

ÁREA TEMÁTICA: 3

ALOCÇÃO DE PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO POR MEIO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO EM SIG

Rafssa Araujo¹, Jessica Cugula¹, Luca Apolonio¹, Carlos Francisco Moraes Simões Gomes¹, Marianna Ottoni² e Lúcia Helena Xavier¹

1. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM / MCTI)

2. Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

RESUMO

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) serão uma tipologia de resíduos de grande importância nos próximos anos devido a assinatura de seu Acordo Setorial no ano de 2019. A implantação de seu sistema de logística reversa para o cumprimento das metas estabelecidas pelo acordo é prioridade para a gestoras e órgão do setor. O artigo tem por objetivo a classificação do território da cidade de São Paulo de acordo com a aptidão à alocação de pontos de entrega voluntária (PEV) de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos a partir do método de Análise Multicritério em Sistemas de Informações Geográficas com base no decreto nº 10.240/20 e analisar a sua distribuição espacial. Adotando-se como procedimento metodológico uma análise multicritério realizada com os parâmetros estabelecidos na legislação. As regiões do município mostraram-se, em sua maioria, de média e boa aptidão para a alocação de PEVs. Entre os melhores resultados destacam-se Vila Mariana, Saúde, Vila Andrade e Penha, porém entre os piores encontram-se Marsilac, Anhanguera, Perus, Parque do Carmo e Vila Leopoldina. O estudo apresenta-se como uma ferramenta viável de análise para a alocação de PEVs e estabelecimento do Sistema de Logística Reversa do município através da identificação da localização de áreas que possibilitariam um sistema mais eficiente pelo maior recolhimento de material.

Palavras-chave: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE); Pontos de entrega voluntária; Análise multicritério.

ALLOCATION OF VOLUNTARY DELIVERY POINTS OF WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENTS IN SÃO PAULO CITY USING MULTICRITERIA ANALYSIS IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

ABSTRACT

Waste electrical and electronic equipment (e-waste) tends to become a very important type of waste in the following years due to the signing of the Sectoral Agreement in 2019. The implementation of the Reverse Logistic System (RLS) for compliance of the targets established in the agreement is a priority for the sector managers. This paper aims to classify the São Paulo city according to the ability to allocate Voluntary Delivery Points (VDPs) for e-waste using a Multicriteria Analysis in Geographic Information Systems based on decree nº10.240/202 and analyse its spatial distribution. Adopting as a methodological procediment a multicriterial analysis carried out with the parameters established by the legislation. The regions of the municipality showed, in their majority, of medium and good aptitude of the allocation of VDPs. Among the best results are some neighborhoods such as Vila

Mariana, Saúde, Vila Andrade and Penha, however among the worst are Marsilac, Anhanguera, Perus, Parque do Carmo and Vila Leopoldina. The study presents itself as a viable tool for the analyses of VDPs implementation and establishment of the RLS in the city through the identification of the location of areas that could make it possible the existence of a more efficient system due to the optimized e-waste recovery.

Keywords: Waste electrical and electronic equipment; Voluntary delivery points; Multicriteria analysis.

1. INTRODUÇÃO

Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) são descritos como os que provêm de produtos que demandam corrente elétrica ou campo magnético para funcionar. Alguns fatores tornam os REEEs uma problemática chave na busca por um desenvolvimento econômico associado à proteção ambiental, sendo eles principalmente: a aceleração da obsolescência, o crescimento no número de consumidores de equipamentos eletroeletrônicos (EEEs) (FORTI et al., 2018) e a presença de metais com alto valor agregado e substâncias perigosas em sua composição (XAVIER; LINS, 2018). Para regular a gestão desses materiais, é importante a adoção de uma legislação completa e específica que abranja todo o território nacional.

Em 2010, com a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tornou-se obrigatória a implementação de sistemas de logística reversa para os EEEs. Em 2013, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) publicou o edital de chamamento para elaboração do Acordo Setorial para Implantação da Logística Reversa para os REEE. As propostas recebidas foram negociadas até 2018, sendo o acordo finalmente assinado em 2019. No início de 2020, foi publicado o Decreto Federal nº 10.240, que estabelece as normas para implementação das metas do Acordo Setorial. A logística reversa, da qual trata o Acordo Setorial, é definida pela PNRS como:

“instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010).

No Brasil, uma das maiores dificuldades na implementação dos Sistemas de Logística Reversa (SLR) para os REEE reside na falta de informação consistente, necessária para o desenvolvimento das políticas públicas e ações estratégicas no setor (XAVIER et al., 2019). Outro obstáculo significativo é a dificuldade de retornar esses resíduos às empresas produtoras por meio da coleta, estando entre os modelos existentes o ponto de entrega voluntária (PEV), conforme proposto pela PNRS (BRASIL, 2010). De acordo com o MMA (2020), tais pontos são locais destinados ao armazenamento temporário de resíduos especiais, como é o caso dos REEE. A aplicação eficiente desse sistema viabiliza, conseqüentemente, a adoção de medidas em prol de outros dois pilares da gestão de REEE: a mineração urbana e a economia circular.

Segundo Xavier & Lins (2018), mineração urbana equivale ao aproveitamento de matérias-primas secundárias, geradas pelo reaproveitamento de resíduos. Ao retornar para a cadeia produtiva por meio de reciclagem ou recirculação, ocorre a mitigação de impactos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como favorece a sustentabilidade. A mineração urbana juntamente à logística reversa configuram etapas sequenciais e retroalimentadas da economia circular.

A economia circular consiste em um modelo onde há gestão de ciclos fechados restaurativos e regenerativos, otimizando a recirculação de materiais e energia. Segundo Luz (2017), suas principais características são a manutenção do valor dos produtos pelo máximo de tempo possível, conservação de matérias-primas a partir de processos cíclicos e trabalho conjunto entre produtores e consumidores. Ademais, a economia circular tem como pilares o reparo, a restauração, o reuso, a remanufatura e a reciclagem (XAVIER & LINS, 2018). A mineração urbana aplicada aos REEE tem como objetivo extrair substâncias valiosas por meio da mineração urbana e, assim, reduzir a necessidade da mineração tradicional e respectivos impactos decorrentes da exploração dos recursos naturais (OTTONI & XAVIER, 2019).

Para tanto, propõe-se um estudo para a análise e categorização da alocação de PEVs. Como objeto de estudo foi escolhida a cidade de São Paulo, capital do estado de São Paulo, localizada no sudeste brasileiro. Segundo dados do IBGE, sua população estimada em 2019 era de 12.252.023 pessoas, com uma densidade demográfica de 7.398,26 hab/km². A área total do município é de 1.521 km², com uso principalmente residencial e comercial, com PIB per capita de R\$ 57.759,39. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) da capital é 0,805 (IBGE, 2020). Por sua vasta população, alto desenvolvimento socioeconômico e grande locação de empresas, apresenta-se como candidata ideal para um possível modelo para o resto do país.

A ferramenta para o estudo é a análise multicritério, um mecanismo que agrega noção de importância relativa dos critérios à teoria das escolhas sociais (VARSNICK, 1986). Segundo Gershon & Grandzol (1994), o que diferencia a análise multicritério das metodologias tradicionais é o fato da primeira levar em conta preferências e valores pessoais do elemento decisor durante a resolução de um obstáculo. Quando aplicado com o Sistema de Informações Geográficas (SIG), são diversas as oportunidades em relação à área ambiental e na tomada de decisão.

Um SIG conceitua, segundo Aronoff (1989), um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados. Assim, configura a representação do espaço geográfico e os fenômenos que nele ocorrem, proporcionando ao decisor um banco de dados com coordenadas geográficas ou planas definidas, consistindo em uma importante ferramenta de análise espacial em processos decisivos em que dados de distribuição geográfica são relevantes. Essa ferramenta possibilita a obtenção e modificação de dados de acordo com a necessidade do usuário e interseção de dados de diversas áreas (MELO et al., 2018).

2. OBJETIVO

O presente estudo objetiva a classificação do território de São Paulo de acordo com a aptidão à alocação de pontos de entrega voluntária de REEE a partir do método de Análise Multicritério em SIG, com base no Decreto Federal nº 10.240/20 e análise de sua distribuição espacial. Outrossim, propõe-se uma metodologia base para as gestoras e órgãos responsáveis pelo SLR a ser aplicado nos demais municípios.

3. METODOLOGIA

O decreto federal nº 10.240/2020 reforça o acordo setorial e define as normas para a implementação de um sistema de logística reversa obrigatório para produtos eletroeletrônicos de uso doméstico, estabelecendo duas fases para a sua concretização: (i) Fase 1, que começou na data de publicação do Decreto (12 de fevereiro de 2020) e terminará em 31 de dezembro de 2020, e; (ii) Fase II, a ser iniciada no primeiro dia de 2021 e determina a instalação de pontos de recolhimento (BRASIL, 2020), que no caso seriam pontos de entrega voluntários de REEE nos municípios brasileiros.

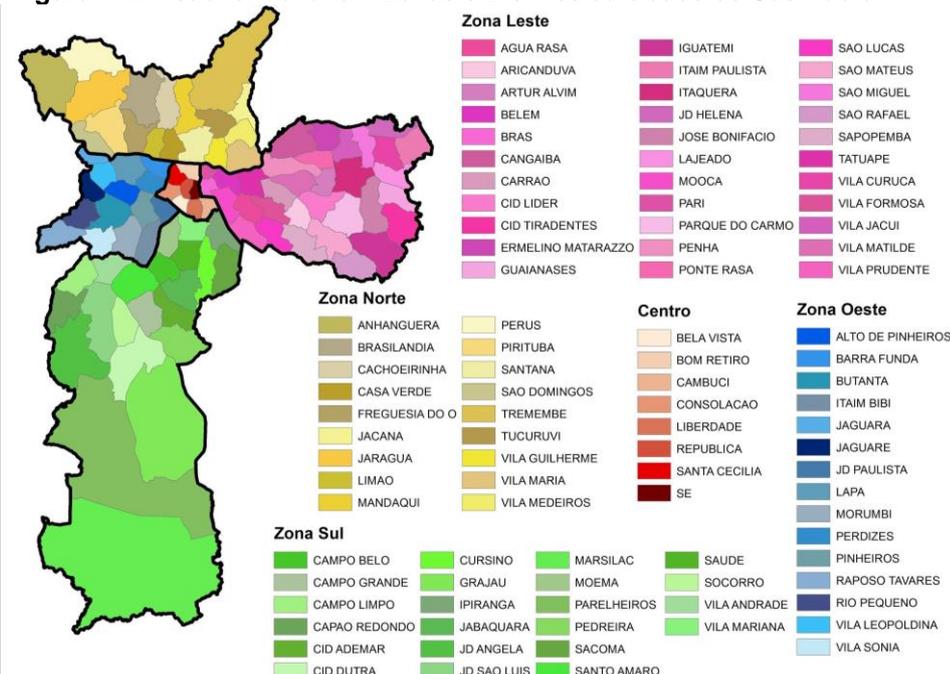
No capítulo XIV, artigo 48 do referido decreto, tendo o intuito de quantificar e selecionar as localidades mais favoráveis dos pontos a serem implantados, estabeleceu-se os seguintes parâmetros (BRASIL, 2020):

- I - a quantidade de domicílios com energia elétrica;
- II - a estimativa da quantidade de produtos eletroeletrônicos e de seus componentes comercializados no mercado interno;
- III - a estimativa da quantidade de produtos eletroeletrônicos e de seus componentes descartados pelos consumidores anualmente;
- IV - a demonstração da capacidade de financiamento do sistema de logística reversa;
- V - a distribuição geográfica do uso de produtos eletroeletrônicos e de seus componentes;
- VI - os dados demográficos, tais como população, densidade populacional e quantidade de pessoas residentes na área urbana;
- VII - a distribuição demográfica das atividades econômicas;
- VIII - a distância de deslocamento dos consumidores aos pontos de recebimento;

IX - a infraestrutura atual e futura do País, para gerenciamento, transporte e destinação final ambientalmente adequada de produtos eletroeletrônicos” (BRASIL, 2020).

Nesse estudo, alguns destes critérios foram interpretados e adaptados para possibilitar a análise, sendo isso possível para sete dos nove parâmetros, excluídos o II e IV devido à ausência de dados em escala menor a município. Na maioria dos parâmetros atribuídos, a escala de análise e de dados foi a de distritos (Figura 1).

Figura 1. Divisão territorial em Zonas e Distritos da cidade de São Paulo



Como dados relativos ao primeiro parâmetro do artigo 48 foram utilizados os dados de domicílios com energia elétrica disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a partir do Censo 2010, na escala de setores censitários, unidos para distritos.

Quanto ao terceiro, atualmente não há um valor estabelecido para o município de São Paulo referente ao descarte de REEE, sendo escolhido o valor de 4,8 Kg/hab.ano descrito em RODRIGUES et al. (2015), não havendo variação entre os distritos. O valor estabelecido foi multiplicado pelo número de habitantes de cada distrito.

A partir da análise do quinto parâmetro, foram utilizados critérios que avaliassem a possibilidade de consumo de produto eletroeletrônico, sendo selecionados o IDHM, indicador que considera conjuntamente informações referentes à renda, escolaridade e saúde, variando em uma escala de 0 a 1, além do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento). O primeiro foi obtido nos dados abertos da Prefeitura de SP, elaborados pelo Departamento de Produção e Análise de Informação (Deinfo) do município de São Paulo, na escala de Unidade de Desenvolvimento Humano, o qual, através do cálculo da média, foi adaptado para distrito. O segundo encontrava-se na escala de setor censitário, transformado para distrito, disponível por meio de planilhas do Censo 2010, pelo IBGE.

Para o sexto parâmetro, todos os atributos foram obtidos de planilhas do Censo 2010 na escala de setor que foi modificada para distrito. Para o número de habitantes, foram utilizados os residentes em cada setor. A densidade foi obtida pela divisão da população do atributo anterior pela área do distrito correspondente, na unidade de hab/Km². Para o terceiro, foram analisados: a população urbana de cada distrito, definido pela classificação do IBGE, e a área urbana de todo município.

Para a distribuição geográfica das atividades econômicas, foram utilizados dados vetoriais georreferenciados de zoneamento, elaborados pela prefeitura de São Paulo, com suas distintas classificações, definindo as mais importantes em relação à localização de comércio e indústrias, assim como, impeditivo em áreas de preservação ambiental.

Para o parâmetro VIII consideraram-se duas categorias, a primeira relativa a transporte até o ponto de recolhimento, dividido em ponto de ônibus e estações de transporte de massa (Metrô, Trem e Passa-Rápido). A segunda referente à localização de comércio relacionadas aos EEEs, considerando a localização de shoppings e de filiais das principais redes de venda.

Para o último, foram consideradas as organizações que trabalham de alguma maneira no segmento de REEE e que estejam localizadas dentro do município de São Paulo. Há outras distribuídas pelo território de todo o estado que recebe algum tipo de material produzido na cidade, porém para simplificação do problema não foram consideradas.

Os dados relativos aos parâmetros I, II, V e VI foram obtidos por meio do preenchimento de dados de tabela de Excel para a tabela de atributos do *shapefile* dos distritos de São Paulo, disponibilizado pela prefeitura de São Paulo. Para o VII o *shapefile* já estava disponível e não foi modificado. Para o VIII e IX, os pontos de ônibus, já existentes como tabela no site da SPTrans, foram convertido para *shapefile* no ArcGIS, os Shoppings já se encontravam em *shapefile* através de dados da prefeitura de SP, já para as estações de transporte de massa, comércio e recicladoras foram marcados no *Google Earth* os pontos e depois levados ao software ArcGIS para serem convertidos a *Layer* e após *Shapefile*. Para os parâmetros VIII e IX que utilizam distintas distâncias, estas obtidas por meio da ferramenta *Multiple Ring Buffer* no *Arctoolbox* no software ArcGIS.

Os *shapefiles* foram trabalhados com o software ArcGIS, sendo cada atributo analisado individualmente, ocorrendo primeiramente o preenchimento de uma nova coluna na tabela de atributos, com o peso dos subatributos arbitrados pela equipe. A Tabela 1 apresenta os atributos, e a qual parâmetro do decreto eles integram, os pesos atribuídos a eles na relação final, os subatributos, que configuram as faixas de valores que os atributos podem apresentar e os pesos para cada um dos intervalos. Os pesos para cada atributo foram definidos de forma os parâmetros do decreto recebessem a mesma importância, exceto o II, pois é diretamente proporcional à população, que é um atributo no parâmetro VI.

Os subatributos foram definidos de forma arbitrária, muitas vezes considerando intervalos que separassem de forma similar os distritos, em casos excepcionais, como o de renda, população e densidade, foi considerado os valores do próprio município como um dos limites. A escolha das distâncias até os pontos também foi facultativa, tomando como limitantes distâncias prováveis de deslocamento por parte dos consumidores. Para os pesos dos subatributos, utilizou-se uma escala de padronização muito comum em pixels que vai de 0 a 255, onde 51 indica baixa aptidão, 153 média aptidão e 255 como alta aptidão. O valor 0 é atribuído para os atributos ou fatores impeditivos, como corpos hídricos e áreas de proteção ambiental.

Por fim, os arquivos *shapefiles* são convertidos em *raster* utilizando a coluna dos pesos para a definição dos valores dos pixels. Tendo todos os *raster* confeccionados, se aplica uma ponderação entre eles, utilizando os pesos definidos para cada atributo, gerando o mapa final com a ferramenta *Raster Calculator* do ArcGIS.

Tabela 1. Definição de pesos para atributos e subatributos para os parâmetros do Decreto nº 10.240/20 e fatores impeditivos

Parâmetro	Atributos	Peso	Subatributos	Peso
I	Unidades de domicílios com energia	0,15	≤30.000	51
			30.000<X<40.000	153
			≥40.000	255
III	Geração de REEE(Kg/hab)	0,1	≤408.000	51
			408.000<X<600.000	153
			≥600.000	255

V	IDHM	0,09	$\leq 0,75$	51
			$0,75 < X \leq 0,8$	153
			$> 0,8$	255
V	Renda(R\$)	0,06	≤ 1.020	51
			$1.020 < X < 2.040$	153
			≥ 2.040	255
VI	População(hab)	0,045	≤ 85.000	51
			$85.000 < X < 125.000$	153
			≥ 125.000	255
	População Urbana(hab)	0,027	≤ 85.000	51
			$85.000 < X < 125.000$	153
			≥ 125.000	255
Densidade(hab/km ²)	0,06	≤ 7.400	51	
		$7.400 < X < 11.100$	153	
		≥ 11.100	255	
	Urbanização	0,018	Zona Urbana	255
VII	Zoneamento	0,15	Zonas de Baixa Atividade Econômica	51
			Zonas de Média Atividade Econômica	153
			Zonas de Grande Atividade Econômica	255
VIII	Distância até Shoppings(m)	0,063	≤ 500	255
			$500 < X < 1000$	153
			≥ 1000	51
	Distância até Comércio de eletroeletrônicos(m)	0,027	≤ 200	255
			$200 < X < 500$	153
			≥ 500	51
	Distância até estações de Metrô, Trem e Passa-Rápido (m)	0,042	≤ 500	255
			$500 < X < 800$	153
			≥ 800	51
Distância até pontos de ônibus (m)	0,018	≤ 20	255	
		$20 < X < 50$	153	
		≥ 50	51	
IX	Distância até organizações de REEE (m)	0,15	≤ 10.000	255
			$10.000 < X < 30.000$	153
			≥ 30.000	51
Impeditivos	Zoneamento	-	Zonas Ambientais Restritivas	0
	Corpo d'água	-	Represas e rios	0

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de habitantes variou de 8.185 para Marsilac a 360.512 para Grajaú, sendo estes os extremos dos distritos com menor e maior quantidade de domicílios com energia elétrica, tendo

2.316 e 102.905 unidades, respectivamente. No geral, ele é majoritariamente abastecido, tendo 1.674 domicílios particulares permanentes sem energia no ano de 2010.

Esperou-se que a geração de REEE varie em relação às distintas características socioeconômicas e culturais das localidades da cidade, assim, o ideal seria atribuir diferentes valores de geração per capita de acordo com tais características, em escalas de zonas, distritos ou até setores censitários. O IDHM varia entre 0,647 e 0,952 para Marsilac e Consolação, respectivamente. São 10 distritos medianamente desenvolvidos, 75 desenvolvidos e 11 altamente desenvolvidos, mostrando uma boa situação em relação a esse indicador. Além do IDHM, outros indicadores, como o Índice de Desenvolvimento Social, poderiam ser trabalhados em conjunto para uma análise mais completa. Para a utilização destes indicadores são necessários que os municípios o elaborem a níveis distritais e os mantenham de forma atualizada.

Para o atributo renda, novamente o menor valor é para o distrito de Marsilac com R\$ 665,74, porém o maior para Morumbi com R\$ 10.503,92. Somente 24 dos 96 distritos têm renda per capita menor de 2 salários mínimos e mais da metade acima de 1 salário e meio, além de, um terço estar acima de 4 salários mínimos, considerando o salário mínimo de 2010 como R\$ 510,00. Esses resultados indicam as disparidades econômicas encontradas nos distritos paulistanos.

O menor valor de densidade demográfica é apresentado mais uma vez pelo distrito de Marsilac com 39 hab/km² e o maior é o distrito de Bela Vista com 24.584 hab/km². 21 distritos de São Paulo possuem densidade menor da média do município, 7.400 hab/km², sete deles se localizam na Zona Oeste, 33 entre 7.400 hab/km² e 11.100 hab/km², 1,5 vezes a média, nove só na Zona Leste, já para aqueles maior de 11.100 hab/km² totalizam 42 distritos, com 20 também na Zona Leste.

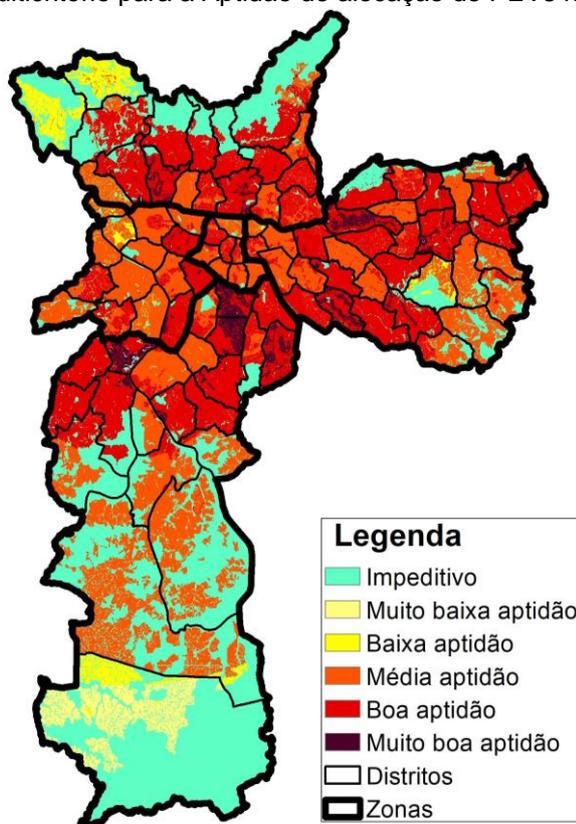
Com base no zoneamento municipal, as áreas consideradas de grande atividade econômica foram de 92.554km², 260.014km² para média, 595.343km² para baixa e 499.005km² como impeditivas. As melhores áreas estão localizadas nas Zonas Central e Leste, com ênfase para os bairros República e Sé, assim como, as de mais baixa atividade ou impeditivas estão na Zona Sul, com ênfase nos bairros Grajaú, o qual contém uma represa e Marsilac com uma grande área de conservação.

Com relação aos dados do parâmetro VIII, foram no total 495 lojas de grandes redes, além de 54 shoppings. Na análise foi considerado um peso maior para os shoppings por ser uma maior concentração de lojas, atraindo um maior quantitativo de pessoas diariamente. Atribuiu-se, assim, um raio de influência maior que para as lojas individuais. Para o transporte, foram 20.616 pontos de ônibus e 121 estações de transporte de massa, sendo que ambos estão concentrados na parte superior do município, com poucos abrangência nas extremidades.

As organizações de REEE foram mapeadas e passadas por uma pré-análise para selecionar organizações legalizadas. Uma base pré-existente e atualizada facilita a obtenção de informação e a veracidade dos dados. Ademais, informações sobre o porte da empresa e os serviços oferecidos possibilita a diferenciação destas, podendo aplicar diferentes áreas de abrangência ou diferentes pesos, de acordo com a complexidade da organização.

A Figura 2 apresenta o resultado final da análise multicritério, isto é, um mapa dos valores por pixel, dividido em “Impeditivo”, áreas com valor 0, “Muito baixa aptidão”, valores de 0 até 51, “Baixa aptidão”, de 51 até 102, “Média aptidão”, de 102 até 153, “Boa aptidão”, de 153 até 204, e “Muito boa aptidão”, de 204 até 255. As linhas divisórias finas delimitam os distritos de São Paulo, enquanto as grossas as Zonas.

Figura 2. Resultado da Análise Multicritério para a Aptidão de alocação de PEVs na cidade de São Paulo



Através de uma análise individual de cada atributo, conseguimos perceber as influências no resultado final. Os bairros da Zona Central são os mais ricos, com alto IDHM e renda per capita, assim como grande concentração de shoppings e comércio, no entanto, nenhuma parte desta área se classifica como “Muito boa aptidão”, algo que pode ser explicado por apresentarem pouca população, apesar da alta densidade populacional, que é um atributo muito presente na análise, sendo diretamente proporcional à geração de REEE e a quantidade de edifícios com energia. Bairros como Santa Cecília e República, além de parte da Sé, são os que apresentam os maiores resultados na Zona Central, tendo as maiores áreas na categoria “Boa aptidão”, já o distrito de Bom Retiro é majoritariamente enquadrado na “Média aptidão”, isso porque além do baixo peso populacional, apresenta o menor IDHM na região, além de Cambuci com baixa população e consequentemente baixo número de domicílios com energia.

Nas Zonas Norte e Leste as maiores áreas ainda se configuram como média e boa aptidão, destaque para o distrito de Mooca, São Lucas e Santana por possuírem uma parcela de seu território classificados como “Muito boa aptidão”, ambos estão na faixa mais alta de IDHM de suas zonas, assim como possuem alta renda. No entanto, essas zonas também possuem áreas com resultados classificados em “Baixa aptidão”, destaque para os distritos de Anhanguera e Perus na Zona Norte, ambos com grande porcentagem do território com a presença de impeditivos, ainda com baixa densidade populacional, renda e IDHM, ainda há a maior distância de comércio e escassez de transportes.

A Zona Sul apresentou os melhores resultados em sua área posterior, porém possui grandes áreas de muito baixa aptidão, baixa aptidão e impeditivos em sua porção inferior. Com destaques positivos estão Vila Mariana, Saúde e Vila Andrade, grandes áreas com “Muito boa aptidão”. Já como destaque negativo está o distrito de Marsilac com grandes áreas de muito baixa aptidão e parte de baixa aptidão, devido à baixa população, afastamento das estações e pontos de transportes, além da situação socioeconômica.

A Zona Oeste apresenta na maioria de seu território média aptidão, seguido por boa aptidão e baixa aptidão. Os melhores resultados estão nos distritos de Itaim Bibí, Jardim Paulista e Perdizes. Vila Leopoldina, Jaguará e Morumbi apresentaram os piores resultados, com regiões de baixa aptidão. No geral, o resultado é homogêneo para grande parte dos distritos, pelo fato de a maior parte dos dados utiliza a escala distrital, com exceção dos parâmetros VII, VIII e IX. Para ter resultados mais específicos sugere-se dados em escalas menores, como a de setor censitário. Além disso grande parte dos dados tem pelo menos dez anos, que foram aqueles obtidos através do IBGE e o IDHM, o que pode não representar a realidade atual. Essa dificuldade deve ser superada com o lançamento dos dados do novo censo a partir de pesquisas 2021, porém o trabalho sugere uma metodologia a ser seguida para estes futuros trabalhos. Outra dificuldade é a ausência de *shapefiles* para os parâmetros VIII e IX, que além de demandar tempo para localizar e georreferenciar os dados, não possui o mesmo grau de veracidade de órgãos públicos, porém já servem como base para que estes órgãos os elaborem.

O Edital de chamamento do Acordo setorial sugere um método populacional para aplicação de Pontos de Entrega Voluntária, esse método consiste na instalação de minimamente um PEV a cada 25 mil habitantes. Dessa forma, se nota que os bairros mais populosos, como o Grajaú, Jardim Ângela, Capão Redondo, entre outros na Zona Sul, teriam mais de 10 PEVs, as maiores quantidades de todo o município. Além disso, todos os bairros da região central teriam desde zero até três PEVs somente. Resultado completamente inverso do notado na Análise Multicritério, mostrando que, mesmo que a variável população tenha um grande peso no estudo para a implementação de PEVs, precisa levar em consideração diversos outros fatores além dela para apresentar resultados concisos para o município.

5. CONCLUSÃO

Os resultados da pesquisa evidenciam que o município de São Paulo foi caracterizado como uma região de alto potencial de geração de REEEs sendo, dessa forma, classificado na maioria de sua extensão por áreas de média ou boa aptidão à alocação de Pontos de Entrega Voluntário. Entre os melhores resultados destacam-se Vila Mariana, Saúde, Vila Andrade e Penha, enquanto entre os piores valores foram atribuídos à Marsilac, Anhanguera, Perus, Parque do Carmo e Vila Leopoldina. O estudo se baseou em alguns dos parâmetros estabelecidos pelo Decreto Federal nº 10.240/2020. No entanto, falta maior acessibilidade a dados que consubstanciam uma maior precisão da análise. Apesar dessa limitação da pesquisa, foi levado em consideração a maioria dos outros parâmetros na análise, o que contribui com a gestão e implementação da Fase II do referido decreto, propondo uma distribuição de PEVs que permita a aplicação da logística reversa em todo o território, segundo os critérios considerados, de forma coerente com a situação local e otimizando os recursos técnicos e econômicos. Com isso, considera-se um modelo de análise com possibilidade de utilização pelas empresas gestoras e órgãos responsáveis para a implementação dos SLR municipais. Ademais, a implementação dos SLR eficientes viabiliza a mineração urbana dos REEE, contribuindo para a coleta e recuperação de volumes mínimos necessários de matéria-prima para a indústria recicladora, facilitando assim a circularidade desse tipo de resíduo nos municípios brasileiros.

A Análise multicritério classifica as áreas com relação a sua aptidão, o que facilita na hora de escolher as melhores regiões para a implementação das PEVs. Um estudo complementar à esse seria uma análise para definir a quantidade ótima de PEVs por distritos e a distribuição desses pontos, além de possíveis locais a serem utilizados para tal finalidade, como lojas, estações de transporte e outros locais de grande movimentação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CETEM e ao CNPq pela bolsa concedida. Projeto CNPq nº 400555/2020-4.

1.

2. REFERÊNCIAS

- ARONOFF, Stan. Geographic information systems. A management perspective, p. 1989, 1989.
- BRASIL. Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes, 2019. Disponível em <<https://www.mma.gov.br/images/Acordo%20Setorial/Acordo%20Setorial%20-%20Eletroeletr%C3%B4nicos.pdf>>. Acesso em: 28 de março de 2020.
- BRASIL. Decreto Nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Estabelece normas para a implementação de sistema de logística reversa obrigatória de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. Disponível em <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2020/decreto-10240-12-fevereiro-2020-789763-publicacaooriginal-160002-pe.html>>. Acesso em: 28 de março de 2020.
- BRASIL. Edital de Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes. Edital nº 01/2013. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/editais_e_chamadas/SRHU/fevereiro_2013/edital_ree_srhu_18122012.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2020.
- BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 28 de março de 2020.
- Forti, V., Baldé, K., Kuehr, R., 2018. E-waste Statistics: Guidelines on Classifications, Reporting and Indicators. Second edition. United Nations University ViE – SCYCLE, Bonn, Germany https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6477/RZ_EWaste_Guidelines_LoRes.pdf. Acesso em: 20 de março de 2020.
- GRANDZOL, John; GERSHON, Mark. Multiple Criteria Decision Making-This tool can help in TQM efforts. Quality Progress, v. 27, n. 1, p. 69-74, 1994.
- IBGE. Panorama da Cidade de São Paulo, 2017. Dados sobre São Paulo. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>>. Acesso em: 28 de março de 2020.
- LUZ, Beatriz (org). Economia circular Holanda: Brasil : da teoria à prática.1ed. Rio de Janeiro : Exchange 4 Change Brasil, 2017. 164p.
- MELO, F. P.; GOIS, D. V.; SANTOS, C. A.; GUERRA, A. J. T. Estruturação de modelo de risco de degradação ambiental aplicado ao município de Pacatuba – SE. Cadernos de Geografia, Belo Horizonte, v. 28, n. 54, p. 674-685, 2018.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Reciclagem e Reaproveitamento, 2020. Informações sobre coleta seletiva. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento>>. Acesso em: 28 de março de 2020.
- OTTONI, M.S.O.; XAVIER, L.H.; Circularity in the Management of Waste Electrical and Electronic Equipment (E-waste): Contributions to Urban Mining in Brazil. XXVII Jornada de Iniciação Científica e III Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, 2019.
- PREFEITURA DE SÃO PAULO. Dados Abertos, 2015. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. Disponível em: <<http://dados.prefeitura.sp.gov.br/dataset/indice-de-desenvolvimento-humano-municipal>>. Acesso em: 28 de março de 2020.
- RODRIGUES, Angela Cassia; GUNTHER, Wanda Maria Rizzo; BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. Estimativa da geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos de origem domiciliar: proposição de método e aplicação ao município de São Paulo, São Paulo, Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 20, n. 3, p. 437-447, 2015
- VANSNICK, J.C. On the problem of weights in multiple criteria decision making (the noncompensatory approach. European Journal of Operational Research, 1986.
- XAVIER, L.H., LINS, F.A.F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. Brasil Mineral, n.379. Março, 2018.
- XAVIER, L.H.; OTTONI, M.; NASCIMENTO, H. Metodologia para a identificação e categorização das empresas atuantes na gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. 2º CONRESOL, 2019.