sistemática da Literatura (SLR) para explorar conceitos, definições, oportunidades, desafios e requisitos relacionados a cidades inteligentes, sustentabilidade e tecnologias urbanas.	1, 2, 3, 4, 6, 9, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 30
Estudos de Caso para análise de políticas em vários níveis e implantação de novas tecnologias urbanas, de segurança e privacidade.	11, 14, 19, 20, 29

Análise Bibliométrica e Cienciométrica para identificar tendências, avaliar o impacto da pesquisa, mapear redes de colaboração e analisar a evolução conceitual	24, 27, 28
Coleta e Análise de dados quantitativos e qualitativos para examinar padrões de produção científica e identificar tendências emergentes.	12, 23
Desenvolvimento de Estruturas para criação de modelos conceituais e arquitetônicos para a implementação de soluções inteligentes em cidades.	25, 26
Elaboração de um Taxonomia classificar e categorizar os diferentes aspectos relacionados às <i>Smart Cities</i> e gestão de REEE.	5, 13
Análise de Sistemas de Transporte para avaliar a eficiência e sustentabilidade dos sistemas de mobilidade urbana.	7
Análise de Métodos de <i>Benchmarking</i> para comparar o desempenho das cidades em relação a indicadores específicos.	8
Uso de <i>Crowdsourcing</i> para coletar dados e gerar soluções inovadoras para os desafios urbanos.	10

Fonte: O autor (2023).

A pesquisa sobre *Smart Cities* e o Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos emprega uma ampla gama de metodologias de estudo para investigar os desafios e oportunidades intrínsecos a esses tópicos multifacetados e interdisciplinares.

O Quadro 9 apresenta as principais metodologias de estudo utilizadas em pesquisas relacionadas a *Smart Cities* e a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Dentre as metodologias identificadas, a Revisão Sistemática da Literatura (SLR) se destaca, sendo utilizada em diversos artigos (artigos 1, 2, 3, 4, 6, 9, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 30). Esta metodologia permite explorar conceitos, definições, oportunidades, desafios e requisitos relacionados às cidades inteligentes, sustentabilidade e tecnologias urbanas, contribuindo para a

compreensão aprofundada desses temas e identificação de lacunas de pesquisa (Concari *et al.*, 2022).

Além disso, os Estudos de Caso (artigos 11, 14, 19, 20, 29) são empregados para analisar políticas em vários níveis e a implantação de novas tecnologias urbanas, de segurança e privacidade. Esta metodologia permite uma análise aprofundada das práticas existentes e das inovações implementadas em diferentes contextos, fornecendo *insights* válidos para a aplicação prática de soluções em cidades inteligentes e na gestão de REEE (Araújo *et al.*, 2012).

Outra metodologia relevante é a Análise Bibliométrica e Cienciométrica (artigos 24, 27, 28), que é utilizada para identificar tendências, avaliar o impacto da pesquisa, mapear redes de colaboração e analisar a evolução conceitual. Esta abordagem contribui para a compreensão do desenvolvimento e da influência das pesquisas no campo das cidades inteligentes e na gestão de REEE, fornecendo uma visão abrangente do estado atual do conhecimento (Chen *et al.*, 2018).

A coleta e análise de dados quantitativos e qualitativos (artigos 12, 23) são empregadas para examinar padrões de produção científica e identificar tendências emergentes, fornecendo uma base empírica sólida para a compreensão das dinâmicas e dos desafios relacionados às cidades inteligentes e à gestão de REEE (Yoshida *et al.*, 2016). Além disso, a elaboração de uma Taxonomia para classificar e categorizar os diferentes aspectos relacionados às *Smart Cities* e gestão de REEE (artigos 5, 13) é uma contribuição válida, pois permite a organização e a sistematização dos conceitos e elementos-chave desses campos, facilitando a compreensão e a análise crítica (Ottoni *et al.*, 2020).

A análise de sistemas de transporte (artigo 7) e de métodos de *benchmarking* (artigo 8) também são relevantes para avaliar a eficiência, sustentabilidade e o desempenho das cidades em relação a indicadores específicos, fornecendo *insights* importantes para a melhoria da infraestrutura urbana e a gestão eficaz de REEE (Rajput e Singh, 2019).

O uso de *Crowdsourcing* (artigo 10) para coletar dados e gerar soluções inovadoras para os desafios urbanos representa uma abordagem participativa e colaborativa, permitindo a integração de diferentes perspectivas e a geração de soluções criativas e adaptáveis para os desafios das cidades inteligentes e da gestão de REEE (Khatoun *et al.*, 2017).

Estas metodologias oferecem uma base sólida para novos estudos, possibilitando a continuidade da investigação em cidades inteligentes e gestão de REEE. A diversidade de abordagens utilizadas reflete a complexidade e a interdisciplinaridade desses campos, fornecendo insights valiosos para a inovação e o avanço do conhecimento.

5.3. ÁREAS DE ASSUNTO EM *SMART CITIES* E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Q3: Quais são as áreas de discussão abordadas nas *Smart Cities* e no Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos?

Para responder essa questão foi criado o Quadro 10 contendo as principais áreas de assuntos presentes aos conceitos de estudos sobre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Quadro 10 – Principais áreas de assuntos

ÁREAS DE ASSUNTOS	ARTIGOS ASSOCIADO (Nº DO ARTIGO) – TABELA 2
Cidades inteligentes, ciência da complexidade social, infraestrutura de informação, dados urbanos e mobilidade humana, modelagem e simulação urbana, e Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC).	1, 3, 6, 8, 9,12, 20, 21, 22, 27, 28
Internet das Coisas, arquiteturas de cidades inteligentes, comunicação em cidades inteligentes, sustentabilidade, tendências em cidades inteligentes, componentes de cidades inteligentes e desafios abertos em cidades inteligentes.	2, 16, 25
Inteligência artificial, <i>big data</i> , cidades inteligentes, Internet das Coisas (<i>IoT</i>), sustentabilidade, habitabilidade urbana, mobilidade, educação, meio ambiente, energia, saúde, política, finanças, tecnologia da informação, e computação.	4, 11, 26
Segurança, privacidade, interoperabilidade, comunicação de baixo custo e baixo consumo de	5, 10, 18, 19

energia, análise de big data, conectividade em <i>IoT</i> , dispositivos de geração de energia, fontes de energia baseadas em água e vento, transporte inteligente, veículos inteligentes e uso de nanogeradores como fontes de tecnologia para e sensores ativos.	
Plataformas de <i>software</i> em cidades inteligentes, tecnologias habilitadoras, requisitos funcionais e não funcionais, classificando-os em quatro categorias: Sistemas Ciber-Físicos, Internet das Coisas, <i>Big Data</i> e Computação em Nuvem.	14
Interconexão de sistemas de transporte inteligente, coleta e análise de dados, e questões de segurança e privacidade relacionadas a sistemas de transporte.	7, 15, 29
Sistemas de monitoramento em cidades inteligentes, algoritmos para implantação de nós, gerenciamento de sensores, e aplicações em sistemas de monitoramento estrutural, redes de distribuição de água e tráfego urbano.	17, 23, 30
Gestão de resíduos em cidades inteligentes, modelos de gestão de resíduos, adoção de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) e Internet das Coisas (<i>IoT</i>) para aprimorar a coleta de resíduos, sistemas de computação sustentável, e análise comparativa de modelos de gestão de resíduos.	13, 24

Fonte: O autor (2023).

As áreas de assunto discutidas nos artigos sobre *Smart Cities* e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos são de suma importância por várias razões. Primeiramente, elas abordam questões essenciais relacionadas à sustentabilidade urbana e ao bem-estar das comunidades (Cook *et al.*, 2018), além de temas como infraestrutura inteligente, mobilidade urbana, eficiência energética e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Fazendo uma análise das áreas de assuntos presentes no Quadro 9, podemos observar uma variedade de tópicos relacionados aos conceitos de *Smart Cities* e

Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, abordados por diferentes artigos. As áreas de assuntos nos artigos estão alinhadas com os princípios das *Smart Cities*, que buscam integrar tecnologias inovadoras para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, promover a sustentabilidade e eficiência dos serviços urbanos, e impulsionar o desenvolvimento econômico.

Dentre os temas relacionados às *Smart Cities*, os artigos 1, 3, 6, 8, 9, 12, 20, 21, 22, 27, 28 abordam questões como cidades inteligentes, ciência da complexidade social, infraestrutura de informação, dados urbanos, mobilidade humana, e Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC). Estes artigos exploram a aplicação de tecnologias emergentes e a coleta de dados para aprimorar a eficiência e sustentabilidade das cidades, refletindo a importância de integrar sistemas e inovações para o desenvolvimento urbano.

Por outro lado, os artigos 2, 16, 25 discutem temas como arquiteturas de cidades inteligentes, comunicação em cidades inteligentes, sustentabilidade, tendências em cidades inteligentes, componentes de cidades inteligentes, e desafios abertos em cidades inteligentes. Estes temas estão alinhados com a visão de *Smart Cities*, que busca promover a interoperabilidade, conectividade em *IoT*, dispositivos de geração de energia, fontes de energia baseadas em água e vento, transporte inteligente, veículos inteligentes, sistemas ciber-físicos, *big data*, e computação em nuvem.

No contexto da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), os artigos 13, 24 exploram modelos de gestão de resíduos, adoção de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) e Internet das Coisas (*IoT*) para aprimorar a coleta de resíduos, sistemas de computação sustentável, e análise comparativa de modelos de gestão de resíduos. Esta abordagem reflete a importância crescente da gestão sustentável de resíduos, especialmente no contexto das *Smart Cities*, onde a eficiência na coleta, reciclagem e descarte de equipamentos eletrônicos é crucial para reduzir o impacto ambiental e promover a economia circular (Copani *et al.*, 2019)

Os principais pontos destacados nas áreas de assuntos presentes nos artigos são a aplicação de tecnologias emergentes, a integração de sistemas e a coleta e análise de dados para aprimorar a eficiência e sustentabilidade das cidades. Além disso, a relação com *stakeholders* é evidente, uma vez que as soluções propostas

envolvem a participação e colaboração de diversos atores, como governos, empresas, instituições de pesquisa, comunidades locais e cidadãos (Corsi, 2022).

A interconexão de sistemas de transporte inteligente, a gestão de resíduos, e a implementação de tecnologias de monitoramento e coleta de dados requerem a cooperação e coordenação entre múltiplos *stakeholders* para alcançar os objetivos de uma cidade inteligente e sustentável (Chen *et al.*, 2018).

Portanto, as áreas de assuntos apresentados nos artigos fornecem uma visão abrangente das questões relacionadas às *Smart Cities* e à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, destacando a importância da inovação tecnológica, integração de sistemas e colaboração entre stakeholders para promover o desenvolvimento urbano sustentável.

5.4. TENDÊNCIAS EMERGENTES E CONTRIBUIÇÕES PARA A SOCIEDADE EM *SMART CITIES* E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Q4: Quais tendências emergem nas *Smart Cities* e no Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, e como contribuem para a sociedade?

Para responder esta questão foi criado o Quadro 11 contendo as principais tendências presentes aos conceitos de estudos sobre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Quadro 11 – Principais tendências dos Artigos

TENDÊNCIAS	ARTIGOS ASSOCIADO (Nº DO ARTIGO) – TABELA 2
Tecnologias e Infraestruturas	1, 2, 3, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 25, 26
Desafios e Oportunidades	4 ,5, 7, 8
Estratégias e Soluções	10
Sustentabilidade Urbana	12, 13, 27, 28

Segurança e Privacidade	16, 17, 18, 19
Políticas e Governança Urbana	20
Gestão de Risco	21, 22
Saúde	23, 24
Impacto Ambiental	29, 30

Fonte: O autor (2023).

As tendências emergentes em tecnologia e infraestrutura desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de *Smart Cities* e na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. A implementação de tecnologias como Internet das Coisas (*IoT*), sensores inteligentes e redes de comunicação avançadas permite a coleta de dados em tempo real, facilitando a tomada de decisões baseadas em informações precisas (Antonios *et al.*, 2023). Essas tecnologias também são essenciais para o monitoramento e a otimização de processos relacionados à gestão de resíduos, permitindo uma abordagem mais eficiente e sustentável (Cunha *et al.*, 2016).

A análise e compreensão dos desafios enfrentados pelas *Smart Cities* e pela Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos são essenciais para identificar oportunidades de melhoria e inovação (Sodiq *et al.*, 2019). O surgimento de novas demandas, como o aumento da urbanização e da produção de resíduos eletrônicos, oferece oportunidades para a implementação de soluções inteligentes e sustentáveis (Cappellaro *et al.*, 2019). No entanto, é crucial enfrentar desafios como a escassez de recursos, a poluição e a degradação ambiental, buscando abordagens inovadoras e colaborativas (Gil-Garcia *et al.*, 2016).

As estratégias e soluções adotadas nas *Smart Cities* e na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos visam promover eficiência, sustentabilidade e qualidade de vida (Sodiq *et al.*, 2019). Isso inclui a implementação de políticas de gestão de resíduos, a promoção da economia circular, o desenvolvimento de infraestrutura verde e a adoção de tecnologias limpas (Khan e Inamuddin, 2020). Além

disso, estratégias de sensibilização e engajamento comunitário são essenciais para promover a participação cidadã e a coleta seletiva de resíduos (Cao *et al.*, 2016).

A sustentabilidade urbana é um princípio orientador nas *Smart Cities* e na gestão de resíduos eletrônicos, visando garantir o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, social e ambiental (Sodiq *et al.*, 2019). Isso envolve a busca por soluções que minimizem o consumo de recursos naturais, reduzam a emissão de poluentes e promovam a resiliência das cidades frente às mudanças climáticas e aos desafios ambientais (Thomé *et al.*, 2016).

A segurança e a privacidade dos dados são aspectos críticos nas *Smart Cities* e na gestão de resíduos eletrônicos, especialmente em um contexto cada vez mais conectado e digitalizado (Habibzadeh *et al.*, 2019). A proteção das informações pessoais dos cidadãos e a garantia da integridade dos sistemas são fundamentais para construir uma infraestrutura confiável e resiliente, promovendo a confiança e a aceitação das tecnologias pelos usuários (Corsi, 2022).

A formulação de políticas e a governança eficaz são elementos-chave para o sucesso das *Smart Cities* e para o gerenciamento adequado dos resíduos eletrônicos. A implementação de regulamentações e diretrizes claras, aliada a uma abordagem participativa e transparente, é essencial para promover o desenvolvimento sustentável e a inovação (Sodiq *et al.*, 2019). Uma governança urbana eficiente envolve a colaboração entre setores público, privado e sociedade civil, visando atender às necessidades e aspirações da comunidade (Pham, 2017).

A gestão de risco desempenha um papel essencial na proteção das cidades e na mitigação de potenciais ameaças, como desastres naturais, incidentes cibernéticos e emergências de saúde pública (Mendes *et al.*, 2021). Estratégias de gestão de risco incluem a identificação, avaliação e resposta a eventos adversos, bem como o desenvolvimento de planos de contingência e a implementação de medidas preventivas (Chen *et al.*, 2018).

A saúde é uma área de grande importância nas *Smart Cities*, influenciando diretamente a qualidade de vida e o bem-estar dos cidadãos. A promoção de ambientes urbanos saudáveis envolve a disponibilidade de espaços verdes, a oferta de serviços de saúde acessíveis e a implementação de políticas que incentivem hábitos de vida saudáveis (Mendes *et al.*, 2021). Além disso, a gestão adequada dos resíduos eletrônicos é crucial para prevenir impactos negativos na saúde humana e no meio ambiente.

O impacto ambiental das atividades urbanas e do gerenciamento de resíduos eletrônicos é uma preocupação crescente nas *Smart Cities*. A adoção de práticas sustentáveis, como a reciclagem, a redução do consumo de recursos e a minimização da geração de resíduos, é fundamental para mitigar os efeitos negativos sobre o meio ambiente (Chen *et al.*, 2018). A conscientização e a educação ambiental são ferramentas poderosas para promover a mudança de comportamento e a adoção de hábitos mais sustentáveis (Sodiq *et al.*, 2019).

Em resumo, as discussões em torno das tendências emergentes e das áreas de assunto nas *Smart Cities* e no gerenciamento de resíduos eletrônicos destacam a necessidade de abordagens integradas e sustentáveis para enfrentar os desafios urbanos contemporâneos. A promoção da inovação, da colaboração e do engajamento comunitário são elementos-chave para impulsionar o desenvolvimento de cidades mais inteligentes, resilientes e ambientalmente responsáveis.

6. IMPLICAÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS

Os resultados obtidos oferecem uma contribuição considerável para o desenvolvimento de uma perspectiva prática de inovação e tecnologia. Especificamente, eles proporcionam uma estrutura conceitual integrada abrangendo Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), *Big Data*, *IoT*, sustentabilidade, governança, segurança e conhecimentos de Cidades Inteligentes, bem como da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, fundamentando-se em pesquisas líderes em todo o mundo.

Profissionais de diversas áreas, como Engenheiros Ambientais, Engenheiros de Recursos, Engenheiros da Produção e Civil, Urbanistas e Arquitetos, Tecnólogos e Especialistas em Informática, Especialistas em Políticas Públicas e Administração, Economistas e Gestores, bem como a sociedade civil, comunidade local e acadêmicos, podem utilizar este estudo como uma referência sólida para o desenvolvimento de novas soluções visando melhorar a qualidade de vida e tornar ambientes urbanos mais inteligentes.

Essa estrutura oferece um guia valioso para a concepção de mecanismos, processos, ideias, soluções e alternativas que visam a redução da geração de resíduos e o aprimoramento do processo de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Ao aproveitar os *insights* e conhecimentos fornecidos por este estudo, os profissionais e pesquisadores podem trabalhar de forma colaborativa para promover práticas mais sustentáveis e eficientes na gestão dos recursos e na construção de cidades mais resilientes e adaptáveis às demandas do futuro.

O estudo ressalta a importância do emprego de tecnologias em todos os setores da sociedade contemporânea. As Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), *Big Data* e Internet das Coisas (*IoT*) são temas amplamente debatidos na atualidade devido ao seu impacto e potencial transformador em diversos aspectos da vida moderna. Estas tecnologias desempenham papéis fundamentais em nossa sociedade e possuem implicações significativas para o futuro.

Em primeiro lugar, as TIC, o *Big Data* e a *IoT* estão impulsionando uma maior eficiência nos processos, facilitando a comunicação instantânea e promovendo a conectividade entre dispositivos, sistemas e indivíduos em escala global. Esta

interconexão está redefinindo fundamentalmente a maneira como interagimos e executamos nossas atividades diárias.

O *Big Data* emergiu como uma ferramenta essencial para a coleta e análise de grandes volumes de dados em tempo real. Isso proporciona *insights* importantes em uma variedade de domínios, desde a tomada de decisões empresariais até a formulação de políticas públicas, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos padrões e tendências que influenciam nossa sociedade e economia.

Estas tecnologias estão moldando a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos, e continuarão a desempenhar um papel fundamental na evolução dos sistemas e processos em todo o mundo. À medida que avançamos em direção a um futuro cada vez mais conectado, é essencial reconhecer o papel crítico que as TIC, o *Big Data* e a *IoT* desempenham na construção de uma sociedade mais eficiente, inovadora e adaptável aos desafios do século XXI.

As Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), o *Big Data* e a Internet das Coisas (*IoT*) têm o potencial de abordar desafios globais urgentes, como mudanças climáticas, segurança alimentar e saúde pública, oferecendo soluções inteligentes e sustentáveis que podem contribuir para a construção de um futuro mais resiliente e equitativo.

Estamos testemunhando uma era de transformação digital, onde essas tecnologias estão remodelando indústrias, modelos de negócios e até mesmo interações sociais. Elas capacitam os cidadãos, fomentando uma maior participação na esfera pública, promovendo transparência governamental e possibilitando o acesso democrático a serviços e informações.

A Revisão Sistemática da Literatura, com suporte do protocolo *Methodi Ordinatio* adotado nesta pesquisa, resultou na identificação de pesquisas, estudos e descobertas, fornecendo *insights* relevantes sobre os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Esta abordagem combinada possibilitou uma compreensão mais abrangente e significativa do conceito de *Smart Cities* e sua ampla disseminação, abarcando vários significados e definições, tornando-o acessível para entendimento geral.

No contexto da Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, foi possível observar e explorar as dificuldades de um processo que apresenta diversas alternativas viáveis para ser conduzido com eficiência, mas que, na prática, muitas vezes é realizado de forma deficiente e sem o devido respaldo social. Infelizmente,

investimentos nessas áreas são frequentemente encarados como custos, geradores de retrabalho e considerados uma perda de tempo.

O estudo destacou a estreita relação entre as *Smart Cities* e a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos com os princípios da Economia Circular e da Logística Reversa, fundamentais por diversas razões. Em primeiro lugar, a Economia Circular e a logística reversa têm como objetivo principal promover a sustentabilidade ambiental, incentivando a reutilização, reciclagem e recuperação de materiais, o que se mostra vital para lidar com os resíduos complexos oriundos dos equipamentos eletrônicos.

Foi observado durante o estudo que a economia circular promove a eficiência no uso de recursos, prolongando a vida útil dos produtos e reduzindo o desperdício, alinhando-se diretamente com os objetivos das cidades inteligentes em fomentar práticas sustentáveis e mitigar o impacto ambiental. A implementação da Logística Reversa e da Economia Circular também pode resultar em benefícios econômicos tangíveis, como a redução de custos para as empresas e a abertura de novas oportunidades de negócios na recuperação de materiais valiosos.

A busca incessante por soluções inovadoras na gestão de resíduos eletrônicos impulsiona o progresso tecnológico, estimulando o desenvolvimento de novas técnicas de reciclagem e materiais mais sustentáveis. Isso, por sua vez, promove a conscientização e o engajamento cidadão em torno da importância da gestão de resíduos e da adoção de práticas sustentáveis, objetivos que também estão alinhados com a visão de desenvolvimento das cidades inteligentes.

A mineração de texto desempenhou um papel trivial nesta pesquisa, fornecendo *insights* úteis e uma compreensão abrangente do estado atual da pesquisa em *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Esta abordagem permitiu a extração de informações relevantes sobre os principais temas, tecnologias, desafios e soluções discutidos na literatura acadêmica.

Ao analisar os dados por meio da mineração de texto, os pesquisadores puderam identificar as palavras-chave mais frequentes, os conceitos mais discutidos e as relações entre diferentes tópicos. Isso proporcionou uma visão panorâmica do campo de estudo, permitindo a identificação de lacunas de pesquisa, áreas emergentes, tendências e possíveis direções futuras para investigação.

A utilização da mineração de texto em uma Revisão Sistemática da Literatura (SLR) sobre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

possibilitou que os resultados fossem compartilhados com a comunidade acadêmica de forma acessível e organizada. Isso oferece uma base sólida para pesquisas futuras, políticas públicas e desenvolvimento de tecnologias, permitindo que os pesquisadores identifiquem lacunas na literatura e direcionem seus esforços para preencher essas lacunas, avançando assim no conhecimento sobre o tema.

Além disso, o agrupamento de redes bibliográficas por meio da análise de co-ocorrência e cogitação trouxe contribuições práticas significativas para o avanço do conhecimento científico em *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Esta técnica permitiu aos pesquisadores identificarem padrões, conexões entre conceitos e temas, tendências emergentes, temas controversos e oportunidades de inovação e colaboração.

Adicionalmente, a análise de co-ocorrência foi útil na identificação de palavras-chave e conceitos-chave associados à temática das cidades inteligentes e da gestão de resíduos eletrônicos, fornecendo *insights* sobre os principais enfoques e preocupações dos pesquisadores nesse campo, assim como identificação de lacunas de pesquisa, desafios e oportunidades.

No contexto da gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos, a análise de co-ocorrência emerge como uma ferramenta vital para identificar práticas e tecnologias emergentes na reciclagem, reutilização e recuperação de materiais, impulsionando o desenvolvimento de soluções mais eficazes e sustentáveis.

O agrupamento de redes bibliográficas, por meio da análise de co-ocorrência e cogitação, representa uma poderosa estratégia para explorar e sintetizar o vasto corpo de conhecimento disponível sobre cidades inteligentes e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Esta abordagem fornece *insights* inestimáveis para pesquisadores, profissionais e formuladores de políticas, ao buscar soluções inovadoras e sustentáveis para os desafios urbanos contemporâneos.

Apesar dos avanços significativos em desenvolvimentos e pesquisas relacionados à criação de *software*, melhoria de infraestrutura, prevenção de riscos e investimentos em *IoT* e soluções de dados científicos, ainda há desafios a serem superados. A complexidade das cidades inteligentes e da gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos apresenta uma série de obstáculos que demandam atenção contínua e soluções inovadoras. Entre esses desafios, destacam-se a integração eficiente de tecnologias diversas, a interoperabilidade de sistemas e dispositivos, a segurança cibernética, a privacidade de dados e a inclusão digital.

É fundamental o estabelecimento de políticas públicas robustas, investimentos financeiros adequados e parcerias sólidas entre setores público e privado para impulsionar a adoção e implementação bem-sucedida de soluções inteligentes e sustentáveis nas cidades.

A conscientização e participação da comunidade também desempenham papel essencial para garantir o sucesso das iniciativas relacionadas à cidades inteligentes e gestão de resíduos eletrônicos, assegurando que as soluções desenvolvidas atendam às necessidades e preocupações dos cidadãos. Em suma, embora tenham ocorrido avanços consideráveis, ainda há um longo caminho a percorrer para alcançar cidades verdadeiramente inteligentes, sustentáveis e inclusivas.

Esta pesquisa apresenta um referencial teórico integrador conceituado na apresentação do estado da arte sobre os contextos de "*Smart Cities e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos*". O referencial teórico fornecido pode oferecer suporte conceitual a pesquisadores e profissionais da área, servindo como uma base para compreender as conexões entre as linhas de pesquisa, a composição dos clusters de pesquisadores e a relação entre áreas afins. Esse referencial pode ser utilizado como uma base conceitual para o planejamento urbano sustentável e para a promoção de uma melhor qualidade de vida nas cidades.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo relatou a construção de uma revisão sistemática da literatura com apoio do protocolo do *Methodi Ordinatio*, envolvendo aspectos bibliométricos, e apoiada com o auxílio dos programas de mineração de texto. O objetivo geral desta dissertação consistiu em realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) abrangente e aprofundada para traçar o estado da arte nos estudos sobre *Smart Cities* e Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

Diante disso, buscou responder às seguintes questões de pesquisa: Q1: Quais são os principais insights identificados no âmbito das *Smart Cities* e do Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos?; Q2: Quais metodologias de estudo são empregadas nas pesquisas sobre *Smart Cities* e no Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos?; Q3: Quais são as áreas de discussão abordadas nas *Smart Cities* e no Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos? Q4: Quais tendências emergem nas *Smart Cities* e no Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, e como contribuem para a sociedade?

A análise dos indicadores bibliométricos foi conduzida com o auxílio do pacote Bibliometrix, simplificando as etapas de coleta, análise e visualização de dados. No total, 2620 referências estão associadas ao tamanho da amostra, composta por 30 artigos. A maioria desses estudos concentra-se nos campos da Ciência da Computação e Engenharia, bem como em Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC).

Para uma representação visual, foi elaborada uma nuvem de palavras, evidenciando termos como "*smart cities*", "*smart city*", "*internet of things*", "*big data*", "*security*", "*iot*", "*open data*", "*privacy*", "*smart environments*" e "*smart services*", os quais apresentam as maiores ocorrências. Observou-se que as principais publicações sobre os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos datam principalmente dos anos de 2018 e 2019, refletindo um crescente interesse e relevância nessas áreas durante esse período. Quanto à média de citações, verificou-se uma concentração significativa entre os anos de 2012 e 2015.

Analisando os países com maior atividade de pesquisa, identificou-se que Austrália, China, Estados Unidos e Brasil destacam-se nesse cenário. Tal destaque é

atribuído a iniciativas governamentais, parcerias público-privadas, programas de financiamento e apoio à pesquisa, além da colaboração entre instituições acadêmicas, governamentais e empresas. O Reino Unido e a Austrália se destacam como líderes em citações nas áreas de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, indicando sua influência e contribuição nessas esferas tecnológicas e urbanas.

Na análise bibliométrica, termos como "*big data*", "*internet*", "*security*", "*IoT*", "*sustainable cities*" e "*wireless sensor networks*" surgem como os mais recorrentes, evidenciando a relevância da tecnologia e da coleta de dados para o avanço das cidades inteligentes. Além disso, palavras como "*challenges*", "*privacy*" e "*opportunities*" ressaltam os desafios e as oportunidades associadas à implantação de tecnologias em ambientes urbanos. Após a conclusão da análise bibliométrica, foram identificados os artigos mais relevantes, classificados pelo índice InOrdinatio e detalhados na Tabela 2 – (Artigos selecionados e classificados pelo índice *InOrdinatio*).

Os primeiros cinco artigos abordam tecnologias fundamentais, como *Big Data*, *IoT*, Inteligência Artificial e Blockchain, com o objetivo de resolver desafios urbanos e aprimorar a qualidade de vida nas áreas metropolitanas. Os artigos subsequentes 6 a 10 discutem os desafios associados ao desenvolvimento das cidades inteligentes, considerando questões como rápida urbanização e crescimento populacional.

Já os artigos 11-15 exploram a aplicação de *Big Data*, *IoT* e outras tecnologias para enfrentar desafios urbanos, enquanto os artigos 16 a 20 tratam especificamente de questões de segurança e privacidade em ambientes urbanos inteligentes. A partir dos artigos 21 a 25, há uma ênfase na gestão de riscos e sustentabilidade, ressaltando a importância de estratégias resilientes e fontes de energia sustentáveis.

Os artigos de 26 a 30 investigam a implementação e utilização de tecnologias avançadas, explorando temas como planejamento urbano inteligente e o potencial do Metaverso. Cada conjunto de artigos ofereceu *insights* sobre os desafios e oportunidades das *Smart Cities* e na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, desde tecnologias emergentes até questões de segurança, sustentabilidade, reciclagem, transporte eficiente e planejamento urbano inteligente.

A mineração de texto foi empregada como uma abordagem essencial para analisar os dados textuais dos periódicos. Esta técnica possibilitou a extração de informações relevantes, a sumarização de texto, a categorização e classificação de

documentos, a identificação de conceitos-chave e padrões ocultos, além de facilitar a tradução automática.

Para essa análise, foram empregados os pacotes “*readxl*”, “*tm*”, “*wordcloud*”, “*RcolorBrewer*”, “*igraph*” e “*gtrendsR*” a fim de facilitar o processo de mineração de texto. Esses recursos permitiram a extração de *insights* sobre o conteúdo dos documentos. Utilizando o pacote “*gtrendsR*”, foi possível realizar uma análise detalhada das tendências de busca dos usuários na plataforma do *Google*, fornecendo informações importantes sobre a popularidade e relevância dos termos relacionados a *Smart Cities* e gestão de REEE ao longo do tempo e em diferentes regiões geográficas. Destaca-se que as maiores buscas para o termo *Smart Cities* ocorreram em 2014, enquanto para o termo REEE foi em 2020.

A partir das *wordclouds*, observou-se que os termos mais frequentes relacionados às oportunidades para os conceitos de *Smart Cities* e REEE incluem: Inteligentes, *IoT*, Gerenciamento, Saúde, Dados, Tecnologias, Segurança, Computação e Energia. Quanto aos desafios associados aos conceitos de *Smart Cities* e REEE, os termos mais recorrentes são: Qualidade, Riscos, Consumo, Resíduos, Infraestrutura, Custos e Coleta.

Optou-se por construir um dendrograma para os termos e verificar suas distâncias, o que revelou claramente a formação de três grandes grupos distintos para as oportunidades encontradas e dois grupos distintos para os desafios identificados. Além disso, foi elaborada uma rede de termos com base nos principais *insights* encontrados para os conceitos de *Smart Cities* e REEE.

Observou-se a presença de termos como *IoT*, gerenciamento inteligente, tecnologias, segurança, computação, energia, gestão, sensores, cidades, sistemas, aprendizado, RFID, qualidade, riscos, consumo, resíduos, saúde, infraestrutura, operação, custo, coleta, dados, heterogeneidade, planejamento e otimização, refletindo a complexidade desses campos e suas inter-relações com os desafios e oportunidades urbanas.

Foram realizadas análises de cluster na interseção entre *Smart Cities* e gestão de REEE, culminando na construção de uma Rede de Co-ocorrência de Palavras-Chave, que revelou três *clusters* distintos, cada um com suas próprias definições claras. Estes *clusters* identificados destacam abordagens diferenciadas para o desenvolvimento das *Smart Cities* e a Gestão de resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

Os *clusters* refletem uma abordagem integrada e tecnologicamente avançada para enfrentar os desafios urbanos e promover um desenvolvimento mais sustentável e eficiente. Além disso, foi elaborada uma Rede de Cocitação entre os Autores, dividida em três conjuntos de clusters, abordando temas como Tecnologias Urbanas, Infraestrutura, Dados Urbanos, Governança e Democracia; Tecnologias Digitais, *Big Data*, *IoT*, Desenvolvimento Sustentável, Sociedade Sustentável e Fontes Renováveis. Estes conjuntos de *clusters* fornecem uma visão abrangente e estruturada das interações entre os pesquisadores e suas contribuições nos campos relacionados às *Smart Cities* e à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Quanto a Rede de Colaboração entre Países, revelou-se que países como Austrália, Reino Unido, Estados Unidos e China estão na vanguarda das pesquisas e colaborações sobre *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, por diversas razões. Em primeiro lugar, esses países possuem infraestruturas avançadas de pesquisa e desenvolvimento, além de instituições acadêmicas reconhecidas, facilitando parcerias internacionais. Além disso, lideram em inovação tecnológica, com investimentos robustos em programas de pesquisa para aprimorar a qualidade de vida urbana e a sustentabilidade ambiental.

No que diz respeito às perguntas abordadas na parte metodológica da dissertação, elas foram respondidas durante as discussões. Quanto aos principais *insights* sobre os conceitos de *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, várias oportunidades são destacadas, incluindo o uso de tecnologias avançadas como *crowdsourcing*, mapeamento de mídias sociais, inteligência artificial, Internet das Coisas (*IoT*) e aprendizado de máquina para promover eficiência e inovação. As discussões ressaltam a importância de novos modelos de transporte, análise de risco e veículos compartilhados para melhorar a mobilidade urbana.

No entanto, os desafios também são evidentes, com preocupações sobre segurança da informação, privacidade, interoperabilidade, custos, sustentabilidade e poluição. No contexto do Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, abordagens inovadoras, como reciclagem, compostagem e ferramentas *online*, são consideradas cruciais para aumentar a acessibilidade e eficiência da reciclagem. Os desafios incluem longos períodos de projeto,

implementação e operação, custos elevados e a complexidade da coleta e análise de dados.

Quanto às principais metodologias utilizadas dentro do contexto de *Smart Cities* e o Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, destacam-se revisões sistemáticas da literatura, estudos de casos e análises bibliométricas e cienciométricas. A Revisão Sistemática da Literatura permite uma compreensão abrangente das tendências, desafios e oportunidades relacionadas a esses temas multifacetados.

Ao identificar, selecionar e analisar criticamente pesquisas relevantes, essa metodologia oferece uma visão consolidada do estado atual do conhecimento, destacando lacunas que exigem investigação adicional. Já os estudos de casos fornecem *insights* valiosos ao examinar implementações específicas de tecnologias e políticas em ambientes urbanos reais. As análises bibliométricas e cienciométricas oferecem uma visão quantitativa das publicações científicas e das tendências de pesquisa nesses campos.

Quanto aos principais temas relacionados a *Smart Cities* e o Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, destacam-se pesquisas sobre cidades inteligentes, aplicativos inteligentes, segurança, privacidade, inteligência artificial (IA), sistemas de monitoramento e gestão de resíduos eletrônicos, além de plataformas de *software*.

No que diz respeito às tendências emergentes discutidas dentro do contexto de *Smart Cities* e o Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, enfatizam-se tecnologias e infraestruturas, sustentabilidade urbana, segurança e privacidade, impacto ambiental, saúde, riscos, desafios e oportunidades.

Smart Cities e Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) são dois conceitos modernos e importantes; portanto, muitos têm buscado integrá-los para desenvolver aplicativos de *Smart Cities* que ajudarão a alcançar sustentabilidade, melhor resiliência, governança eficaz e qualidade de vida aprimorada, bem como no gerenciamento da coleta do lixo eletrônico ou dos REEE.

Ao correlacionar *Smart Cities* e REEE, os artigos destacam a complexidade da interação entre cidadãos, governo, empresas e tecnologias urbanas. Os desafios e oportunidades delineados no corpo do texto convocam os participantes nas cidades, incluindo governos e cidadãos, a dedicarem atenção a abordagens mais inteligentes

para o desenvolvimento sustentável urbano e o aprimoramento da qualidade de vida dos residentes.

As oportunidades externas identificadas abrangem desde o mapeamento de mídias sociais até inovações em saúde e transporte. Entretanto, as ameaças ressaltam questões críticas, como segurança cibernética, qualidade dos dados e desafios financeiros. A necessidade de abordar preocupações ambientais também é evidente, incluindo mudanças climáticas e poluição.

Em síntese, a transição para *Smart Cities* oferece vastas oportunidades para melhorar a qualidade de vida e sustentabilidade, mas é imperativo abordar desafios como segurança, privacidade, custos e questões ambientais. A colaboração entre os setores público e privado, investimentos estratégicos e uma abordagem centrada no cidadão serão cruciais para superar esses desafios e realizar o potencial completo das *Smart Cities*.

Podemos destacar contribuições de *IoT*, TIC, análise de *big data* e de Pesquisa Operacional voltadas para aplicações em Cidades Inteligentes incluindo: Cibersegurança, Distribuição de Sensores nas Cidades, Otimização em atendimento emergencial em hospitais de populações vulneráveis, humanização de transporte público, Mobilidade Urbana e Social, Segurança Pública, Veículos Verdes (drones, carros elétricos etc.), Energia Renovável, Sustentabilidade e Meio Ambiente, entre outros.

Foi observado também, que os autores estão em constante evolução e aprimoramento das pesquisas em busca de desenvolver novas oportunidades e sanar os desafios encontrados, a fim de responder aos diversos cenários existentes hoje, quanto aos estudos de *Smart Cities* e Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

A agenda de pesquisas futuras apresentada oferece uma direção clara para a pesquisa acadêmica e ação prática no campo das *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Ao explorar oportunidades para a implementação de tecnologias emergentes, avaliar desafios de segurança e privacidade e analisar o impacto da poluição e resíduos na sustentabilidade urbana, os pesquisadores podem contribuir significativamente para a construção de cidades mais inteligentes, resilientes e sustentáveis. Essa agenda não apenas promove avanços no meio acadêmico, mas também tem o potencial de gerar impactos

tangíveis na sociedade, informando políticas públicas e práticas urbanas que promovem o bem-estar humano e a preservação do meio ambiente.

Os resultados desta pesquisa têm aplicações variadas em diferentes setores da sociedade. Para as pessoas da comunidade, os resultados obtidos nessa pesquisa podem ser uma ferramenta educativa e motivadora, contribuindo para conscientizá-las sobre a importância da gestão adequada de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Isso pode se materializar através de campanhas de conscientização, programas de reciclagem e estímulos ao descarte responsável de equipamentos eletroeletrônicos.

No âmbito do governo municipal, os resultados podem embasar o desenvolvimento de políticas voltadas para a integração de tecnologias inteligentes e práticas sustentáveis na gestão de resíduos de eletroeletrônicos. Essas políticas podem incluir a implementação de sistemas de coleta inteligente, rastreamento de produtos eletrônicos e investimentos em infraestrutura urbana inteligente.

Para as empresas de tecnologia e infraestrutura, os resultados da dissertação podem orientar o desenvolvimento e implementação de soluções tecnológicas inovadoras, como sistemas de *IoT*, *big data* e serviços em nuvem, para a gestão eficiente de resíduos eletrônicos em ambientes urbanos. As empresas de gerenciamento de resíduos podem utilizar esses resultados para aprimorar suas práticas, implementando sistemas inteligentes de coleta, reciclagem e rastreamento de resíduos, visando a redução do impacto ambiental e a promoção da sustentabilidade.

Quanto a comunidade local, os resultados podem ser uma oportunidade de envolvimento em iniciativas de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, promovendo a participação ativa dos cidadãos em práticas sustentáveis, como a reciclagem e o descarte responsável de equipamentos eletrônicos. Acadêmicos e pesquisadores podem utilizar os resultados para direcionar estudos adicionais e colaborações interdisciplinares visando o avanço do conhecimento e inovação em Smart Cities e gestão de resíduos eletrônicos.

As organizações não governamentais podem empregar esses resultados para promover a conscientização e o engajamento da comunidade em práticas sustentáveis de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, além de influenciar políticas públicas e parcerias para a implementação de soluções inteligentes. O setor financeiro e investidores também podem orientar investimentos

em projetos relacionados a *Smart Cities* e Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, financiando soluções inovadoras e sustentáveis.

Os fornecedores e fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos podem utilizar esses resultados para orientar práticas de design e produção mais sustentáveis, bem como se engajar em programas de reciclagem e reutilização de componentes eletrônicos. Essas são algumas maneiras pelas quais cada um desses *stakeholders* podem utilizar os resultados da dissertação para contribuir para a construção de uma *Smart Cities* e a gestão eficiente de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

O estudo contribuiu para ampliar as teorias em cidades inteligentes e sustentáveis, consolidando definições e contextos e delineando algumas fronteiras no desenvolvimento da temática. O estudo teve um caráter representativo, embora não exaustivo, para análise e sistematização do tema, concentrando-se nas principais publicações, ou seja, as mais relevantes através do *Methodi Ordinatio*.

LIMITAÇÕES E SUGESTÕES

Este estudo desempenhou um papel fundamental na ampliação das teorias relacionadas às *Smart Cities* e à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), consolidando suas definições, contextos e delineando fronteiras essenciais no desenvolvimento desse campo. Foi observada uma lacuna significativa em artigos que abordassem simultaneamente os dois conceitos. Embora tenha adotado uma abordagem representativa e não exaustiva na análise e sistematização do tema, focalizando-se nas principais publicações selecionadas pelo *Methodi Ordinatio*.

Sugere-se para futuras investigações uma ampliação da amostragem, explorando uma gama mais diversificada de artigos e incorporando outras palavras-chave em diferentes bases e coleções acadêmicas, bem como uma análise de pesquisa em períodos temporais mais curtos. Essa abordagem mais abrangente pode enriquecer ainda mais a compreensão e a análise das dinâmicas das *Smart Cities* e da Gestão de REEE, oferecendo insights valiosos para pesquisas futuras e para a prática no campo.

AGRADECIMENTOS

A FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pelo suporte financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: análise de viabilidade técnica e econômica**. Brasília-DF, 2013. Disponível em: <http://www.comexresponde.gov.br/portalmDIC/arquivos/dwnl_1416934886.pdf>. Acesso em: 11 Nov. 2023.
- ABDOULLAEV, A. A Smart World : A Development Model for Intelligent Cities. **The 11th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT-2011)**, 1–28. 2011. <<http://www.cs.ucy.ac.cy/CIT2011/files/SMARTWORLD.pdf>>. 2011>
- ACHILLAS, C., VLACHOKOSTAS, C., AIDONIS, D., MOUSSIOPOULOS, N., IAKOVOU, E., & BANIAS, G. Optimising reverse logistics network to support policy-making in the case of Electrical and Electronic Equipment. **Waste Management**, 30(12), 2592–2600. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.022>
- AHAD, M. A., PAIVA, S., TRIPATHI, G., & FERROZ, N. Enabling technologies and sustainable smart cities. **Sustainable Cities and Society**, 61, 102301. 2020. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2020.102301>.
- AHMAD, K., MAABREH, M., GHALY, M., KHAN, K., QADIR, J., & AL-FUQAHA, A. Developing future human-centered smart cities: Critical analysis of smart city security, Data management, and Ethical challenges. **Computer Science Review**, 43, 100452. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100452>
- AJIBADE, S., NNADOZIE, E. C., IWAI, C. B., GHOTEKAR, S., CHANG, S. W., RAVINDRAN, B., & KUMAR AWASTHI, M. Biochar-based compost: a bibliometric and visualization analysis. **Bioengineered**, 13(7–12), 15013–15032. 2022. <https://doi.org/10.1080/21655979.2023.2177369>
- AL NUAIMI, E., AL NEYADI, H., MOHAMED, N., & AL-JAROODI, J. Applications of big data to smart cities. **Journal of Internet Services and Applications**, 6(1), 1–15. 2015. <https://doi.org/10.1186/s13174-015-0041-5>.
- AL RIDHAWI, I., ALOQAILY, M., KANTARCI, B., JARARWEH, Y., & MOUFTAH, H. T. A continuous diversified vehicular cloud service availability framework for smart cities. **Computer Networks**, 145, 207–218. 2018. <<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.08.023>>
- ALAM, T. Cloud-based iot applications and their roles in smart cities. **Smart Cities**, 4(3), 1196–1219. 2021. <https://doi.org/10.3390/smartcities4030064>
- ALLAM, Z., & DHUNNY, Z. A. On big data, artificial intelligence and smart cities. **Smart Cities**, 89(December 2018), 80–91. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.032>

ALLAM, Z., & NEWMAN, P. Redefining the smart city: Culture, metabolism and governance. **SMART CITIES**, 1(1), 4–25. 2018. <https://doi.org/10.3390/smartcities1010002>

ALLAM, Z., SHARIFI, A., BIBRI, S. E., JONES, D. S., & KROGSTIE, J. The Metaverse as a Virtual Form of Smart Cities: Opportunities and Challenges for Environmental, Economic, and Social Sustainability in Urban Futures. **Smart Cities**, 5(3), 771–801. 2022. <https://doi.org/10.3390/smartcities5030040>

ALROMAIHI, S., ELMEDANY, W., & BALAKRISHNA, C. Cyber security challenges of deploying IoT in smart cities for healthcare applications. **Proceedings - 2018 IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops**, W-FiCloud 2018, 140–145. 2018. <https://doi.org/10.1109/W-FICLOUD.2018.00028>

ALSAMHI, S. H., MA, O., ANSARI, M. S., & ALMALKI, F. A. Survey on collaborative smart drones and internet of things for improving smartness of smart cities. **IEEE Access**, 7, 128125–128152. 2019. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2934998>

ALSHUWAIKHAT, H. M., AINA, Y. A., & BINSÄEDAN, L. Analysis of the implementation of urban computing in smart cities: A framework for the transformation of Saudi cities. **Heliyon**, 8(10), e11138. 2022. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E11138>

AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. **Manual de Publicação da American Psychological Association**. (4^a ed.). Porto Alegre: Artmed. 2001.

ANAGNOSTOPOULOS, T., ZASLAVSKY, A., KOLOMVATSOS, K., MEDVEDEV, A., AMIRIAN, P., MORLEY, J., & HADJIEFTYMIADES, S. Challenges and Opportunities of Waste Management in IoT-Enabled Smart Cities: A Survey. **IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE COMPUTING**, 2(3), 275–289. 2017. <https://doi.org/10.1109/TSUSC.2017.2691049>

ANGELIDOU, M. Smart cities: A conjuncture of four forces. **Cities**, 47, 95–106. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.004>

ANGELIDOU, M., PSALTOGLOU, A., KOMNINOS, N., KAKDERI, C., TSARCHOPOULOS, P., & PANORI, A. Enhancing sustainable urban development through smart city applications. **Journal of Science and Technology Policy Management**, 9(2), 146–169. 2018. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-05-2017-0016>

ANTELMAN, K. Do Open-Access Articles Have a Greater Research Impact? **College & Research Libraries**, 65(5), 372–382. 2004. <https://doi.org/10.5860/CRL.65.5.372>

APPIO, F. P., LIMA, M., & PAROUTIS, S. Understanding Smart Cities: Innovation ecosystems, technological advancements, and societal challenges. **Technological Forecasting and Social Change**, 142, 1–14. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.12.018>

AQUILANI, B., SILVESTRI, C., IOPPOLO, G., & RUGGIERI, A. The challenging transition to bio-economies: Towards a new framework integrating corporate sustainability and value co-creation. **Journal of Cleaner Production**, 172, 4001–4009. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.03.153>

ARAUJO, D. R. R., DE OLIVEIRA, J. D., SELVA, V. F., SILVA, M. M., & SANTOS, S. M. Generation of domestic waste electrical and electronic equipment on Fernando de Noronha Island: qualitative and quantitative aspects. **Environmental Science and Pollution Research**, 24(24), 19703–19713. 2017. <https://doi.org/10.1007/S11356-017-9648-3/TABLES/11>

ARIA, M., & CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, 11(4), 959–975. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

ARTYUSHINA, A. Is civic data governance the key to democratic smart cities? The role of the urban data trust in Sidewalk Toronto. **Telematics and Informatics**, 55(June), 101456. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101456>

ARYA, S., & KUMAR, S. E-waste in India at a glance: Current trends, regulations, challenges and management strategies. **Journal of Cleaner Production**, 271, 122707. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122707>

AYVAZ, B., BOLAT, B., & AYDIN, N. Stochastic reverse logistics network design for waste of electrical and electronic equipment. **Resources, Conservation and Recycling**, 104, 391–404. 2015. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2015.07.006>

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **Novo estudo do BID apresenta 50 exemplos de soluções inteligentes adotadas por cidades no Brasil e no mundo**. Washington, D.C., 2016. Disponível em: <https://www.iadb.org/pt/noticias/comunicados-de-imprensa/2016-08-01/50-solucoesinteligentes-para-cidades%2C11529.html>. Acesso em: 27 jul. 2023.

BARBA-SÁNCHEZ, V., ARIAS-ANTÚNEZ, E., & OROZCO-BARBOSA, L. Smart cities as a source for entrepreneurial opportunities: Evidence for Spain. **Technological Forecasting and Social Change**, 148. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119713>

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. ed. atual. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2007.

BASMACI, A., AKARSU, C., & SIVRI, N. Heavy metals: bibliometric mapping, environmental risk assessment, policies and future needs. **International Journal of Environmental Science and Technology**, 20(5), 5715–5732. 2023. <https://doi.org/10.1007/S13762-022-04544-7>

BATTY, M., AXHAUSEN, K. W., GIANNOTTI, F., POZDNOUKHOV, A., BAZZANI, A., WACHOWICZ, M., OUZOUNIS, G., & PORTUGALI, Y. Smart cities of the future.

European Physical Journal-Special Topics, 214(1), 481–518. 2012.
<https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>

BENITES, A. J., & SIMÕES, A. F. Assessing the urban sustainable development strategy: An application of a smart city services sustainability taxonomy. **Ecological Indicators**, 127, 107734. 2021. <<https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2021.107734>>

BIBRI, S. E., E KROGSTIE, J. The core enabling technologies of big data analytics and context - aware computing for smart sustainable cities : a review and synthesis. **Journal of Big Data**. 2017. <https://doi.org/10.1186/s40537-017-0091-6>.

BIBRI, S. E., E KROGSTIE, J. Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. **Sustainable Cities and Society**, 31, 183–212. 2017. <<https://doi.org/10.1016/J.SCS.2017.02.016>>

BLASI, S., GANZAROLI, A., E DE NONI, I. Smartening sustainable development in cities: Strengthening the theoretical linkage between smart cities and SDGs. **Sustainable Cities and Society**, 80, 103793. 2022.
 <<https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.103793>>.

BLOMSMA, F., & BRENNAN, G. The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. **Journal of Industrial Ecology**, 21(3), 603–614. 2017. <https://doi.org/10.1111/JIEC.12603>

BORBA, D. M. **Comportamento pós-compra de produtos eletrônicos: uma proposta avaliativa para o descarte de celulares e computadores**. Monografia (Bacharel em Administração) – Departamento de Administração, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

BÖRNER, K., CHEN, C., & BOYACK, K. W. Visualizing knowledge domains. **Annual Review of Information Science and Technology**, 37, 179–255. 2003.
<https://doi.org/10.1002/aris.1440370106>

BORNMANN, L. Towards an ideal method of measuring research performance: Some comments to the Opthof and Leydesdorff (2010) paper. **Journal of Informetrics**, 4(3), 441–443. 2010. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2010.04.004>

BRANDÃO, L.; MELLO, J. **A multi-criteria approach to the hindex**. *European Journal of Operational Research*. Volume 276, Issue 1, 1 July 2019, Pages 357-3631. July 2019, Pages 357-363.

BRASIL, 2010. **Política Nacional de Resíduos - PNRS**. Lei n. 12.305, Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2. ed., p. 73 2002.

BRASIL. Decreto-Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, Seção 1, p.20, 3 ago. 2010.

BRASIL. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2010a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento. **Study Evaluates Implementation of the Reverse Logistics of Consumer Electronics in Brazil, Industry and Trade Foreign**, 2013.

BRASIL. **Plano nacional de saneamento básico**. Brasília: Ministério das Cidades, 220 p. 2013.

BRASIL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://consultaspublicas.mma.gov.br/planares/wp-content/uploads/2020/07/Plano-Nacional-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Consulta-P%C3%BAblica.pdf> >. Acesso em: 09 Out. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº. 12.305 –Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 30 Nov. 2023.

BRENT, A. C. Renewable energy for sustainable development. **Sustainability** (Switzerland), 13(12). 2021. <https://doi.org/10.3390/su13126920>
BRINDHADEVI, K., BARCELÓ, D., LAN CHI, N. T., & RENE, E. R. E-waste management, treatment options and the impact of heavy metal extraction from e-waste on human health: Scenario in Vietnam and other countries. **Environmental Research**, 217, 114926. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2022.114926>

BSI. **Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations: guide**. The British Standards Institution. 2017. Disponível em: <<https://www.en-standard.eu/bs-8001-2017-framework-for-implementing-the-principles-of-the-circular-economy-in-organizations-guide/>> Acesso em: 24 Nov. 2023.

BUALLAY, A., EL KHOURY, R., E HAMDAN, A. Sustainability reporting in smart cities: A multidimensional performance measures. **Cities**, 119, 103397. 2021. <<https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2021.103397>>.

CAIADO N., GUARNIERI P., XAVIER L. H., CHAVES G., A characterization of the Brazilian market of reverse logistic credits (RLC) and an analogy with the existing carbon credit market. **Resources, Conservation and Recycling**, 118, p. 47–59, 2017.

CAPDEVILA, I., & ZARLENGA, M. I. Smart city or smart citizens? The Barcelona case. **Journal of Strategy and Management**, 8(3), 266–282. 2015. <https://doi.org/10.1108/JSMA-03-2015-0030>

CARAGLIU, A., DEL BO, C., E NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. **Journal of Urban Technology**, 18(2), 65–82. 2011. <<https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>>

CARUARU. **Plano de Saneamento Básico Setorial para a Limpeza Urbana e o Manejo dos Resíduos Sólidos do Município de Caruaru**. 2018.

CARVALHO, S. M. S., MARTIN, A. R., CARNEIRO, A. G., SANTOS, E. R., & BARBOSA, A. P. T. **Smart Cities: avaliação das características dos ecossistemas de inovação de duas cidades inteligentes brasileiras**. *Cadernos de Prospecção*, 13(3), 693. 2020. <https://doi.org/10.9771/cp.v13i3.32928>

CASTRO, INAE; QUEIROZ, JEFFERSON SANTOS DE; MORENO, JOÃO; PASCHOAL, RHUAN; BORGES, D. **O Descarte Do Lixo Eletrônico E Seus Impactos Ambientais**. Faculdade de Tecnologia Oswaldo Cruz. 2021.

CASTRO, B. A.; ARAÚJO, M. A. D. Gestão dos resíduos sólidos sob a ótica da Agenda 21: um estudo de caso em uma cidade nordestina. *Revista de Administração Pública*, 38(4), 2004, 561-87.

CENCI, M. P., SCARAZZATO, T., DOTTO MUNCHEN, D., DARTORA, P. C., VEIT, H. M., BERNARDES, A. M., E DIAS, P. R. Eco-Friendly Electronics A Comprehensive Review. *Wiley Online Library*, 2021. <<https://doi.org/10.1002/admt.202001263>>

CHEN, X. Machine learning approach for a circular economy with waste recycling in smart cities. *Energy Reports*, 8, 3127–3140. 2022. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2022.01.193>

CHIAVENATO, I., SAPIRO, A. **Planejamento estratégico: fundamentos e aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2009.

CHIAVENATO, I.; SAPIRO, A. **Planejamento Estratégico: fundamentos e aplicações**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2003.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 3ª ed. S. Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 2000.

CITIES, R. C. S. Ranking Connected Smart Cities. **Ranking Connected Smart Cities**. 2023. Disponível em: <https://ranking.connectedsmartcities.com.br/> Acesso em: 22 Set. 2023.

COBO, M. J., LÓPEZ-HERRERA, A. G., HERRERA-VIEDMA, E., & HERRERA, F. Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(7), 1382–1402. 2011. <https://doi.org/10.1002/ASI.21525>

COCCHIA, A. **Smart and Digital City: A Systematic Literature Review**. 2014. 13–43. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3_2.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução Normativa No 257 de 30 de Junho, 1999, 2(5), 1–179.

CONTI, M., & ORCIONI, S. Cloud-based sustainable management of electrical and electronic equipment from production to end-of-life. *International Journal of Quality*

and Reliability Management, 36(1), 98–119. 2019. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-02-2018-0055>

COOK, D. J., DUNCAN, G., SPRINT, G., & FRITZ, R. L. Using Smart City Technology to Make Healthcare Smarter. **Proceedings of the IEEE**, 106(4), 708–722. 2018. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2017.2787688>

COOK, D. J., MULROW, C. D., & HAYNES, R. B. Systematic reviews: Synthesis of best evidence for clinical decisions. **Annals of Internal Medicine**, 126(5), 376–380. 1997. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-126-5-199703010-00006>

COPANI, G., PICONE, N., COLLEDANI, M., PEPE, M., & TASORA, A. Highly evolvable e-waste recycling technologies and systems. **Factories of the Future: The Italian Flagship Initiative**, 109–128. 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94358-9_5/TABLES/1>.

CORSI, A. **Smart Sustainable Cities: caracterização e seus impactos para os objetivos do desenvolvimento sustentável**. 11(1), 1–34. 2022.

CRESWELL, J. W., & CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa-: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Penso Editora. 2021.

CROME, C., GRAF-DRASCH, V., HAWLITSCHKE, F., & ZINSBACHER, D. Circular economy is key! Designing a digital artifact to foster smarter household biowaste sorting. **Journal of Cleaner Production**, 423, 138613. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.138613>

CRONIN, P., RYAN, F., & COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. **British Journal of Nursing (Mark Allen Publishing)**, 17(1), 38–43. 2008. <https://doi.org/10.12968/BJON.2008.17.1.28059>

CUI, L., XIE, G., QU, Y. Y., GAO, L. X., & YANG, Y. Y. Security and Privacy in Smart Cities: Challenges and Opportunities. **IEEE ACCESS**, 6, 46134–46145. 2018. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2853985>

D'AMATO, D., DROSTE, N., ALLEN, B., KETTUNEN, M., LÄHTINEN, K., KORHONEN, J., LESKINEN, P., MATTHIES, B. D., & TOPPINEN, A. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. **Journal of Cleaner Production**, 168, 716–734. 2017. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.09.053>

DAI, Y., HASANEFENDIC, S., & BOSSINK, B. A systematic literature review of the smart city transformation process: the role and interaction of stakeholders and technology. **Sustainable Cities and Society**, 105112. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2023.105112>

DAVIS, J., MENGERSEN, K., BENNETT, S., & MAZEROLLE, L. Viewing systematic reviews and meta-analysis in social research through different lenses. **SpringerPlus**, 3(1), 1–9. 2014. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-511/FIGURES/2>

DE ALMEIDA, A., FONSECA, P., SCHLOMANN, B., & FEILBERG, N. Characterization of the household electricity consumption in the EU, potential energy

savings and specific policy recommendations. **Energy and Buildings**, 43(8), 1884–1894. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.027>

DE LUCA, G., & ZUCCOLOTTO, P. Dynamic time series clustering with multivariate linkage and automatic dendrogram cutting using a recursive partitioning algorithm. **Information Sciences**, 649, 119605. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.INS.2023.119605>

DEMAJOROVIC, J., AUGUSTO, E. E. F., & DE SOUZA, M. T. S. Reverse logistics of E-waste in developing countries: Challenges and prospects for the Brazilian model. **Ambiente e Sociedade**, 19(2), 117–136. 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC141545V1922016>

DE MELO CONTI, D., DE HOYOS GUEVARA, A. J., HEINRICHS, H., DA SILVA, L. F., QUARESMA, C. C., & DE SOUZA BETÉ, T. Collaborative governance towards cities sustainability transition. Urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 11, e20190046. 2019. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.E20190046>

DE OLIVEIRA, J. D., NETO, J. F. DE O., MENDONÇA SILVA, M., & SANTOS, S. M. E-Waste Mistakenly Disposed of as Recyclable Waste: A Case Study from Brazil. **Clean - Soil, Air, Water**, 48(11). 2020. <https://doi.org/10.1002/CLEN.202000115>

DE OLIVEIRA, M. S., STEFFEN, V., & TROJAN, F. A systematic review of the literature on video assistant referees in soccer: Challenges and opportunities in sports analytics. **Decision Analytics Journal**, 7, 100232. 2023. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100232>

DE SOUZA, H. F., MONTEIRO, G. F., BOGÁZ, L. T., FREIRE, E. N. S., PEREIRA, K. N., VIEIRA DE CARVALHO, M., GOMES DA CRUZ, A., VIANA BRANDI, I., & SETSUKO KAMIMURA, E. Bibliometric analysis of water kefir and milk kefir in probiotic foods from 2013 to 2022: A critical review of recent applications and prospects. **Food Research International**, 175, 113716. 2024. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.113716>

DEBNATH, B., DAS, A., CHOWDARY, P. A., & BHATTACHARYYA, S. Technological Advancement in E-waste Management: Towards Smart, Sustainable, and Intelligent Systems. **CRC Press**. 2023.

DENYER, D., & TRANFIELD, D. Producing a Systematic Review. **In The SAGE Handbook of Organizational Research Methods** (pp. 671–689). 2009.

DESHMUKH, S.; GUPTA, R.; AGRAWAL, V.S. Improving the Solid Waste Management by Developing the Peoples Perception – a Case Study. **International Waste Management Biennial Congress & Exhibition**. 2002.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources**. Weinheim: WILEYVCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

DIABAT, A., KANNAN, D., KALIYAN, M., & SVETINOVIC, D. An optimization model for product returns using genetic algorithms and artificial immune system.

Resources, Conservation and Recycling, 74, 156–169. 2013.
<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2012.12.010>

DIAS, P., PALOMERO, J., CENCI, M. P., SCARAZZATO, T., & BERNARDES, A. M. Electronic waste in Brazil: Generation, collection, recycling and the covid pandemic. **Cleaner Waste Systems**, 3, 100022. 2022.
<https://doi.org/10.1016/J.CLWAS.2022.100022>

DIEKS, D., & CHANG, H. **Differences in Impact of Scientific Publications: Some Indices Derived from a Citation Analysis**. 247–267. 1976.
<https://doi.org/10.1177/030631277600600204>

DU, R., SANTI, P., XIAO, M., VASILAKOS, A. V, & FISCHIONE, C. The Sensable City: A Survey on the Deployment and Management for Smart City Monitoring. **IEEE Communications Surveys and Tutorials**, 21(2), 1533–1560. 2019.
<https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2881008>.

ECHEGARAY, F., E HANSSTEIN, F. V. Assessing the intention-behavior gap in electronic waste recycling: the case of Brazil. **Journal of Cleaner Production**, 142, 180–190. 2017. <<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.05.064>>

ELETRON, G. Os impactos do lixo eletrônico no planeta. **WEEE**. 2019. Disponível em: <<https://greeneletron.org.br/blog/os-impactos-do-lixo-eletronico-no-planeta/>> Acesso em: 22 Set. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - EMF. Completing the picture: How the circular economy tackles climate change. **Ellen MacArthur Foundation**. 2019. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture> Acesso em: 16 Set. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - EMF. The circular economy in detail. **Ellen Macarthur Foundation**. 2021. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/the-circular-economy-in-detail-deep-dive> Acesso em: 16 Set. 2023.

ELMAGHRABY, A. S., & LOSAVIO, M. M. Cyber security challenges in Smart Cities: Safety, security and privacy. **Journal of Advanced Research**, 5(4), 491–497. 2014.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.02.006>.

ENSSLIN, L., DUTRA, A., ENSSLIN, S. R., CHAVES, L. C., & DEZEM, V. Research Process for Selecting a Theoretical Framework and Bibliometric Analysis of a Theme: Illustration for the Management of Customer Service in a Bank. **Modern Economy**, 06(06), 782–796. 2015. <https://doi.org/10.4236/ME.2015.66074>

EUROPEAN COMISSION. **What is Smart City**. 2019. Disponível em: https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en Acesso em: 15 Out. 2023.
EUROPEAN Smart cities 3.0. Smart cities, 2014. Disponível em: <http://www.smartcities.eu/?cid=01&ver=3>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FAHIMNIA, B., TANG, C. S., DAVARZANI, H., & SARKIS, J. Quantitative models for managing supply chain risks: A review. **European Journal of Operational Research**, 247(1), 1–15. 2015. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2015.04.034>

FLACH, K. A., SOARES, A. DE M., FLACH, K. A., FLACH, C. L., & SANTOS, C. L. DOS. **Geração, impacto e gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma ameaça emergente ao meio ambiente**. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 1–5. 2020.

FORTI, V., BALDÉ, C. P., KUEHR, R., & BEL, G. **The Global E-waste Monitor 2020. In Quantities, flows, and the circular economy potential (Issue July)**. 2020. Disponível em: <http://ewastemonitor.info/> Acesso: 15 Out. 2023.

FRANZ, N. M., & DA SILVA, C. L. Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): global and contemporary challenge to production chains and the urban environment. **Gestao e Producao**, 29, 1–19. <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2022v29e6621>. 2022.

FU, J., ZHONG, J., CHEN, D., & LIU, Q. Urban environmental governance, government intervention, and optimal strategies: A perspective on electronic waste management in China. **Resources, Conservation and Recycling**, 154(May 2019), 104547. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104547>

GAJDZIK, B. ZENA, GRABOWSKA, S., SANIUK, S., & WIECZOREK, T. Sustainable development and industry 4.0: A bibliometric analysis identifying key scientific problems of the sustainable industry 4.0. **Energies**, 13(6). 2020. <https://doi.org/10.3390/EN13164254>

GANGULY, S. **E-Waste, Generation, Disposal and Its Associated Environmental Impact: A Review**. Ind. J. Sci. Res. and Tech. ISSN:-2321-9262 (Online), 2(5), 5–6. 2014.

GEISSDOERFER, M., SAVAGET, P., BOCKEN, N. M. P., & HULTINK, E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, 143, 757–768. 2017. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.12.048>

GENARI, D., COSTA, L. F. DA, SAVARIS, T. P., & MACKE, J. Smart Cities e o desenvolvimento sustentável: revisão e perspectivas de pesquisas futuras | Genari | Revista de Ciências da Administração. **Revista de Ciências Da Administração**, 69–85. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/2175-8077.2018v20n51p69/pdf>>. Acesso em: 10 Set. 2023.

GHISOLFI, V., DINIZ CHAVES, G. DE L., RIBEIRO SIMAN, R., & XAVIER, L. H. System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers. **Waste Management**, 60, 14–31. 2017. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2016.12.018>

GIL-GARCIA, J. R., PARDO, T. A., & NAM, T. A Comprehensive View of the 21st Century City: Smartness as Technologies and Innovation in Urban Contexts. **Public**

Administration and Information Technology, 11, 1–19. 2016.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-17620-8_1

GOMES, C. F., OTTONI, M., & XAVIER, L. H. Traditional mining and urban mining: Aspects of e-waste management in Brazil. **5Th Symposium on Urban Mining and Circular Economy**, May, 18–21. 2020. Disponível em:
[https://www.cetem.gov.br/antigo/images/reminare/SUM_2020_Traditional mining and urban mining aspects of e-waste management in Brazil.pdf](https://www.cetem.gov.br/antigo/images/reminare/SUM_2020_Traditional_mining_and_urban_mining_aspects_of_e-waste_management_in_Brazil.pdf) Acesso em: 10 Set. 2023.

GOMES, F. M., AGUIAR, A. de O., & CAMPOS, V. N. de O. **Songdo: Inteligente e Sustentável? Críticas e perspectivas**. 1º Simpósio Brasileiro On Line de Gestão Urbana. (2017). Disponível em:
<https://www.amigosdanatureza.org.br/eventos/data/inscricoes/1793/form9776406.pdf>
 >. Acesso em: 31 de Out. 2023.

GOV.BR. **Coleta de Lixo Eletrônico**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2020/01/brasil-vai-aumentar-pontos-de-coleta-de-lixo-eletronico>. Acesso em: 27 Out. 2023.

GOYAL, S., CHAUHAN, S., & MISHRA, P. Circular economy research: A bibliometric analysis (2000–2019) and future research insights. **Journal of Cleaner Production**, 287, 125011. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125011>

GRAVAGNUOLO, A., ANGRISANO, M., & GIRARD, L. F. Circular Economy Strategies in Eight Historic Port Cities: Criteria and Indicators Towards a Circular City Assessment Framework. **Sustainability** 2019, Vol. 11, Page 3512, 11(13), 3512. 2019. <https://doi.org/10.3390/SU11133512>

GREEN ELETRON. **ELETRÔNICOS NO BRASIL - 2021** Sumário. GREEN ELETRON.

GOEL, R. K., YADAV, C. S., E VISHNOI, S. Self-sustainable smart cities: Socio-spatial society using participative bottom-up and cognitive top-down approach. **Cities**, 118, 103370. 2021. <<https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2021.103370>>

GROUP., W. B. C. FOR S. D. T. B. C. **The New Big Circle—Achieving Growth and Business Model Innovation through Circular Economy Implementation**. The Boston Consulting Group. 2018. Disponível em:
 <https://www.exed.hbs.edu/unlocking-growth-climate-change-innovation/?utm_source=google&utm_medium=paid-search&utm_campaign=non-brand-program-clmt-global-none-combo-cross-device-south-america&utm_id=core&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAx_GqBhBQEiwAIDNAZtrhj-Y8A>. Acesso em: 10 Set. 2023.

GU, W., WANG, C., DAI, S., WEI, L., & CHIANG, I. R. Optimal strategies for reverse logistics network construction: A multi-criteria decision method for Chinese iron and steel industry. **Resources Policy**, 74, 101353. 2021.
<https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2019.02.008>

- GU, Y., WU, Y., XU, M., WANG, H., & ZUO, T. The stability and profitability of the informal WEEE collector in developing countries: A case study of China. **Resources, Conservation and Recycling**, 107, 18–26. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.12.004>
- GUARNIERI, P., E SILVA, L. C., & LEVINO, N. A. Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, 133, 1105–1117. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.025>
- GUEDES, A. L. A., ALVARENGA, J. C., GOULART, M. D. S., RODRIGUEZ, M., & SOARES, C. A. P. Smart Cities: The Main Drivers for Increasing the Intelligence of Cities. **SUSTAINABILITY**, 10(9). 2018. <https://doi.org/10.3390/su10093121>
- GUEDES, V. L. S., & BORSCHIVER, S. Bibliometria: Uma Ferramenta Estatística Para a Gestão da Informação e do Conhecimento, Em Sistemas De Informação, de Comunicação E de Cinform. **Encontro Nacional de Ciência Da Informação**, 1–18. 2005. Disponível em: <http://dici.ibict.br/archive/00000508/01/VaniaLSGuedes.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2023.
- GÜNALAN, E., CEBIOĞLU, İ. K., & ÇONAK, Ö. The Popularity of the Biologically-Based Therapies During Coronavirus Pandemic Among the Google Users in the USA, UK, Germany, Italy and France. **Complementary Therapies in Medicine**, 58, 102682. 2021. <https://doi.org/10.1016/J.CTIM.2021.102682>
- HABIBZADEH, H., NUSSBAUM, B. H., ANJOMSHOA, F., KANTARCI, B., & SOYATA, T. A survey on cybersecurity, data privacy, and policy issues in cyber-physical system deployments in smart cities. 2019. **Sustainable Cities and Society**, 50, 101660. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101660>
- HAJDUK, S. THE CONCEPT OF A SMART CITY IN URBAN MANAGEMENT. **Business, Management and Education**, 14(1), 34–49. 2016. <https://doi.org/10.3846/BME.2016.319>
- HAN, H., & HAWKEN, S. Introduction: Innovation and identity in next-generation smart cities. **City, Culture and Society**, 1–0. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2017.12.003>
- HARRISON, C., & DONNELLY, I. A. A Theory of Smart Cities. **Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS**. 2011, Hull, UK. Disponível em: <https://journals.iss.org/index.php/proceedings55th/article/view/1703>. Acesso em: 10 Set. 2023.
- HART, J., ADAMS, K., GIESEKAM, J., TINGLEY, D. D., & POMPONI, F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. **Procedia CIRP**, 80, 619–624. 2019. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2018.12.015>
- HOLLANDS, R. G. Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial? **City**, 12(3), 303–320. 2008. <https://doi.org/10.1080/13604810802479126>

HOMRICH, A. S., GALVÃO, G., ABADIA, L. G., & CARVALHO, M. M. The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. **Journal of Cleaner Production**, 175, 525–543. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.11.064>

HUANG, K., GUO, J., & XU, Z. Recycling of waste printed circuit boards: A review of current technologies and treatment status in China. **Journal of Hazardous Materials**, 164(2–3), 399–408. 2009. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2008.08.051>

IJEMARU, G. K., ANG, L. M., & SENG, K. P. Transformation from IoT to IoV for waste management in smart cities. **Journal of Network and Computer Applications**, 204, 103393. 2022. <https://doi.org/10.1016/J.JNCA.2022.103393>

ILANKOON, I. M. S. K., GHORBANI, Y., CHONG, M. N., HERATH, G., MOYO, T., & PETERSEN, J. E-waste in the international context – A review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery. **Waste Management**, 82, 258–275. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.10.018>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores em 2011**. IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

JACH, T., MAGIERA, E., & FROELICH, W. Application of Hadoop to store and process big data gathered from an urban water distribution system. **Procedia Engineering**, 119(1), 1375–1380. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.988>

JAIN, M., KUMAR, D., CHAUDHARY, J., KUMAR, S., SHARMA, S., & SINGH VERMA, A. Review on E-waste management and its impact on the environment and society. **Waste Management Bulletin**, 1(3), 34–44. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.WMB.2023.06.004>

JANG, Y. C., & KIM, M. Management of used & end-of-life mobile phones in Korea: A review. **Resources, Conservation and Recycling**, 55(1), 11–19. 2010. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2010.07.003>.

JATINDRA, P. K., & SUD, K. **E-Waste Management : A Case Study of Bangalore, India**. 1(2), 111–115. 2009.

JAVED, A. R., SHAHZAD, F., REHMAN, S. UR, ZIKRIA, Y. BIN, RAZZAK, I., JALIL, Z., & XU, G. Future smart cities: requirements, emerging technologies, applications, challenges, and future aspects. **Cities**, 129, 103794. 2022. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2022.103794>

JENNINGS, P., & LUND, C. Renewable energy education for sustainable development. **Renewable Energy**, 22(1–3), 113–118. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00028-8)

JOÃO, B. D. N., SOUZA, C. L. DE, & SERRALVO, F. A. Revisão sistemática de cidades inteligentes e internet das coisas como tópico de pesquisa. **Cadernos EBAPE.BR**, 17(4), 1115–1130. 2019. <https://doi.org/10.1590/1679-395174442>.

JORGE, R., & MACHADO, P. **Gestão de Participações Sociais numa Instituição de Ensino Superior**. 2008.

JOHNSON, G.; SCHOLLES, K.; WHITTINGTON, R. **Explorando a Estratégia Corporativa**. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

KANG, K. D., KANG, H., ILANKOON, I. M. S. K., & CHONG, C. Y. Electronic waste collection systems using Internet of Things (IoT): Household electronic waste management in Malaysia. **Journal of Cleaner Production**, 252, 119801. 2020. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.119801>

KARIM, M. R., COCHEZ, M., ZAPPA, A., SAHAY, R., REBHOLZ-SCHUHMANN, D., BEYAN, O., & DECKER, S Convolutional Embedded Networks for Population Scale Clustering and Bio-Ancestry Inferencing. **IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics**, 19(1), 369–382. 2022. <https://doi.org/10.1109/TCBB.2020.2994649>

KATIA, A., & BERTOL, E. **Revisões Sistemáticas de Literatura em Smart Cities Lacunas e Lições aprendidas**. August. 2022.

KHAIRI, S. S. M., BAKAR, M. A. A., ALIAS, M. A., BAKAR, S. A., LIONG, C. Y., ROSLI, N., & FARID, M. Deep Learning on Histopathology Images for Breast Cancer Classification: A Bibliometric Analysis. **Healthcare (Basel, Switzerland)**, 10(1). 2021. <https://doi.org/10.3390/HEALTHCARE10010010>

KHATOON, B. Y. R., & ZEADALLY, S. **Smart Cities: Concepts. Communications of the ACM**, 59, 46–57. 2016.

KILIC, H. S., CEBECI, U., & AYHAN, M. B. Reverse logistics system design for the waste of electrical and electronic equipment (WEEE) in Turkey. **Resources, Conservation and Recycling**, 95, 120–132. 2015. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2014.12.010>

KIM, J., LEE, J. M., & KANG, J. Smart cities and disaster risk reduction in South Korea by 2022: The case of Daegu. **Heliyon**, 9(8), e18794. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E18794>

KIRCHHERR, J., PISCICELLI, L., BOUR, R., KOSTENSE-SMIT, E., MULLER, J., HUIBRECHTSE-TRUIJENS, A., & HEKKERT, M. Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). **Ecological Economics**, 150, 264–272. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2018.04.028>

KIRCHHERR, J., REIKE, D., & HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, 127, 221–232. 2017. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.09.005>

- KITCHIN, R., & DODGE, M. The (In)Security of Smart Cities: Vulnerabilities, Risks, Mitigation, and Prevention. **Journal of Urban Technology**, 26(2), 47–65. 2019. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1408002>
- KOCA, G., EGILMEZ, O., & AKCAKAYA, O. Evaluation of the smart city: Applying the dematel technique. **Telematics and Informatics**, 62, 101625. 2021. <https://doi.org/10.1016/J.TELE.2021.101625>
- KOMNINOS, N., KAKDERI, C., PANORI, A., & TSARCHOPOULOS, P. Smart City Planning from an Evolutionary Perspective. **Journal of Urban Technology**, 26(2), 3–20. 2019. <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1485368>
- KORHONEN, J., HONKASALO, A., & SEPPÄLÄ, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, 143, 37–46. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2017.06.041>
- KONDEPUDI, Sekhar; KONDEPUDI, Ramita. What Constitutes a Smart City?. In: FERRERO, Francesco; VESCO, Andrea (eds.). **Handbook of Research on Social, Economic, and Environmental Sustainability in the Development of Smart Cities**. Pensilvânia: Information Science Reference, 2015. p. 1-25.
- KUMAR, A., SHANKAR YADAV, U., PRAKASH YADAV, G., & TRIPATHI, R. (2023). New sustainable ideas for materialistic solutions of smart city in India: A review from allahabad city. **Materials Today: Proceedings**. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.08.057>
- KUMAR, H., SINGH, M. K., GUPTA, M. P., & MADAN, J. Moving towards smart cities: Solutions that lead to the Smart City Transformation Framework. **TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE**, 153. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.04.024>
- KUTTY, A. A., KUCUKVAR, M., ABDELLA, G. M., BULAK, M. E., E ONAT, N. C. Sustainability Performance of European Smart Cities: A Novel DEA Approach with Double Frontiers. **Sustainable Cities and Society**, 81, 103777. 2022. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.103777>.
- KYLILI, A., AFXENTIOU, N., GEORGIU, L., PANTELI, C., MORSINK-GEORGALLI, P.-Z., PANAYIDOU, A., PAPOUIS, C., & FOKAIDES, P. A. The role of Remote Working in smart cities: lessons learnt from COVID-19 pandemic. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects**. 2020. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1831108>
- LARA, A. P., DA COSTA, E. M., FURLANI, T. Z., & YIGITCANLAR, T. Smartness that matters: towards a comprehensive and human-centred characterisation of smart cities. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, 2(2), 1–13. 2016. <https://doi.org/10.1186/S40852-016-0034-Z>
- LEE, A., & BOUD, D. Writing Groups, Change and Academic Identity: Research development as local practice. **Studies in Higher Education**, 28(2), 187–200. 2003. <https://doi.org/10.1080/0307507032000058109>

LEITE, P. R. **Desafios da logística reversa de pós-consumo no Brasil**. 2013.

Disponível em:

<http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1943>. Acesso em: 30 Nov. 2023.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade**. 2ª ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2009.

LEMILLE, A. Optimizing Circular Value. **Circular Economy Lead**, 1–6. 2017.

Disponível em:

<https://bioproductscentre.com/?f=%0A125429863320981634.pdf&n=01.+Alex+Lemille+-+WizelImpact.pdf&inline=yes>. Acesso em: 10 Set. 2023.

LI, B., LU, Y., LI, J., JIANG, H., & WANG, Y. Exploring the spatial-temporal variations and policy-based driving force behind groundwater contamination and remediation research in past decades. **Environmental Science and Pollution Research**, 28(11), 13188–13201. 2021. <https://doi.org/10.1007/S11356-020-11382-Y>

LIN, C. HSU, WEN, L., E TSAI, Y. MI. Applying decision-making tools to national e-waste recycling policy: An example of Analytic Hierarchy Process. **Waste Management**, 30(5), 863–869. 2010.

<<https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2009.11.012>>

LI, X., FONG, P. S. W., DAI, S., & LI, Y. Towards sustainable smart cities: An empirical comparative assessment and development pattern optimization in China. **Journal of Cleaner Production**, 215, 730–743. 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.046>

LI, X., KANG, X., ZOU, J., YIN, J., WANG, Y., LI, A., & MA, X. Allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi promote *Salix viminalis* L.–mediated phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons characterized by increasing the release of organic acids and enzymes in soils. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 249. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2022.114461>

LIANG, H., ZHANG, W., CHEN, Z., & CHEN, X. Visualizing a Field of Research for the Coronavirus Replication in Humans with Knowledge Mapping: Evidence from Web of Science. **Interdisciplinary Sciences – Computational Life Sciences**, 14(2), 471–484. 2022. <https://doi.org/10.1007/S12539-022-00504-4/TABLES/2>

LIEDER, M., & RASHID, A. Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production**, 115, 36–51. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>

MACADAR, M. A., PORTO, J. B., & LUCIANO, E. Smart City: a rigorous literature review of the concept from 2000 to 2015. In *Innovation and the Public Sector* (Vol. 21). **Joint Proceedings of Ongoing Research**. 2016..

MANOMAIVIBOOL, P., & HONG, J. H. Two decades, three WEEE systems: How far did EPR evolve in Korea’s resource circulation policy? **Resources, Conservation**

and Recycling, 83, 202–212. 2014.

<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2013.10.011>

MARQUES, M., & RABELO, PAULA MALBURG REBELO; TEIXEIRA, ANA RAFAELA; JUNIOR, OVIDIO FELIPPE PEREIRA DA SILVA; REGIS, C. R. **ON OU OFF: QUALIDADE DE VIDA NAS SMART CITIES**. ENEGEP, 1–9. 2019.

MEHMOOD, Y., AHMAD, F., YAQOOB, I., ADNANE, A., IMRAN, M., & GUIZANI, S. Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. **IEEE Communications Magazine**, 55(9), 16–24. 2017.

<https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600514>

MEIJER, A., & BOLÍVAR, M. P. R. Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance. **International Review of Administrative Sciences**, 82(2), 392–408. 2016. <https://doi.org/10.1177/0020852314564308>

MELO, A. M. DE, ALMEIDA, F. L. C., CAVALCANTE, A. M. DE M., IKEDA, M., BARBI, R. C. T., COSTA, B. P., & RIBANI, R. H. Garcinia brasiliensis fruits and its by-products: Antioxidant activity, health effects and future food industry trends – A bibliometric review. **Trends in Food Science and Technology**, 112, 325–335. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.005>

MENDES, J. M. A. **REP pelo ciclo de vida dos REEE (USP-2015)**. Usp, 1–195. 2015. Disponível em:

file:///E:/USUARIO/Downloads/Dissertacao_JOAO_MUCIO_AMADO_MENDES_REE E.pdf%5Cn<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2131/tde-01122015-142705/pt-br.php>. Acesso em: 10 Set. 2023.

MENDES, T. C. M. Smart Cities: Solução Para As Cidades Ou Aprofundamento Das Desigualdades Sociais? **TD Observatório Das Metrôpoles**, 11, 23. 2020. Disponível em: <https://www.observatoriodasmetrolopes.net.br/smart-cities-solucao-para-as-cidades-ou-aprofundamento-das-desigualdades-sociais-texto-para-discussao/?utm_source=Boletim&utm_medium=E-mail&utm_campaign=616&utm_content=Smart+Cities%3A+solução+para+as+cidades+o>. Acesso em: 12 Set. 2023.

MERLI, R., PREZIOSI, M., & ACAMPORA, A. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, 178, 703–722. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.112>

MOHAMMAD, W. A. M., NAZIH DIAB, Y., ELOMRI, A., & TRIKI, C. Innovative solutions in last mile delivery: concepts, practices, challenges, and future directions. **Supply Chain Forum**, 24(2), 151–169. 2023.

<https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2173488>

MOHER, D., LIBERATI, A., TETZLAFF, J., & ALTMAN, D. **Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement**. *BMJ* (Online), 339(7716), 332–336. 2009. <https://doi.org/10.1136/BMJ.B2535>

- MONZONI, M., & NICOLLETTI, M. Cidades Inteligentes e Mobilidade Urbana: smart cities and urban mobility. **FGV Projetos**, October, 91–107. 2015. Disponível em: <https://fgveurope.fgv.br/sites/fgveurope.fgv.br/files/Smart-Cities-and-Urban-Mobility.pdf>. Acesso em: 16 Set. 2023.
- MOR, R. S., SANGWAN, K. S., SINGH, S., SINGH, A., & KHARUB, M. E-waste Management for Environmental Sustainability: An Exploratory Study. **Procedia CIRP**, 98(March), 193–198. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.029>
- Mor, R. S., Singh, S., Bhardwaj, A., & Osama, M. Exploring the awareness level of biomedical waste management: Case of Indian healthcare. **Management Science Letters**, 7(10), 467–478. 2017. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2017.7.004>
- MORRIS, A., & METTERNICHT, G. Assessing effectiveness of WEEE management policy in Australia. **Journal of Environmental Management**, 181, 218–230. 2016. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2016.06.013>
- MOURA, J. M. B. M., GOHR PINHEIRO, I., LISCHESKI, D., & VALLE, J. A. B. Relation of Brazilian institutional users and technical assistances with electronics and their waste: What has changed? **Resources, Conservation and Recycling**, 127, 68–75. 2017. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.08.022>
- MURAD, W., & SIWAR, C. Waste management and recycling practices of the urban poor: A case study in Kuala Lumpur city, Malaysia. **Waste Management and Research**, 25(1), 3–13. 2007. <https://doi.org/10.1177/0734242X07070766>
- MURRAY, A., SKENE, K., & HAYNES, K. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of Business Ethics**, 140(3), 369–380. 2017. <https://doi.org/10.1007/S10551-015-2693-2/METRICS>
- NEIROTTI, P., DE MARCO, A., CAGLIANO, A. C., MANGANO, G., & SCORRANO, F. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. **Cities**, 38, 25–36. 2014. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2013.12.010>
- NI, Z., CHAN, H. K., & TAN, Z. Systematic literature review of reverse logistics for e-waste: overview, analysis, and future research agenda. **International Journal of Logistics Research and Applications**, 26(7), 843–871. 2023. <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1993159>
- NIŽETIĆ, S., DJILALI, N., PAPADOPOULOS, A., & RODRIGUES, J. J. P. C. Smart technologies for promotion of energy efficiency, utilization of sustainable resources and waste management. **Journal of Cleaner Production**, 231, 565–591. 2019. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.397>
- NOWAKOWSKI, P. A novel, cost efficient identification method for disassembly planning of waste electrical and electronic equipment. **Journal of Cleaner Production**, 172, 2695–2707. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.11.142>
- OLIVEIRA, U. R. **Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos e a sustentabilidade ambiental**. 1ª ed. São Paulo: Saraiva Publique-se, 2016.

OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento Estratégico: Conceitos, Metodologias e Práticas**. 23^a. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

OBRINGER, R., & NATEGHI, R. What makes a city 'smart' in the Anthropocene? A critical review of smart cities under climate change. **Sustainable Cities and Society**, 75, 103278. 2021. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2021.103278>

ØSTERGAARD, P. A., DUIC, N., NOOROLLAHI, Y., & KALOGIROU, S. Renewable energy for sustainable development. **Renewable Energy**, 199, 1145–1152. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.065>

ONU. **Global waste monitor**. 2020. Disponível em: <https://www.itu.int/es/mediacentre/Pages/pr10-2020-global-ewaste-monitor.aspx>. Acesso em: 27 set. 2023.

PAGANI, R. N., KOVALESKI, J. L., & DE RESENDE, L. M. M. Advances in the composition of methodi ordinatio for systematic literature review. In **Ciencia da Informacao** (Vol. 46, Issue 2, pp. 161–187). 2017. <https://doi.org/10.18225/ci.inf..v47i1.1886>

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. **Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication**. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109-2135, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11192-015-1744-x>>. Acesso em: 16 Set. 2023.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. **Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura**. *Revista Ciência da Informação*, v. 46, n. 2, 2018, p. 161-187.

PAN, X., WONG, C. W. Y., & LI, C. Circular economy practices in the waste electrical and electronic equipment (WEEE) industry: A systematic review and future research agendas. **Journal of Cleaner Production**, 365(May). 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132671>

PANAHI RIZI, M. H., & HOSSEINI SENO, S. A. A systematic review of technologies and solutions to improve security and privacy protection of citizens in the smart city. **Internet of Things (Netherlands)**, 20(August), 100584. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100584>

PAPA, R., GALDERISI, A., VIGO MAJELLO, M. C., & SARETTA, E. Smart and Resilient Cities. A Systemic Approach for Developing Cross-sectoral Strategies in the Face of Climate Change. **Journal of Land Use, Mobility and Environment**, 8, 19–49. 2015. <https://doi.org/10.6092/1970-9870/2883>

PARK, J.-H., SALIM, M. M., JO, J. H., SICATO, J. C. S., RATHORE, S., & PARK, J. H. CloT-Net: a scalable cognitive IoT based smart city network architecture. **Human-**

Centric Computing and Information Sciences, 9(1). 2019.
<https://doi.org/10.1186/s13673-019-0190-9>

PATWA, N., SIVARAJAH, U., SEETHARAMAN, A., SARKAR, S., MAITI, K., & HINGORANI, K. Towards a circular economy: An emerging economies context. **Journal of Business Research**, 122, 725–735. 2021.
<https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2020.05.015>

PAULIUK, S. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. **Resources, Conservation and Recycling**, 129, 81–92. 2018.
<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.10.019>

PEREIRA, C. D. M., MUNIZ, C. R., & ALVES, A. M. **Cidades Inteligentes Sustentáveis no Brasil Uma metodologia para avaliação e diagnóstico de nível de maturidade de cidades**. 2022. Disponível em: <https://www1.cti.gov.br/pt-br/livros>. Acesso em: 10 Out. 2023.

PEREIRA, M., & SILVEIRA, M. A. A Necessidade De Adaptação Às Regulações Ambientais Da Política Nacional De Resíduos Sólidos: Do Fabricante Ao Consumidor Organizacional No Setor De Equipamentos Eletromédicos. **Review of Administration and Innovation - RAI**, 11(4), 88. 2015.
<https://doi.org/10.11606/rai.v11i4.100274>

PERSHAANAA, M., BASHIR, S., KUMAR, S. S. A., RAMESH, S., & RAMESH, K. Keystones of green smart city—framework, e-waste, and their impact on the environment—a review. **Ionics**. 2023 <https://doi.org/10.1007/s11581-023-05349-5>

PESSOA, K. R. F., SIMÕES, A. D. S., SILVA, P. T. R. DA, MELO, C. M. D. L., & MOURAO, P. L. D. L. **Potencialidades do uso de tecnologia Smart Cities no âmbito dos transportes públicos na cidade de Teresina-PI**. 2019.
https://doi.org/10.14488/enegep2019_tn_sto_291_1642_38203

PETTICREW, M., & ROBERTS, H. Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide. **Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide**, 1–336. 2008. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>

POKHAREL, S., & MUTHA, A. Perspectives in reverse logistics: A review. **Resources, Conservation and Recycling**, 53(4), 175–182. 2009.
<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2008.11.006>

POLETO, T., NEPOMUCENO, T. C. C., DE CARVALHO, V. D. H., FRIAES, L. C. B. DE O., DE OLIVEIRA, R. C. P., & FIGUEIREDO, C. J. J. (2023). Information Security Applications in Smart Cities: A Bibliometric Analysis of Emerging Research. **Preprints**, 1–36. 2023. <http://dx.doi.org/10.20944/preprints202310.1280.v1>

PNUD. Programa das Nações Unidas Para O Desenvolvimento. Transformando Nosso Mundo: **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/Docs/Agenda2030completo_PtBR.pdf>. Acesso em: 22 Set. 2023

- PRAHARAJ, S., HAN, J. H., & HAWKEN, S. Urban innovation through policy integration: Critical perspectives from 100 smart cities mission in India. **City, Culture and Society**, 12, 35–43. 2018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ccs.2017.06.004>
- PRAMANIK, A., SARKAR, S., MAITI, J., & MITRA, P. RT-GSOM: Rough tolerance growing self-organizing map. **Information Sciences**, 566, 19–37. 2021. <https://doi.org/10.1016/J.INS.2021.01.039>
- PRAMANIK, M. I., LAU, R. Y. K., DEMIRKAN, H., & AZAD, M. A. K. Smart health: Big data enabled health paradigm within smart cities. **Expert Systems with Applications**, 87, 370–383. 2017. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.06.027>
- PRASAD, D., & ALIZADEH, T. What Makes Indian Cities Smart? A Policy Analysis of Smart Cities Mission. **Telematics and Informatics**, 55, 101466. 2020. <https://doi.org/10.1016/J.TELE.2020.101466>
- PRZEYBILOVICZ, E., & CUNHA, M. A. **Governando Iniciativas de Cidade Inteligente: Compreendendo a Formação de Arranjos de Governança**. XLIII Encontro Da ANPAD. 2019.
- QUIJANO-SÁNCHEZ, L., CANTADOR, I., CORTÉS-CEDIEL, M. E., & GIL, O. Recommender systems for smart cities. **Information Systems**, 92, 101545. 2020. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101545>
- RAJPUT, S., & SINGH, S. P. Industry 4.0 – challenges to implement circular economy. **Benchmarking**, 28(5), 1717–1739. 2019. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0430/FULL/PDF>
- RANTA, V., AARIKKA-STENROOS, L., RITALA, P., & MÄKINEN, S. J. Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, the US, and Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, 135, 70–82. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.08.017>
- RAUBENHEIMER, J. E., RIORDAN, B. C., MERRILL, J. E., WINTER, T., WARD, R. M., SCARF, D., & BUCKLEY, N. A. Hey Google! will New Zealand vote to legalise cannabis? Using Google Trends data to predict the outcome of the 2020 New Zealand cannabis referendum. **International Journal of Drug Policy**, 90, 103083. 2021. <https://doi.org/10.1016/J.DRUGPO.2020.103083>
- REZENDE, H., NUNES, J., JESUS, R. DE, RODRIGUES, C., & PEREIRA, I. **REAPROVEITAMENTO DE PRODUTOS DESCARTADOS PELAS EMPRESAS E A SOCIEDADE**. VII SIMPROD, 2015, 865–876.
- RICHNÁK, P., & GUBOVÁ, K. Green and reverse logistics in conditions of sustainable development in enterprises in Slovakia. **Sustainability (Switzerland)**, 13(2), 1–23. 2021. <<https://doi.org/10.3390/SU13020581>>.

ROA, KATIA REGINA VARELA; SILVA, GILSON; NEVES, LEONARDO BASSIUBEDA DAS; WARIGODA, MASSUKO SAWATAMA. **Pilhas e baterias: uso descartes x impactos ambientais**. Caderno do professor. GEPEQ – USP: curso de formação continuada de professores, 2010. Acesso em 30 agosto 2023.

RODRIGUES, A. C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. 2007. 301f. Dissertação (Mestrado). Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Santa Bárbara d'Oeste, SP

RODRÍGUEZ-ROJAS, A., ARANGO OSPINA, A., RODRÍGUEZ-VÉLEZ, P., & ARANA-FLOREZ, R. What is the new about food packaging material? A bibliometric review during 1996–2016. **Trends in Food Science and Technology**, 85, 252–261. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.01.016>

RUHLANDT, R. W. S. The governance of smart cities: A systematic literature review. **Cities**, 81(October 2017), 1–23. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.02.014>

SAHAJWALLA, V., & HOSSAIN, R. The science of microrecycling: a review of selective synthesis of materials from electronic waste. **Materials Today Sustainability**, 9, 100040. 2020. <https://doi.org/10.1016/J.MTSUST.2020.100040>

SAJID, M., SYED, J., IQBAL, M., ABBAS, Z., MANAGEMENT, I. Assessing the generation, recycling and disposal practices of electronic/electrical-waste (E-Waste) from major cities in Pakistan. **Elsevier**. 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X18306998?casa_token=WJu9rB1QdQAAAAA:VnKWZjvu-OLGpkBAI6wk9EZe0JyPV8NjhlXKs62IrlmFHkAEdzVHyNiQ6GgVuMWE24zUirNeNNA. Acesso em: 10 Nov. 2023.

SAKUMA, N., TRENCHER, G., YARIME, M., & ONUKI, M. A comparison of smart city research and practice in Sweden and Japan: trends and opportunities identified from a literature review and co-occurrence network analysis. **Sustainability Science** 2021 16:6, 16(6), 1777–1796. 2021. <https://doi.org/10.1007/S11625-021-01005-X>

SAMONETTO, V; CAMPOS, F. C. **Análise de aspectos estratégicos para gestão de IES privada**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), XXXIII, 2013, Salvador, BA. Anais... Salvador, BA, 2013.

SÁNCHEZ-CORCUERA, R., NUÑEZ-MARCOS, A., SESMA-SOLANCE, J., BILBAO-JAYO, A., MULERO, R., ZULAIKA, U., AZKUNE, G., & ALMEIDA, A. Smart cities survey: Technologies, application domains and challenges for the cities of the future. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, 15(6). 2019. <https://doi.org/10.1177/1550147719853984>

SANTANA, E. F. Z., CHAVES, A. P., GEROSA, M. A., KON, F., & MILOJICIC, D. S. Software platforms for smart cities: Concepts, requirements, challenges, and a unified reference architecture. **ACM Computing Surveys**, 50(6). 2017. <https://doi.org/10.1145/3124391>

SANTOS, S. M., & OGUNSEITAN, O. A. E-waste management in Brazil: Challenges and opportunities of a reverse logistics model. **Environmental Technology & Innovation**, 28, 102671. 2022. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2022.102671>

SANTOS, J. M; CAVALCANTI, F; FREITAS, H. P. F. Cidades Inteligentes A Luz da Teoria Institucional: Uma Análise Integrativa da Literatura. **XXIII ENGEMA**, 1–16. 2021.

SATHAYE, J., LUCON, O., RAHMAN, A., CHRISTENSEN, J., DENTON, F., FUJINO, J., HEATH, G., MIRZA, M., RUDNICK, H., SCHLAEPFER, A., & SHMAKIN, A. Renewable Energy in the Context of Sustainable Development. In **IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. 707–790. 2011. Disponível em: http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch09.pdf. Acesso em: 10 Nov. 2023.

SENGUPTA, D., ILANKOON, I. M. S. K., KANG, K. D., & CHONG, M. N. Circular economy and household e-waste management in India. Part II: A case study on informal e-waste collectors (Kabadiwalas) in India. **Minerals Engineering**, 200, 108154. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.MINENG.2023.108154>

SENGUPTA, N., SARODE, G., ANAND, R., & SARODE, S. C. Bibliometric analysis of highly cited papers on oral mucosal lesions in COVID-19: Trends and impact in medical literature. **Journal of Oral Biology and Craniofacial Research**, 14(1), 72–78. 2024. <https://doi.org/10.1016/J.JOBCR.2023.12.008>

SHARMA, H., KUMAR, H., & MANGLA, S. K. Enablers to computer vision technology for sustainable E-waste management. **Journal of Cleaner Production**, 412, 137396. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.137396>

SHITTU, O. S., WILLIAMS, I. D., & SHAW, P. J. Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. **Waste Management**, 120, 549–563. 2021. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2020.10.016>

SILVA, B. N., KHAN, M., & HAN, K. Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. **Sustainable Cities and Society**, 38, 697–713. 2018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053>

SINGH, A., SHARMA, J., PAICHHA, M., E CHAKRABARTI, R. Achyranthes aspera (Prickly chaff flower) leaves- and seeds-supplemented diets regulate growth, innate immunity, and oxidative stress in Aeromonas hydrophila-challenged Labeo rohita. **Journal of Applied Aquaculture**, 32(3), 250–267. 2020. <https://doi.org/10.1080/10454438.2019.1615594>.

SINIR. **Logística reversa de eletroeletrônicos. Como e onde descartar?**. 2020. Disponível em: https://sinir.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=478%3Alogistica-reversa-de-eletroeletronicos&catid=2. Acesso em: 27 set. 2023.

SÖDERSTRÖM, O., PAASCHE, T., & KLAUSER, F. **Smart cities as corporate storytelling. City: Analysis of Urban Trends**, 18. 2014. <https://doi.org/10.1080/13604813.2014.906716>

SODIQ, A., BALOCH, A. A. B., KHAN, S. A., SEZER, N., MAHMOUD, S., JAMA, M., & ABDELAAL, A. Towards modern sustainable cities: Review of sustainability principles and trends. **Journal of Cleaner Production**, 227, 972–1001. 2019. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.106>

SONG, Y., CHEN, X., HAO, T., LIU, Z., & LAN, Z. Exploring two decades of research on classroom dialogue by using bibliometric analysis. **Computers and Education**, 137(January), 12–31. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.002>

SOO, A., WANG, L., WANG, C., & SHON, H. K. Machine learning for nutrient recovery in the smart city circular economy – A review. **Process Safety and Environmental Protection**, 173, 529–557. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2023.02.065>

SU, K., ZHANG, H., LIN, L., HOU, Y., & WEN, Y. Bibliometric analysis of human–wildlife conflict: From conflict to coexistence. **Ecological Informatics**, 68, 101531. 2022. <https://doi.org/10.1016/J.ECOINF.2021.101531>

SZOPIK-DEPCZYŃSKA, K., CHEBA, K., BAŃK, I., STAJNIAK, M., SIMBOLI, A., & IOPPOLO, G. The study of relationship in a hierarchical structure of EU sustainable development indicators. **Ecological Indicators**, 90, 120–131. 2018. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2018.03.002>

TAURINO, R., POZZI, P., & ZANASI, T. Facile characterization of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) for mechanical recycling. **Waste Management** (New York, N.Y.), 30(12), 2601–2607. 2010. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2010.07.014>

TAYLOR, J. E., BENNETT, G., & MOHAMMADI, N. Engineering Smarter Cities with Smart City Digital Twins. **Journal of Management in Engineering**, 37(6), 2020–2021. 2021. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000974](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000974)

TERRA, A. V., SANTOS, M., GOMES, C. F. S., COSTA, I., & MOREIRA, M. Â. L. **Análise Bibliométrica Com O Software Bibliometrix**. 2020.

THE TORTURED POETS DEPARTMENT. Intérprete: Taylor In: THE TORTURED POETS DEPARTMENT. Intérprete: Taylor Swift. Universal Republic Records, 2020. Disponível em: <https://music.apple.com/br/album/the-tortured-poets-department/1736268193>. Acesso em: 25 mar. 2024 - Faixa2

THOMÉ, A. M. T., SCAVARDA, L. F., & SCAVARDA, A. J. Conducting systematic literature review in operations management. **Production Planning and Control**, 27(5), 408–420. 2016. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1129464>

THOMÉ, A. M. T., SCAVARDA, L. F., SCAVARDA, A., & THOMÉ, F. E. S. DE S. Similarities and contrasts of complexity, uncertainty, risks, and resilience in supply chains and temporary multi-organization projects. **International Journal of Project Management**, 34(7), 1328–1346. 2016.

<https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2015.10.012>

THUKRAL, S., & SINGH, M. An exploratory study on producer's perspective towards E-waste management: A case of emerging markets. **Cleaner Waste Systems**, 5, 100090. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.CLWAS.2023.100090>

TRANFIELD, D., DENYER, D., & SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, 14(3), 207–222. 2003.

<https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>

ULLAH, F., QAYYUM, S., THAHEEM, M. J., AL-TURJMAN, F., & SEPASGOZAR, S. M. E. Risk management in sustainable smart cities governance: A TOE framework. **TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE**, 167. 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120743>

UN-HABITAT. **World Cities Report 2020 – The Value of Sustainable Urbanization**. 2020. <https://doi.org/10.18356/c41ab67e-em>

UNITED STATES. **United Nations Development Program. Human Development Report 2016**. New York: United Nations, 2016. Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf>. Acesso em: 03, Ago. 2023. UN-Habitat. **World Cities Report 2020 – The Value of Sustainable Urbanization**. Available at: <https://bit.ly/3mZrKWw>.

UR REHMAN, U., FARIA, P., GOMES, L., & VALE, Z. Future of energy management systems in smart cities: A systematic literature review. **Sustainable Cities and Society**, 96, 104720. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2023.104720>

URBIETA, A., GONZÁLEZ-BELTRÁN, A., BEN MOKHTAR, S., ANWAR HOSSAIN, M., & CAPRA, L. Adaptive and context-aware service composition for IoT-based smart cities. **Future Generation Computer Systems**, 76, 262–274. 2017.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.future.2016.12.038>

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: perspectivas de cumprimento da Lei 12.305/2010 nos municípios brasileiros, municípios paulistas e municípios da região do ABC**. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2734/273432632007.pdf>>. Acesso em: 08 setembro de 2023.

VALERO NVAZO, J. M., VILLALBA MÉNDEZ, G., & TALENS PEIRÓ, L. Material flow analysis and energy requirements of mobile phone material recovery processes. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 19(3), 567–579. 2013.

<https://doi.org/10.1007/S11367-013-0653-6>

VIEIRA, K. N.; SOARES, T. O. R.; SOARES, L. R. **A logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da Braskem**. RGSA -Revista de Gestão Social e Ambiental, São Paulo, v. 3, n. 3, 2009, p. 120-136.

VIITANEN, J., & KINGSTON, R. (2014). Smart cities and green growth: Outsourcing democratic and environmental resilience to the global technology sector. *Environment and Planning A*, 46(4), 803–819. <https://doi.org/10.1068/a46242>

VINKLER, P. Management system for a scientific research institute based on the assessment of scientific publications. *Research Policy*, 15(2), 77–87. 1986a. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90003-X](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90003-X)

VINKLER, P. Evaluation of some methods for the relative assessment of scientific publications. *Scientometrics*, 10(3–4), 157–177. 1986b. <https://doi.org/10.1007/BF02026039>

VINKLER, P. The π -index: A new indicator for assessing scientific impact. *Journal of Information Science*, 35(5), 602–612. 2009. <https://doi.org/10.1177/0165551509103601>

VINKLER, P. The π_v -index: A new indicator to characterize the impact of journals. *Scientometrics*, 82(3), 461–475. 2010. <https://doi.org/10.1007/S11192-010-0182-Z>

VINKLER, P. The case of scientometricians with the “absolute relative” impact indicator. *Journal of Informetrics*, 6(2), 254–264. 2012. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2011.12.004>

WALTMAN, L. A review of the literature on citation impact indicators. *Journal of Informetrics*, 10(2), 365–391. 2016. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2016.02.007>

Wolfram, M. **Deconstructing Smart Cities: An Intertextual Reading of Concepts and Practices for Integrated Urban and ICT Development**. 2012.

XAVIER, L. H. **Manual para a destinação de resíduos eletroeletrônicos: orientação ao cidadão sobre como dispor adequadamente os resíduos eletroeletrônicos na cidade do Rio de Janeiro**. 1–20. 2017.

XAVIER, L. H. Economia circular e mineração urbana: resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **CETEM**. 2019.

XAVIER, L. H., & CARVALHO, T. C. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos** (Issue 1). 2014.

XAVIER, L. H., & OTTONI, M. Mineração Urbana - Conceitos e Análise do Potencial dos Resíduos Eletroeletrônicos. **CETEM**. 2021. www.cetem.gov.br. Acesso em: 10 Set. 2023.

XAVIER, L. H., OTTONI, M., ARAUJO, R. A., CUGULA, J. S., CONTADOR, L., PETRUNGARO, G. N., ABREU, L. P. P., SANTOS, L. A., REBELLO, R. Z., GOMES, C. F., SIERPE, R., MANÇANO, M. R., CARDOSO, E. R., ROMAY, K. V. M.,

- SUEMITSU, W., & CALDAS, M. B. Manual de destinação de resíduos eletroeletrônicos. Orientações à sociedade sobre como dispor adequadamente os resíduos eletroeletrônicos no estado do Rio de Janeiro (Vol. 3). **CETEM**. 2020. Disponível em: https://cetem.gov.br/livros/item/download/2921_2dfa6ad012b449b11c0d09c38f4afe27. Acesso em: 10 Set. 2023.
- XIE, J., TANG, H., HUANG, T., YU, F. R., XIE, R., LIU, J., & LIU, Y. A Survey of Blockchain Technology Applied to Smart Cities: Research Issues and Challenges. **IEEE Communications Surveys and Tutorials**, 21(3), 2794–2830. 2019. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2899617>
- YIGITCANLAR, T., KAMRUZZAMAN, M., FOTH, M., SABATINI-MARQUES, J., DA COSTA, E., & IOPPOLO, G. Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. **Sustainable Cities and Society**, 45, 348–365. 2019. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2018.11.033>.
- YOSHIDA, A., TERAZONO, A., BALLESTEROS, F. C., NGUYEN, D. Q., SUKANDAR, S., KOJIMA, M., & SAKATA, S. E-waste recycling processes in Indonesia, the Philippines, and Vietnam: A case study of cathode ray tube TVs and monitors. **Resources, Conservation and Recycling**, 106, 48–58. 2016. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2015.10.020>.
- ZHANG, A., VENKATESH, V. G., LIU, Y., WAN, M., QU, T., & HUISINGH, D. Barriers to smart waste management for a circular economy in China. **Journal of Cleaner Production**, 240, 118198. 2019. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118198>
- ZHANG, J., GAO, M., ZHAO, L., HU, J., GAO, J., DENG, M., WAN, C., & YANG, L. Multi-time Scale Attention Network for WEEE reverse logistics return prediction. **Expert Systems with Applications**, 211, 118610. 2023. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2022.118610>
- ZHAO, X., ASKARI, H., & CHEN, J. Nanogenerators for smart cities in the era of 5G and Internet of Things. **Joule**, 5(6), 1391–1431. 2021. [/https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.03.013](https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.03.013)
- ZHOU, Y., SUN, J., WANG, L., ZHU, G., LI, M., LIU, J., LI, Z., GONG, H., WU, C., & YIN, G. Multiple classes of chemical contaminants in soil from an e-waste disposal site in China: Occurrence and spatial distribution. **Science of the Total Environment**, 752, 141924. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141924>
- ZIAEE, S., GHOLAMPOUR, Z., SOLEYMANI, M., DORAJ, P., ESKANDANI, O. H., E KADAEI, S. Optimization of Energy in Sustainable Architecture and Green Roofs in Construction: A Review of Challenges and Advantages. **Complexity**, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8534810>
- ZLAMPARET, G. I., IJOMAH, W., MIAO, Y., AWASTHI, A. K., ZENG, X., & LI, J. Remanufacturing strategies: A solution for WEEE problem. **Journal of Cleaner Production**, 149, 126–136. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.004>

ZUBIZARRETA, I., SERAVALLI, A., & ARRIZABALAGA, S. Smart City Concept: What It Is and What It Should Be. **Journal of Urban Planning and Development**, 142, 4015005. 2015. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000282](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000282)

ZUPIC, I., & ČATER, T. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, 18(3), 429–472. 2015. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>

APÊNDICES

APÊNDICE A - SCRIPT EM R PARA LIMPEZA E ANÁLISE DE DADOS

```

#Instalar o pacote Bibliometrix e suas dependências
install.packages("Bibliometrix")

#Carregar pacotes
library(bibliometrix)

A <- convert2df("C:/Users/deivi/webofscience.bib", dbsource = "isi", format = "bibtex")
B <- convert2df(c(
  "C:/Users/deivi/scopus1.bib", "C:/Users/deivi/scopus2.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus3.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus4.bib", "C:/Users/deivi/scopus5.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus6.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus7.bib", "C:/Users/deivi/scopus8.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus9.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus10.bib", "C:/Users/deivi/scopus11.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus12.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus13.bib", "C:/Users/deivi/scopus14.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus15.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus16.bib", "C:/Users/deivi/scopus17.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus18.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus19.bib", "C:/Users/deivi/scopus20.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus21.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus22.bib", "C:/Users/deivi/scopus23.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus24.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus25.bib", "C:/Users/deivi/scopus26.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus27.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus28.bib", "C:/Users/deivi/scopus29.bib",
  "C:/Users/deivi/scopus30.bib"
), dbsource = "scopus", format = "bibtex")

M <- mergeDbSources(A, B, remove.duplicated = TRUE)
print(names(M))

P <- M[,c("AU", "DE", "ID", "C1", "CR", "AB", "DI", "SN", "JI", "SO", "LA", "PN", "PP",
"PU", "TC", "TI", "DT", "VL", "PY", "RP", "DB", "J9", "AU_UN", "AU1_UN",
"AU_UN_NR", "SR_FULL", "SR")]
write.table(P, "C:/Users/deivi/artigos.csv", sep = ";", row.names = FALSE)

Resultados <- biblioAnalysis(M)

Resumo <- summary(object = Resultados, k = 30)

plot(Resultados, k=10)
biblioshiny()

```


APÊNDICE B - SCRIPT EM R PARA MINERAÇÃO DE TEXTO (TEXT MINING)

```
# Instalando pacotes

install.packages("readxl")
install.packages("tm")
install.packages("wordcloud")
install.packages("RColorBrewer")

# Carregando os pacotes necessários
library(readxl)
library(tm)
library(wordcloud)
library(RColorBrewer)

# Carregando os dados do arquivo Excel
dados <- read_excel("C:/Users/deivi/palavras.xlsx")

# Criando o Corpus para oportunidades e desafios
corpus_oportunidades <- Corpus(VectorSource(dados$oportunidades))
corpus_desafios <- Corpus(VectorSource(dados$desafios))

# Criando Document Term Matrix
dtm_oportunidades <- DocumentTermMatrix(corpus_oportunidades)
dtm_desafios <- DocumentTermMatrix(corpus_desafios)

# Calculando a frequência de termos
freq_terms_oportunidades <- colSums(as.matrix(dtm_oportunidades))
freq_terms_desafios <- colSums(as.matrix(dtm_desafios))

word_freq_oportunidades <- data.frame(word = names(freq_terms_oportunidades),
freq = freq_terms_oportunidades)
word_freq_desafios <- data.frame(word = names(freq_terms_desafios), freq =
freq_terms_desafios)

# Calcula as cores com base nas frequências das palavras
palavras_cores_oportunidades <- colorRampPalette(brewer.pal(8,
"Dark2"))(length(unique(word_freq_oportunidades$freq)))
palavras_cores_desafios <- colorRampPalette(brewer.pal(8,
"Dark2"))(length(unique(word_freq_desafios$freq)))

# Cria a nuvem de palavras com cores para oportunidades
wordcloud(words = word_freq_oportunidades$word,
freq = word_freq_oportunidades$freq,
min.freq = 1,
max.words = 100,
random.order = FALSE,
colors = palavras_cores_oportunidades,
scale = c(1, 0.5))
```

```

# Cria a nuvem de palavras com cores para desafios
wordcloud(words = word_freq_desafios$word,
  freq = word_freq_desafios$freq,
  min.freq = 1,
  max.words = 100,
  random.order = FALSE,
  colors = palavras_cores_desafios,
  scale = c(1, 0.5))

# Histograma para oportunidades
hist(word_freq_oportunidades$freq, col = "blue", main = "Histograma de Frequências
- Oportunidades", xlab = "Frequência")

# Histograma para desafios
hist(word_freq_desafios$freq, col = "red", main = "Histograma de Frequências -
Desafios", xlab = "Frequência")

# Gráfico de barras para oportunidades
barplot(word_freq_oportunidades$freq, names.arg = word_freq_oportunidades$word,
col = palavras_cores_oportunidades,
  main = "Frequência de Palavras - Oportunidades", xlab = "Palavras", ylab =
"Frequência")

# Gráfico de barras para desafios
barplot(word_freq_desafios$freq, names.arg = word_freq_desafios$word, col =
palavras_cores_desafios,
  main = "Frequência de Palavras - Desafios", xlab = "Palavras", ylab =
"Frequência")

#####
# Carregando os dados do arquivo Excel
library(readxl)
dados <- read_excel("C:/Users/deivi/oportunidadesgeral.xlsx")
dados <- read_excel("C:/Users/deivi/desafiosgeral.xlsx")

corpus <- Corpus(VectorSource(dados$palavras))

library(tm)

dtm <- DocumentTermMatrix(corpus)

distancia <- dist(t(as.matrix(dtm)), method = "euclidean")
dendograma <- hclust(d = distancia, method = "complete")

# Plote o dendrograma

```

```
plot(dendograma, hang = -1, main = "Dendrograma")
```

APÊNDICE C - SCRIPT EM R PARA FREQUÊNCIA DE PALAVRAS

```
# Instalando Pacotes

install.packages("readxl")
install.packages("tm")

# Carregando Pacotes

library(readxl)
library(tm)

#Carregando dados

dados <- read_excel("C:/Users/deivi/oportunidadesgeral.xlsx", sheet = "Planilha1")
dados <- read_excel("C:/Users/deivi/desafiosgeral.xlsx", sheet = "Planilha1")

corpus <- Corpus(VectorSource(dados$palavras))

dtm <- DocumentTermMatrix(corpus)

freq_terms <- colSums(as.matrix(dtm))

sorted_freq <- sort(freq_terms, decreasing = TRUE)
head(sorted_freq, 20) # Exibe as 20 palavras mais frequentes, ajuste conforme
necessário

# Ordenar as frequências em ordem decrescente
sorted_freq <- sort(freq_terms, decreasing = TRUE)

# Selecionar as 20 palavras mais frequentes
top_words <- head(sorted_freq, 20)

# Defina a largura da área de plotagem de acordo com o número de palavras
largura_plot <- length(top_words) * 0.6

# Crie o gráfico de barras com a largura ajustada
barplot(top_words,
        las = 2,
        col = "skyblue",
        main = "Palavras mais frequentes",
        xlab = "Palavras",
        ylab = "Frequência",
        width = largura_plot)
```

```
plot(dendograma, hang = -1, main = "Dendrograma de Agrupamento de Termos",  
xlab = "Distância", ylab = "Altura")
```

APÊNDICE D - SCRIPT EM R PARA GERAÇÃO DE GRAFOS

```
# Instalando pacotes necessários

install.packages("readxl")
install.packages("tm")
install.packages("igraph")

# Carregando Pacotes

library(readxl)
library(tm)
library(igraph)

dados <- read_excel("C:/Users/deivi/rede.xlsx", sheet = "Planilha1")

# Leia os dados da planilha
caminho_para_excel <- "C:/Users/deivi/rede.xlsx"
dados_excel <- read_excel(caminho_para_excel, sheet = "Planilha1")

# Crie a rede de termos
grafo <- graph_from_data_frame(dados_excel, directed = FALSE)

# Obter termos únicos de oportunidades e desafios
termos_oportunidades <- unique(dados_excel$oportunidades)
termos_desafios <- unique(dados_excel$desafios)

# Criar todas as combinações possíveis de pares de termos
combinacoes <- expand.grid(termos_oportunidades, termos_desafios)

# Criar o grafo
grafo <- graph_from_data_frame(combinacoes, directed = FALSE)

# Atribuir cores diferentes aos termos de oportunidades e desafios
V(grafo)$color <- ifelse(V(grafo)$name %in% termos_oportunidades, "blue", "red")

# Plotar o grafo
plot(grafo, edge.arrow.size = 0,5)
```

APÊNDICE E - SCRIPT EM R DO PACOTE GTRENDSR PARA O CONCEITO DE SMART CITIES

```
# Instalar e carregar o pacote gtrendsR
install.packages("gtrendsR")
library(gtrendsR)

# Definir termos de pesquisa
termos_pesquisa <- c("Smart Cities")

# Calcular a data de hoje
data_hoje <- format(Sys.Date(), "%Y-%m-%d")

# Calcular a data de 10 anos atrás
data_10_anos_atras <- format(Sys.Date() - 365*10, "%Y-%m-%d")

# Realizar pesquisa no Google Trends para o mundo e últimos 10 anos
resultados_trends <- gtrends(termos_pesquisa, geo = "", time =
paste(data_10_anos_atras, data_hoje, sep = " "))

# Visualizar gráfico de tendências ao longo do tempo
plot(resultados_trends)

# Obter dados de interesse ao longo do tempo
dados_interesse <- resultados_trends$interest_over_time

# Visualizar dados de interesse ao longo do tempo
print(dados_interesse)
```

APÊNDICE F - SCRIPT EM R DO PACOTE GTRENDSR PARA O CONCEITO DE WEEE

```
# Instalar e carregar o pacote gtrendsR
install.packages("gtrendsR")
library(gtrendsR)

# Definir termos de pesquisa
termos_pesquisa <- c("WEEE")

# Calcular a data de hoje
data_hoje <- format(Sys.Date(), "%Y-%m-%d")

# Calcular a data de 10 anos atrás
data_10_anos_atras <- format(Sys.Date() - 365*10, "%Y-%m-%d")

# Realizar pesquisa no Google Trends para o mundo e últimos 10 anos
resultados_trends <- gtrends(termos_pesquisa, geo = "", time =
paste(data_10_anos_atras, data_hoje, sep = " "))

# Visualizar gráfico de tendências ao longo do tempo
plot(resultados_trends)

# Obter dados de interesse ao longo do tempo
dados_interesse <- resultados_trends$interest_over_time

# Visualizar dados de interesse ao longo do tempo
print(dados_interesse)
```