



III-412 - ANÁLISE QUANTITATIVA DE PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NO MUNICÍPIO DE CARUARU - PE

Maria Cristiane Neves de Carvalho⁽¹⁾

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – (PPGECAM) pela Universidade Federal de Pernambuco.

Ana Paula dos Santos Silva de Souza⁽²⁾

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) pela Universidade Federal de Pernambuco.

Manuela Maria da Silva⁽³⁾

Graduação em Pedagogia pela Universidade Escritor Osman da Costa Lins - UNIFACOL. Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pela Universidade Federal de Pernambuco.

José Francisco de Oliveira Neto⁽⁴⁾

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – (PPGECAM) pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutor em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) pela Universidade Federal de Pernambuco.

Simone Machado Santos⁽⁵⁾

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutora em Engenharia Civil Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro Acadêmico do Agreste (CAA), Laboratório de Engenharia Ambiental. Avenida Marielle Franco, s/n, Km 59, Nova Caruaru, Caruaru-PE, 55014-900. E-mail: mariacristiane.carvalho@ufpe.br

RESUMO

A geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) tem crescido juntamente com o avanço tecnológico, ocasionando o agravamento nos desafios de coleta e destinação adequada desses materiais. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e decretos subsequentes estabelecem diretrizes para a logística reversa de REEE, enquanto em Pernambuco, a Lei nº 15.084/13 exige a instalação de pontos de coleta para esses resíduos, com penalidades para o não cumprimento. Nesse sentido, o desafio está no posicionamento estratégico dos pontos de coleta para minimizar custos e atender à demanda populacional. Considerando que o atendimento a critérios técnicos para instalação desses pontos incentivará o descarte correto dos resíduos, este trabalho apresenta a quantificação estratégica de uma rede de pontos de entrega voluntária para o município de Caruaru (PE). Adicionalmente, discutem-se aspectos relevantes como a demanda dos bairros, as áreas geográficas mais adequadas ao recebimento dos pontos e a existência de pontos de entrega de resíduos em geral.

PALAVRAS-CHAVE: PEV, REEE, Gestão de resíduos, Economia circular, Eficiência logística.

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem ocasionado um crescimento significativo na produção de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE ou lixo eletrônico). Este aumento, aliado à escassez de pontos de coleta e a falta de informações, têm aumentado os desafios na coleta e destinação adequada desses equipamentos (SÃO LEANDRO SIGRIST et al., 2015), dificultando a logística reversa desses materiais.

Os REEEs podem ser encarados como ameaça ambiental, pois podem conter substâncias perigosas e tóxicas. Por outro lado, também podem fornecer materiais valiosos/críticos cujas fontes primárias enfrentam risco significativo de fornecimento (SRIVASTAV et al., 2023). No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece a logística reversa de REEE (BRASIL, 2010) e o Decreto nº 10.240/20 institui normas para



a estruturação, implementação e operacionalização da logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico (BRASIL, 2020). O Decreto nº 10.936/22 cria o Programa Nacional de Logística Reversa, visando otimizar a implementação e a operacionalização da infraestrutura física e logística, proporcionar ganhos de escala e possibilitar a sinergia entre os sistemas (BRASIL, 2022). No estado de Pernambuco, a Lei nº 15.084/13 torna obrigatória a instalação de pontos de coleta para pilhas, baterias e demais aparelhos eletrônicos, os estabelecimentos que descumprirem, estão sujeitos a uma multa fixada entre R\$ 1.000,00 (um mil reais) e R\$ 50.000,00 (cinquenta mil reais), sendo determinado com base no porte do estabelecimento e o grau de reincidência (PERNAMBUCO, 2013). Esse arcabouço legal, nacional e estadual, subsidia a implantação da PNRS.

O desafio na alocação de pontos de coleta de REEE reside em posicionar as instalações em locais estratégicos, de modo a minimizar os custos de transporte, garantindo o número ideal de pontos para atender à demanda populacional nas áreas de interesse (AZARMAND; NEISHABOURI, 2009; RACHIH; MHADA; CHIHAB, 2019). A presença de mais pontos de coleta, próximos a locais de demanda, estimularia um comportamento mais propenso ao descarte correto dos materiais (BAGHERI HOSSEINI; DEHGHANIAN; SALARI, 2019). Dessa forma, essa pesquisa foca na análise sobre a gestão de REEE no município de Caruaru, com vistas a quantificar, estrategicamente, uma rede de pontos de entrega voluntária (PEV) de REEE, considerando a demanda dos bairros e a área geográfica mais adequada.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Decreto nº 10.240/20, define parâmetros para quantificar e selecionar a localização ideal dos pontos de recebimento dos REEEs (BRASIL, 2020). Com base na disponibilidade de dados, os critérios a seguir serão considerados: (i) estimativa da quantidade de produtos eletroeletrônicos e de seus componentes descartados pelos consumidores anualmente; (ii) distribuição geográfica do uso de produtos eletroeletrônicos e de seus componentes; (iii) dados demográficos, tais como população, densidade populacional e quantidade de pessoas residentes na área urbana; (iv) distribuição demográfica das atividades econômicas; (v) distância de deslocamento dos consumidores aos pontos de recebimento” (BRASIL, 2022).

As etapas da pesquisa serão descritas a seguir:

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Caruaru-PE, Brasil (Figura 1). O município possui uma área de 923,15 km² e uma população estimada de 378.048 habitantes, com uma densidade demográfica de 409,52 hab/km² (IBGE, 2022).

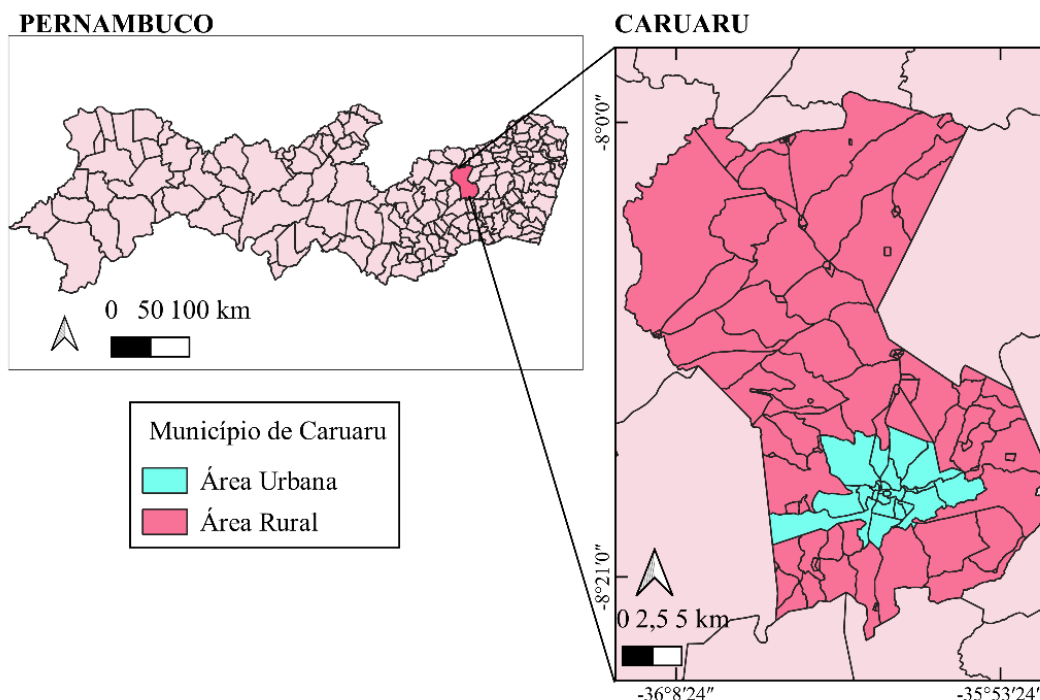


Figura 1: Localização da área de estudo.

ESTIMATIVA POPULACIONAL E GERAÇÃO ANUAL DE REEE

Para estimativa populacional por bairro, para o ano de 2034, empregou-se o método de projeção aritmética (caracterizado por um crescimento populacional contínuo a uma taxa constante). As Equações 1 e 2, foram empregadas para efetuar a estimativa.

$$k_a = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} \quad \text{Equação (1)}$$

$$P = P_0 + k_a * (t - t_0) \quad \text{Equação (2)}$$

Foram escolhidos 23 bairros do município, pois são eles que apresentam dados populacionais mais recentes, através do censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000, 2010).

Por meio da estimativa populacional e usando uma taxa média de geração anual per capita de 4,36 kg/hab/ano, obtida para o ano de 2019 por OLIVEIRA NETO (2019) (em Caruaru), estimou-se a geração de REEEs, considerando os seguintes dispositivos: computador de mesa (monitor e CPU), notebook, impressora, tablet, telefone celular, TV CRT, TV LCD/plasma e TV LED.

PROJEÇÃO DE PEVs

Após a projeção populacional, estimou-se a quantidade de PEVs, através dos seguintes critérios: estimativa populacional, quantidade de PEVs atuais e bairros circunvizinhos. Para a distribuição dos novos PEVs, adotou-se, em média, um ponto de recebimento para cada 25.000 habitantes, uma vez que esse valor se enquadra melhor com as necessidades da população brasileira (MARIA et al., 2013). Ademais, considerou-se a distribuição geográfica dos bairros, subdividindo-os em áreas específicas, com base na projeção populacional. Essa abordagem visa otimizar o atendimento de forma estratégica.

AÇÕES DE GESTÃO

Após a projeção do quantitativo de PEVs foram propostas um conjunto de ações, relativas à Gestão de REEE, alinhadas à legislação vigente, com o propósito de promover a expansão da sustentabilidade e da aplicação da economia circular no município de Caruaru – PE.

RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 1 apresenta a estimativa populacional e a geração de REEE correspondente a cada bairro, para o ano de 2034 e a respectiva geração de REEE. Os bairros escolhidos abrangem cerca de 93% da população do município.

Tabela 1: Estimativa e geração de REEE por bairro.

Bairro	Estimativa 2034 (habitantes)	Geração REEE (kg/ano)
Agamenon Magalhães	11602	50583,85
Alto do Moura	16870	73554,07
Boa Vista	66488	289889,42
Caiucá	8371	36498,43
Cedro	2440	10639,27
Centenário	3147	13721,79
Cidade Alta	13781	60086,03
Divinópolis	5431	23680,90
Indianópolis	44020	191926,33
João Mota	7731	33706,29
Kennedy	15594	67990,71
Maurício de Nassau	19167	83568,99
Monte Bom Jesus	2390	10419,53
Nossa Senhora das Dores	7312	31881,19
Nova Caruaru	17390	75821,27
Petrópolis	19132	83417,26
Rendeiras	23496	102443,43
Riachão	7969	34743,97
Salgado	80015	348865,40
Santa Rosa	12711	55419,96
São Francisco	9719	42373,97
Universitário	9815	42793,40
Vassoural	21846	95249,43
Total	426439	1.859.274,91

A Tabela 2 apresenta o quantitativo de PEVs nas 3 seguintes categorias: projetados, existentes e requeridos por áreas. Os dados da Tabela 2 são usados para obter a diferença entre o número de PEVs existentes e os projetados por área. Essa análise apresenta uma visão dos locais onde pode haver escassez ou excesso de PEVs em comparação com a projeção.

Tabela 2: Quantitativos estratégicos de PEVS para 2034.

ID Área	Bairros	Estimativa populacional 2034 por área (habitantes)	Nº PEV		
			Projetados	Existentes	Requeridos
A1	Maurício de Nassau	34414	2	1	1
	Universitário				
A2	Divinópolis	12849	1	2	0
	Nossa Senhora das Dores				
A3	Monte Bom Jesus	33905	2	0	2
	Centenário				
A4	Rendeiras	54234	3	1	2
	Cedro				
A5	Riachão	48566	2	0	2
	Cidade Alta				
A6	Petrópolis	78577	4	1	3
	São Francisco				
A7	Agamenon Magalhães	83879	4	0	4
	Kennedy				
A8	Caiucá	80015	4	0	4
	Alto do Moura				
	João Mota				
	Indianópolis				
	Vassoural				
	Santa Rosa				
	Boa Vista				
	Nova Caruaru				
	Salgado				
Total					18

A avaliação evidencia disparidades, como na área A2, na qual a quantidade de PEVs existentes difere do projetado. Ademais, nas áreas A1, A4 e A6, o quantitativo de PEVs existentes é insuficiente em relação à demanda, indicando escassez. Nas áreas A3, A5, A7 e A8, há uma ausência completa de PEVs, indicando necessidade prioritária de alocação de pontos nessas regiões.

A Figura 3 esquematiza as 8 áreas delimitadas e a localização dos 5 PEVs existentes, na área urbana. Porém, no mínimo, mais 18 PEVs devem ser alocados de forma a abranger toda geração de REEE do município.

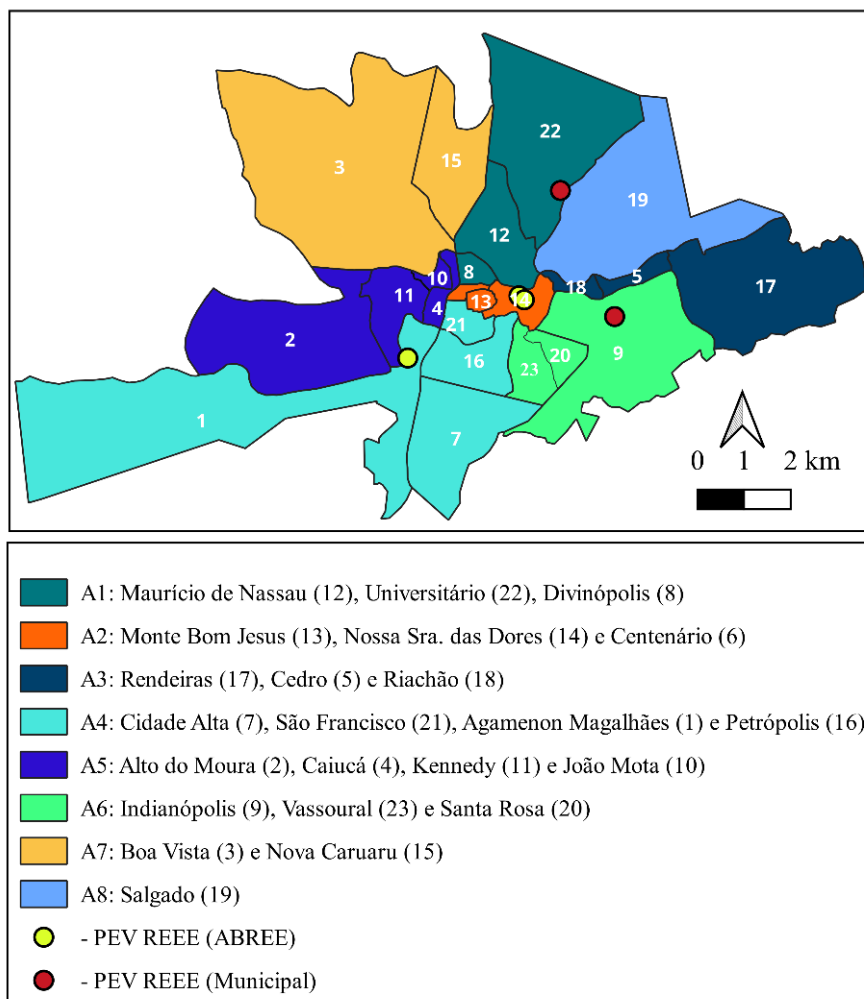


Figura 3: Delimitação das áreas e localização dos PEVS atuais.

No entanto, para se alcançar uma gestão eficiente de REEE, são necessárias outras ações, conforme descrito a seguir:

- **Elaboração de plano de coleta seletiva para eletrônicos de REEE:** A coleta seletiva consiste no processo de separação dos materiais recicláveis do restante considerado lixo. Um dos objetivos de um programa de coleta seletiva é o de melhorar as condições ambientais com a reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos, reduzindo a extração de recursos necessários para obter novos materiais (RADA; ZATELLI; MATTOLIN, 2014)

Na implantação de um plano de coleta seletiva é necessário levar em conta um número importante de fatores técnicos, econômicos, ambientais e jurídicos relacionados com o lugar onde a atividade será realizada (TOSO; ALEM, 2014). O planejamento da implantação da coleta envolve algumas considerações, como a frequência, o ponto de coleta, o horário e a forma da coleta, para que causem menos transtornos possíveis para a população e seja sanitária e economicamente adequada. Rodrigues & Santana (2012) destacam três restrições a implantação de um programa de coleta seletiva: custos orçamentários necessários para a implantação, manutenção da coleta seletiva e a cultura ambiental do município.

Esse tipo de plano não só contribui para a preservação ambiental, ao evitar que materiais tóxicos contaminem o solo e a água, mas também promove a economia circular, reduzindo a necessidade de extração de novos recursos naturais e fomentando a reutilização de materiais reciclados na fabricação

de novos produtos. Contudo, recomenda-se o desenvolvimento de um Plano de Coleta Seletiva para Eletrônicos de REEE, tendo o mesmo que abranger:

- Cronograma de coleta, especificando os dias e horários de realização da coleta seletiva em cada bairro (podendo ocorrer em dias alternados ao da coleta de lixo comum).
- Localização dos Pontos de Entrega Voluntária (PEV).
- Diretrizes específicas para a coleta de REEE volumosos, com agendamento prévio para evitar acúmulo e garantir o funcionamento eficiente dos PEVs.
- Incorporar a coleta de REEE na zona rural para otimização da cobertura e maior controle do volume gerado.
- Capacitação dos funcionários e voluntários envolvidos na gestão de resíduos eletroeletrônicos, envolvendo procedimentos de segurança e informações sobre o manuseio seguro deste tipo de resíduo.

Caso haja um sistema de coleta informal, é viável a sua utilização para o recolhimento de REEE e em seguida realizar o envio para recicladores licenciados, semelhante ao proposto pela iniciativa Solving the E-waste Problem (StEP), que estabeleceu princípios relacionados à sistemas e legislação de gestão de REEE (FORTI et al., 2020).

- **Comunicação e orientação à população:** Para garantir a efetivação do plano de coleta seletiva de resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE), é fundamental orientar a população/consumidores sobre como participar de maneira efetiva deste processo. Considerando que os consumidores são de extrema importância na gestão de REEE, uma vez que são responsáveis pela escolha dos canais de destinação para eliminação dos seus resíduos de uso doméstico (WANG et al., 2013). Por esse motivo, aconselha-se:
 - Realização de campanhas de conscientização sobre os riscos ambientais e à saúde associados ao descarte inadequado de eletrônicos, enfatizando a necessidade de utilização dos PEVs.
 - Promoção de workshops, palestras, oficinas e eventos educativos em comunidades, escolas, universidades e demais instituições de ensino, informando sobre o impacto ambiental dos REEE e as práticas de gestão e descarte correto.
 - Criação de um Plano de Comunicação Ambiental, em concordância com o Decreto nº 10.240/2020, para divulgar a implantação do sistema de logística reversa e estimular o descarte de produtos eletroeletrônicos e suas embalagens nos PEVs (BRASIL, 2020).
- **Realização de parcerias com empresas de desmanche de eletroeletrônicos:** É importante o estabelecimento de parcerias com empresas especializadas em desmanche e reciclagem de eletrônicos para garantir a destinação ambientalmente adequada dos REEE coletados. Seria benéfica a realização de parcerias entre o setor público e empresas privadas, acordos de cooperação com fabricantes e varejistas locais para viabilizar a expansão da logística reversa, retirada de resíduos volumosos e o processamento dos REEE em geral.
- **Expansão e otimização dos PEVs:** No caso dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) no Brasil, o Decreto Federal 10.240/2020 salienta, ainda, os pontos de entrega voluntária (PEVs) como locais destinados a receberem tais resíduos para a sua posterior destinação às etapas seguintes dos Sistema de Logística Reversa (BRASIL, 2020). Desta forma, propõem-se:
 - Promover a expansão de pontos de entrega voluntária (PEV) em locais estratégicos e de fácil acesso como supermercados, universidades e comércios de equipamentos eletrônicos, para



facilitar a reciclagem e a logística reversa, conforme exposto neste trabalho, priorizando bairros com maior geração de REEE.

- Investir na infraestrutura necessária para a coleta, armazenamento e reciclagem de REEE, garantindo que os PEVs estejam bem equipados e acessíveis para todos os públicos.
- **Monitoramento e avaliação dos serviços:**
 - Criar um sistema de monitoramento e avaliação contínua dos PEVs e das práticas de gestão de REEE, utilizando indicadores de desempenho para medir a eficácia e identificar áreas de melhoria.
 - Avaliar a eficiência do sistema de gestão de REEE deve ser realizada por meio de um sistema transparente de gestão e publicação de informações, por meio da apresentação de dados, informações, relatórios, estudos ou outros instrumentos equivalentes (BRASIL, 2020).
 - Realizar auditorias periódicas e pesquisas científicas pelas universidades para ajustar as estratégias de comunicação e gestão de resíduos.

CONCLUSÕES

A falta de um número suficiente de PEVs para a entrega de REEE evidencia a necessidade de uma abordagem mais abrangente na gestão desses resíduos no município. A geração de resíduos por bairro (Tabela 2) oferece uma visão da geração de REEE para 2034 em Caruaru, permitindo a identificação das áreas com maiores e menores volumes anuais.

A quantificação de pontos de entrega voluntária permitiu a identificação das áreas com disparidades entre geração de REEE e a oferta atual de PEVs. Essa categorização permite que as autoridades públicas direcionem os recursos de maneira mais eficaz, priorizando a instalação de novos pontos nas áreas mais necessitadas. Assim, o quantitativo de PEVs de REEE necessários a atender à demanda do município de Caruaru foi estimado em 1853,27 toneladas de REEE (no ano de 2034). Para atender essa demanda anual, serão necessários, no mínimo, 18 PEVs adicionais aos 5 já existentes.

Os PEVs devem estar aptos a receber todos os tipos de REEEs. No entanto, recomenda-se que o descarte de REEEs volumosos seja previamente agendado com a gestão dos respectivos PEVs, para garantir o funcionamento correto dos locais, evitando transtornos como acúmulo de resíduos, riscos à saúde e segurança, poluição visual, entre outros. Os equipamentos levados aos PEVs e que ainda funcionem, poderiam ser doados para estender a vida do aparelho dentro da cadeia de consumo. Somente aqueles REEEs que apresentassem falhas, defeitos ou que estivessem quebrados seriam, de fato, direcionados ao descarte ambientalmente adequado por meio dos operadores de cada PEV.

A localização precisa dos PEVs projetados não foi objeto deste estudo e, por isso, não consta na Figura 3, a exata localização dos pontos. A escolha do local adequado demandaria outros estudos e levantamentos de informações que considerariam as responsabilidades de toda a cadeia produtiva e a disponibilidade de espaços comerciais. Por essa razão, optou-se por alocar apenas o quantitativo de PEVs por áreas. Ademais, é importante que a gestão pública considere a distância que os consumidores precisam percorrer até o PEV visando, preferencialmente, locais acessíveis a toda população residente em Caruaru, como nas proximidades de universidades, supermercados e comércios de equipamentos elétricos e eletrônicos.

Com a alocação dos pontos, espera-se otimizar a gestão desses resíduos, reduzindo o número de pontos de descarte irregular e estimulando a prática correta de destinação de REEE pela população, uma vez que esses locais de descarte serão mais acessíveis. Uma melhor distribuição de PEVs contribui com o desenvolvimento sustentável, através da mitigação dos impactos ambientais, considerando que os equipamentos eletroeletrônicos



possuem componentes tóxicos em sua composição, os quais podem causar danos quando descartados incorretamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZARMAND, Z.; NEISHABOURI, E. Location allocation problem. *Contributions to Management Science*, p. 93–109, 2009.
2. BAGHERI HOSSEINI, M.; DEGHANIAN, F.; SALARI, M. Selective capacitated location-routing problem with incentive-dependent returns in designing used products collection network. *European Journal of Operational Research*, v. 272, n. 2, p. 655–673, 16 jan. 2019.
3. BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 19 jan. 2024.
4. BRASIL. DECRETO Nº 10.240, DE 12 DE FEVEREIRO DE 2020. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10240.htm>. Acesso em: 19 jan. 2024.
5. BRASIL. DECRETO Nº 10.936, DE 12 DE JANEIRO DE 2022 - DECRETO Nº 10.936, DE 12 DE JANEIRO DE 2022 - DOU - Imprensa Nacional. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-373573578>>. Acesso em: 19 jan. 2024.
6. FORTI, V. et al. Quantities, flows, and the circular economy potential The Global E-waste Monitor 2020. 2020.
7. IBGE. Malha de Setores Censitários | IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?edicao=26573>>. Acesso em: 8 jan. 2024.
8. IBGE. Malha de Setores Censitários | IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?edicao=26573&t=downloads>>. Acesso em: 1 dez. 2023.
9. IBGE. Caruaru (PE) | Cidades e Estados | IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/caruaru.html>>. Acesso em: 8 jan. 2024.
10. MARIA, S. et al. © 2013-Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial-ABDI Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que seja citada a fonte Equipe Técnica da ABDI Carla Naves-Gerente Claudionel Campos Leite-Coordenador Cássio Marx Rabello da Costa-Líder do Projeto Ricardo Gonzaga Martins de Araújo-Especialista. 2013.
11. OLIVEIRA NETO, J. F. DE. Caracterização dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos produzidos em bairros de classe média-alta de Caruaru/PE. Caruaru: Universidade Federal de Pernambuco, 2019.
12. PERNAMBUCO. LEI Nº 15.084, DE 6 DE SETEMBRO DE 2013. Disponível em: <<https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=2912>>. Acesso em: 19 jan. 2024.
13. RACHIH, H.; MHADA, F. Z.; CHIEB, R. Meta-heuristics for reverse logistics: A literature review and perspectives. *Computers & Industrial Engineering*, v. 127, p. 45–62, 1 jan. 2019.
14. RADA, E. C.; ZATELLI, C.; MATTOLIN, & P. Municipal solid waste selective collection and tourism. 2014.
15. RODRIGUES, W.; SANTANA, W. C. Análise econômica de sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos: o caso da coleta de lixo seletiva em Palmas, TO. urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 4, n. 446, p. 299–312, 2012.
16. SÃO LEANDRO SIGRIST, C. et al. DESENVOLVIMENTO DE PONTO DE COLETA DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DEVELOPMENT OF A COLLECT POINT OF ELECTRONIC WASTE. n. 2, p. 1423–1438, 2015.
17. SRIVASTAV, A. L. et al. Concepts of circular economy for sustainable management of electronic wastes: challenges and management options. 2023.
18. TOSO, E. A. V.; ALEM, D. Effective location models for sorting recyclables in public management. *European Journal of Operational Research*, v. 234, n. 3, p. 839–860, 1 maio 2014.
19. WANG, F. et al. E-WASTE IN CHINA: A COUNTRY REPORT StEP Green Paper Series. 2013.