

Utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para seleção de áreas para pontos de descarte de Resíduos de Construção e Demolição (RCD): estudo de caso no município do Cabo de Santo Agostinho/PE

Development of a Geographic Information System (GIS) for selection of areas for disposal points for Construction Waste (RCD): case study in the municipality of Cabo de Santo Agostinho/PE

- **Data de entrada:**
22/08/2021
- **Data de aprovação:**
27/02/2023

Alberto Alvarenga da Silva^{1*} | Stela Fucale Sukar¹ | Kalinny Patrícia Vaz Lafayette¹ |
Diogo Henrique Fernandes da Paz¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2024.008>

ORCID ID

Silva AA  <https://orcid.org/0000-0003-4155-6497>
Sukar SF  <https://orcid.org/0000-0002-7536-498X>

Lafayette KP  <https://orcid.org/0000-0002-7954-2317>
Da Paz DHF  <https://orcid.org/0000-0003-0507-0545>

Resumo

A destinação final inadequada dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) acarreta graves problemas para a população, tais como contaminação de cursos d'água e proliferação de doenças. Dessa forma, este artigo objetiva a aplicação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para identificar a correlação entre os pontos de descarte irregular de RCD, a população e a renda média familiar, indicando possíveis áreas para instalação de Ecoestações no município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Brasil. A metodologia fundamentou-se na análise de 85 pontos de descarte irregular de RCD, levantados em 2016. Em seguida, procedeu-se à inserção desses dados em ambiente de SIG, por meio do software livre QGIS 2.18.0, para realização de análises espaciais de correlação. Os resultados mostram que 57,65% dos descartes irregulares encontram-se em áreas de baixa renda. Observa-se que 49,41% dos pontos encontram-se em áreas pouco adensadas, demonstrando que essas áreas são mais propensas a receber descartes irregulares. Por fim, a pesquisa apontou a necessidade de instalação de 10 (dez) Ecoestações no município.

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica. Ecoestações. Resíduo de Construção e Demolição.

Abstract

The inadequate destination of Construction and Demolition Waste (CDW) causes serious problems for the population, such as: contamination of water courses and proliferation of diseases. Thus, this article aims to apply a Geographic Information System (GIS) to identify the correlation between the irregular deposition points of CDW, the population and the average family income, indicating possible areas for the installation of Eco-stations in the mu-

¹ Universidade de Pernambuco - UPE - Recife - Pernambuco - Brasil.

* **Autor correspondente:** allbertoeng@hotmail.com.

municipality of Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, Brazil. The methodology was based on the analysis of 85 points of irregular deposition of CDW, surveyed in 2016. Then, we proceeded to insert these data into a GIS environment, using the free software QGIS 2.18.0, to perform spatial analysis of correlation. The results show that 57.65% of irregular disposals are found in low-income areas. It is observed that 49.41% of the points are located in low-density areas, showing that these areas are more prone to receiving irregular discards. Finally, the results indicated the need to install 10 (ten) Ecostations in the municipality.

Keywords: Geographic Information System. Ecostations. Construction and Demolition Waste.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a revista Panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Abrelpe (2021), as disposições irregulares de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) cresceram 16% entre os anos de 2010 e 2019. Dentre esses resíduos, destacam-se os Resíduos de Construção e Demolição (RCD), uma vez que chegam a representar entre 40% e 70% da massa total de RSU (MESQUITA, 2012). Essa variação foi observada em pesquisas nacionais sobre a geração de RCD em municípios brasileiros.

Em Jaboatão dos Guararapes, estado de Pernambuco (PE), com uma população de 644.620 pessoas (IBGE, 2010), foi verificada uma geração de 305,26 t/dia de RCD (SANTOS, 2015). Em Olinda/PE Falcão (2011), chegou-se a uma geração de 221,35 t/dia de RCD, considerando uma população de 391.433 pessoas, o que equivale a 43% e 71% do total de RSU, respectivamente, em comparação com os dados do Plano de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana do Recife (PERNAMBUCO, 2018).

Paz (2019) identificou, a partir de análise dos Dados Abertos Recife (RECIFE, 2020), que são coletados no Recife/PE cerca de 934 t/dia de RCD, sendo estes provenientes de Ecoestações e descarte irregular, correspondendo a 35% do total de RSU, sem considerar a parcela de RCD que é coletada junto aos resíduos domiciliares.

Ximenes (2018) realizou o mapeamento de 148 pontos de descarte irregular no município de Paulista/PE e constatou que a maioria desses pontos estava localizada em avenidas e ruas locais, perto de pequenas construções.

O descarte irregular de RCD é mais comum em bairros de menor renda (PAZ, 2019), atraindo outros tipos de resíduos não inertes, tornando mais complexa e dispendiosa a sua recuperação futura (BRASIL, 2010a). Essa situação evidencia a falta ou ineficiência de fiscalização, sendo fortemente influenciada pela ação dos pequenos geradores de RCD.

Para mudar tal realidade, foram criados no Brasil instrumentos legais para auxiliar os municípios na gestão de RCD. Destaca-se a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de RCD (BRASIL, 2001). Cabe também ressaltar a Resolução do CONAMA 348/2004 (BRASIL, 2004), que inclui o amianto na classe de resíduos perigosos, e a CONAMA 431/2011 (BRASIL, 2011), que estabelece nova classificação para o gesso.

Também merecem destaque a lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010b) e o Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010c), que regulamentou a PNRS.

A Resolução CONAMA nº 307/2002, alterada pela Resolução CONAMA nº 448/2012, estabele-

lece que os municípios devem elaborar o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, devendo constar no mesmo as diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores.

Por outro lado, o descarte irregular de RCD demonstra a necessidade de serem ofertados espaços adequados para a correta captação desses resíduos. Dessa forma, busca-se criar condições para uma futura reciclagem do RCD captado, preservando recursos naturais não renováveis e possibilitando uma destinação final ambientalmente adequada. Para isso, pode-se lançar mão da ferramenta de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Os SIG facilitam o acesso a vários tipos de informação pertencentes a única base de dados; possibilita ainda a elaboração de diferentes cenários e a simulação dos seus efeitos espaciais (DILL et al., 2001; BIJU, 2015). Paz et al. (2018) utilizaram o SIG para desenvolver uma metodologia de avaliação dos riscos ambientais em função do descarte irregular de RCD em sete municípios brasileiros. Por fim, Biluca et al. (2020) elaboraram uma metodologia para mapeamento de locais adequados à instalação de aterros sanitários para recebimento de RCD utilizando o SIG (aspecto compensatório) e o método ELECTRE TRI (não compensatório).

2 OBJETIVO

Este trabalho teve por objetivo utilizar um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para seleção de áreas destinadas ao recebimento, transbordo e triagem de RCD provenientes de pequenos geradores, denominadas de Ecoestações, tomando como estudo de caso o município do Cabo de Santo Agostinho/PE.

3 METODOLOGIA

Consiste em 04 (quatro) etapas: caracterização da área em estudo; obtenção de dados; inserção dos dados em ambiente de SIG e análises espaciais no SIG.

Etapa 01 - Caracterização da área em estudo.

Nesta primeira etapa são apresentados dados relacionados com a gestão municipal de RCD e indicadores básicos regionais.

a) Dados relacionados com a gestão municipal de RCD, com base na pesquisa de Silva (2017):

- Geração per capita de RCD: 0,74 kg/habitante dia;
- As 85 pilhas de RCD analisadas visualmente, apresentaram os seguintes percentuais: 74% material cerâmico (blocos e telhas); 73% argamassa; 68% plástico e; 54% solo/rocha;
- Uma única empresa terceirizada realizava a coleta e o transporte de RCD em todo o município;
- Os entulhos coletados (resíduos de poda, resíduos de capinação, RCD, dentre outros) eram encaminhados para o Aterro controlado de RSU da Pista Preta, localizado no próprio município;
- O valor pago por entulho coletado era de R\$ 75,89/tonelada e;
- Apesar do município não ter um sistema de coleta seletiva, existiam duas cooperativas que atuam na recuperação de materiais recicláveis, a COOMSERC (Cooperativa Mista de Serviços do Cabo de Santo Agostinho) e a Organização Não Governamental “Ame a mãe terra”.

b) Indicadores básicos regionais:

- Localização:

Situado nas coordenadas geográficas de Latitude S 8°17'15" e Longitude W 35°02'00" (PARAHYBA JÚNIOR, 2010). O município do Cabo

de Santo Agostinho/PE possui uma área total de 445,343 km² (IBGE, 2020). Confronta-se ao norte com os municípios de Moreno e Jaboatão dos Guararapes, ao sul com os de Ipojuca e Escada, ao leste com o Oceano Atlântico e ao oeste com Vitória de Santo Antão (FARDUPE, 2014).

- Demografia.

De acordo com o IBGE (2021) foi estimada para o ano de 2021 uma população total de 210.796 pessoas para o município em estudo, representando um crescimento populacional de aproximadamente 13,92% em comparação com a população registrada no censo de 2010.

- Relevo.

Segundo Assis (1999), predominam de modo geral no município os seguintes conjuntos de relevo: “o relevo ondulado, formado por morros e colinas, com declividades acentuadas, ocupando mais de 80% da área total do município; e o relevo semipleno, [...]”

- Organização político-administrativa.

O município encontra-se dividido em 09 (nove) áreas político administrativas (APAs) (Fig. 1) e estas subdivididas em bairros (Fig. 2) (CABO DE SANTO AGOSTINHO, 2016a).

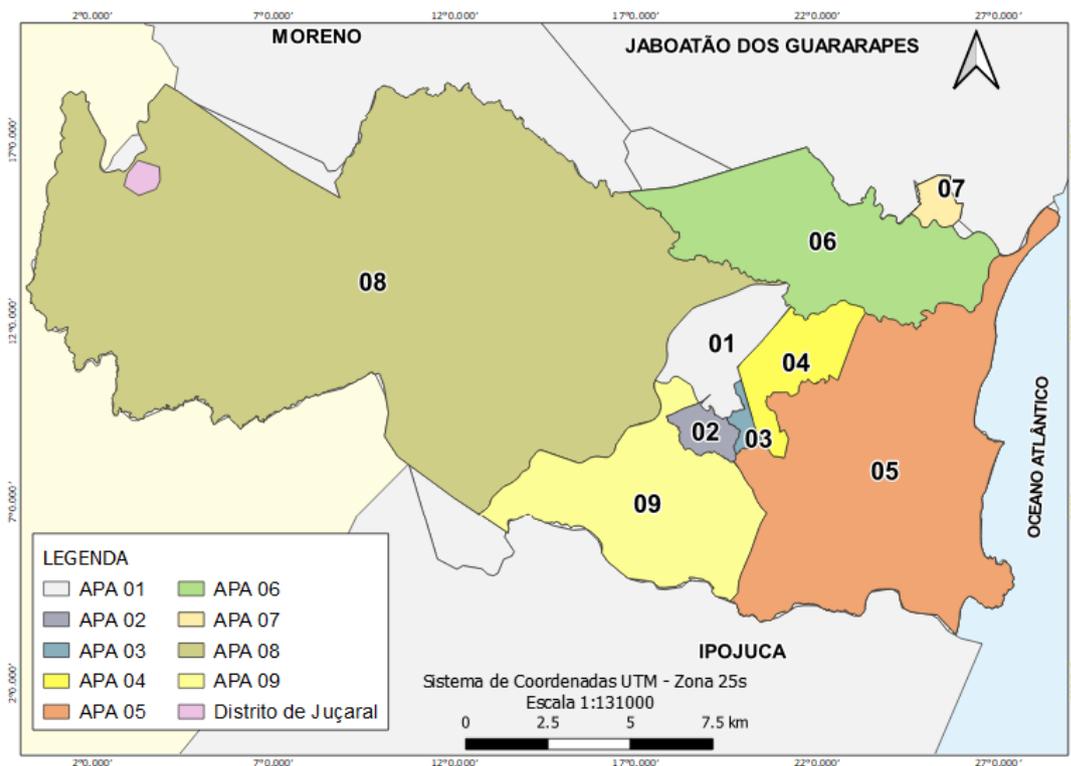


Figura 1 - Divisão Político Administrativa do município do Cabo de Santo Agostinho/PE.

- Ocupação urbana

De acordo com o censo realizado pelo IBGE (2010), existiam no município 53.402 domicílios particulares permanentes e uma taxa de urbanização de 90,68%. Isso revela o elevado grau de

urbanização do município, provavelmente consequência do êxodo rural.

O município tem sua ocupação urbana distribuída em grandes concentrações isoladas, indo desde o Distrito sede, ao redor do entroncamen-

to da PE-60 com a BR-101, trecho antigo, e indo mais ao sul, estende-se pela PE-60 até o bairro de Rosário, até ao limite da propriedade do Complexo de Suape (FADURPE, 2014).

Ainda segundo a referida fonte, as áreas localizadas na faixa de praias possuem um padrão urbanístico bastante diferenciado dos outros conjuntos urbanos, indo de loteamentos de alto padrão construtivo como os da Reserva do Paiva,

à ocupação de veraneio, originalmente segunda residência, nas praias de Gaibu, Enseada dos Corais e Itapoama.

De forma geral, a formação dos bairros do município ocorreu mais ao leste e na faixa litorânea. Cabendo ainda destacar o bairro de Juçaral (APA 08) pertencente à zona rural do município, como pode ser observado na Fig. 2.

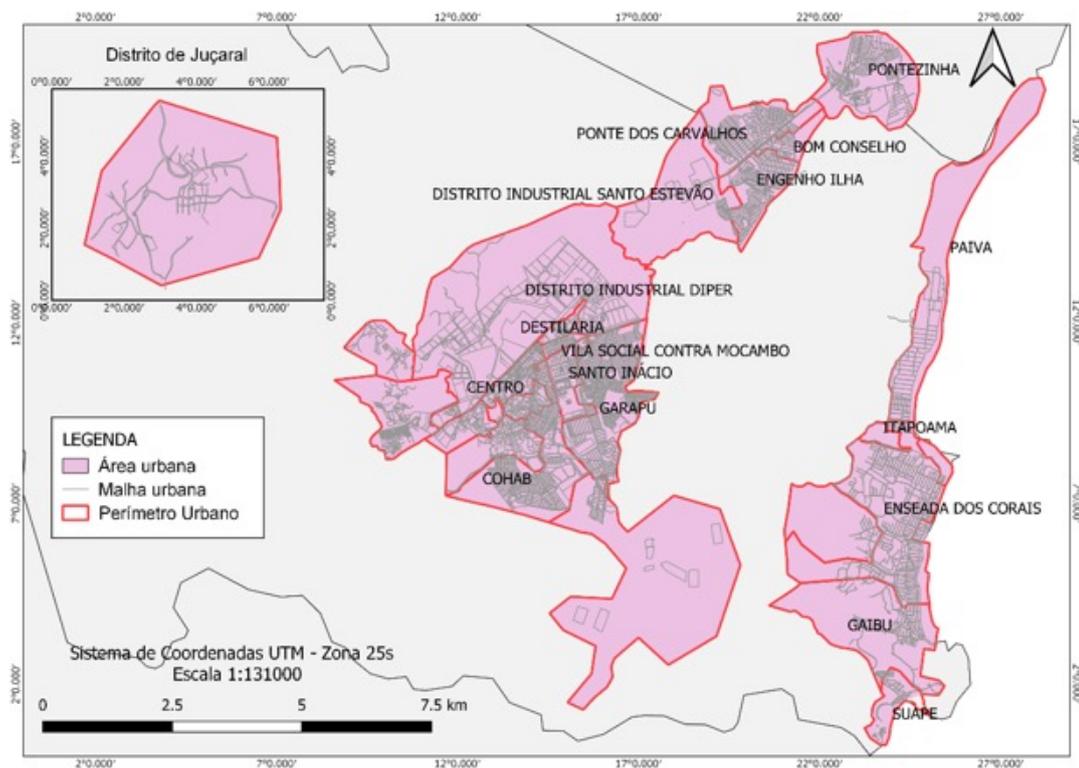


Figura 2 - Área urbana do município do Cabo de Santo Agostinho/PE.

Por meio das informações apresentadas é possível conhecer aspectos relacionados com a gestão de RCD local, assim como indicadores regionais característicos do município objeto. Essas informações são essenciais para interpretar adequadamente as dinâmicas apresentadas nas análises espaciais de correlação que serão realizadas por meio do SIG.

Etapa 02 - Obtenção de dados.

O segundo passo para a aplicação do SIG é a criação de um banco de dados geográfico. Para isso, inicialmente foi realizada uma pesquisa de campo que envolveu a identificação dos pontos de descarte irregular de RCD por meio da observação direta e do seu mapeamento.

A coleta de dados foi iniciada no final do ano de 2015 e seguiu até o final do ano de 2016. A inserção dos dados em ambiente de SIG e as análises espaciais de correlação, relacionando o descarte irregular com as características demográficas e a renda, foram desenvolvidas durante o ano de 2016. Essas tomaram por base metodologias apresentadas por Paz et al. (2018) e Holanda et al. (2016).

A partir do reconhecimento desses pontos, identificaram-se as coordenadas geográficas por meio do uso do GPS (*Windows Phone*), plotando os pontos a partir da utilização do programa Google Earth. Também foi realizada uma classificação das áreas de acordo com sua localização em cada bairro, número de habitantes, tipo de pavimentação existente, vegetação, entre outros, baseando-se na pesquisa de Albuquerque (2015).

Importante esclarecer que a observação só foi feita na área urbana do município, dessa forma não foram mapeados pontos de descarte irregular de RCD na APA 08 que compreende a zona rural do município.

Mediante acesso às licenças de construção expedidas, nos anos de 2014 e 2015, pela Prefeitura do município do Cabo de Santo Agostinho/PE, foram obtidos os quantitativos das áreas licenciadas para novas construções por bairro, assim como as suas respectivas tipologias construtivas. Dessa forma, pode-se compreender a dinâmica construtiva do município, identificando áreas de expansão urbana, e relacioná-la com a distribuição dos pontos de descarte irregular de RCD mapeados.

Por meio da análise visual “*in loco*”, foi realizada a classificação quantitativa das pilhas de RCD cadastradas. Nesta pesquisa, as pilhas foram classificadas em pequenas, médias e grandes, utilizando-se o seguinte critério de classificação:

- Pilhas de porte pequeno: Aquelas que poderiam ser removidas por meio de um carro de mão;
- Pilhas de porte médio: Aquelas que poderiam ser removidas por uma caçamba de 5m³ e;
- Pilhas de porte grande: Aquelas que necessitariam de um volume maior que 5m³ para serem removidas.

Etapa 03 - Inserção dos dados em ambiente de SIG.

Na terceira etapa, os pontos levantados foram plotados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com a utilização do software livre QGIS 2.18.0; foram incluídas informações como coordenadas, município, bairro e ruas.

Além disso, identificaram-se as características socioeconômicas de cada bairro/microrregião que compõe as Áreas Político Administrativas (APAs), como população e renda média familiar, de forma a correlacionar os pontos de descarte irregular de RCD com as características da área.

As características socioeconômicas de cada região foram obtidas na Base de Informações do Censo Demográfico de 2010 do IBGE. Todos os dados coletados foram tabulados em planilha eletrônica e, posteriormente, importados para o software QGIS 2.18.0.

Etapa 04 - Análises espaciais no SIG.

Na quarta etapa, com as informações de cada ponto cadastradas e já inseridas no SIG, foram realizadas várias análises espaciais correlacionando os pontos de descarte irregular de RCD com as características da região.

Pinto e Gonzáles (2005) definem bacias de captação como “zonas homogêneas que atraíam a maior parcela possível do RCD gerado em sua área de abrangência.” Sendo assim, conhecendo

a localização das deposições irregulares e o perfil dos agentes geradores e coletores dos pequenos volumes, é possível definir os limites das bacias de captação e a localização dos pontos de entrega voluntária, respeitando-se os atuais fluxos de coleta e lançamento desses resíduos (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).

Ainda de acordo com os referidos autores, para definir os limites das bacias de captação, foram levados em conta os seguintes fatores:

- Capacidade de deslocamento dos pequenos coletores (equipados com carrinhos, carroças e outros pequenos veículos) em cada viagem, ou seja, algo entre 1,5 km e 2,5 km;
- A altimetria da região, para que os coletores não sejam obrigados a subir ladeiras íngremes com os veículos carregados, para realizar o descarte dos resíduos e;
- As barreiras naturais que impedem ou dificultam o acesso ao ponto de entrega.

Seguindo a metodologia proposta por Scremin (2007), utilizando a Eq. 1, chegou-se à quantidade de pontos necessária para o gerenciamento correto do RCD proveniente dos pequenos geradores.

$$N_{PEV_EST} = \frac{A_u}{(\pi \times R_{AB}^2)} \quad (1)$$

Onde:

N_{PEV_EST} é o número de Pontos de Entrega Voluntária – Ecoestações;

A_u é a área urbana do município (km²) e;

R_{AB} é o raio de abrangência das Ecoestações (km).

De posse dessas informações, com o auxílio das ferramentas de SIG, foi criada uma densidade de Kernel, para identificar os locais com maior concentração de pontos.

A densidade de Kernel ou função Kernel “realiza uma contagem de todos os pontos dentro de um raio de influência, ponderando-se pela distância de cada um à localização de interesse”, possibilitando estimar o comportamento de padrões de pontos (BERGAMASCHI, 2010).

Posteriormente, foi criado um *buffer* de 200 metros em torno dos pontos de descarte irregular para identificar áreas próximas aos locais já escolhidos pela população para disposição dos resíduos.

A área ideal para instalação de uma Ecoestação deve ser entre 200m² e 600m², com forma irregular, em área pública ou privadas, ou, ainda, áreas alugadas ou arrendadas para tal finalidade (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).

Por fim, conclui-se que a escolha dos locais se deu pela relação entre a densidade de pontos, porte das pilhas e disponibilidade de terreno para a construção. Foi utilizado o critério de proximidade de 200m para escolha do terreno. Os locais que possuíam pontos de maior porte foram os mais favoráveis e os terrenos devem ser públicos ou viabilizados pela prefeitura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da coleta de dados de campo, foram mapeados 85 pontos de descarte irregular de RCD no município do Cabo de Santo Agostinho/PE, conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 - Quantitativo de pontos de descarte irregular de RCD por bairro - Cabo de Santo Agostinho/PE.

APAs	Bairros	Nº de pontos de descarte irregular de RCD
04	Garapu	17
06	Ponte dos Carvalhos	13
05	Enseada dos Corais	12
07	Pontezinha	07
03	Cohab	07
06	Engenho Ilha	06
04	Santo Inácio	04
01	Centro	03
04	Destilaria Presidente Vargas	03
04	Vila Social Contra Mucambo	03
06	Distrito Industrial Santo Estevão	03
05	Itapoama	02
05	Gaibu	02
05	Vila de Suape	02
06	Bom Conselho	01
	Total	85

A análise da Tabela 1 revela que a APA 04 possui 27 pontos de descarte irregular de RCD, destacando-se o bairro de Garapu, com 17 pontos, devido, possivelmente, à forte dinâmica construtiva local, estimulada pela chegada de trabalhadores para atuar no complexo industrial e portuário de Suape. Os percentuais de pontos de descarte irregular de RCD por APA, estão apresentados na Fig. 3.

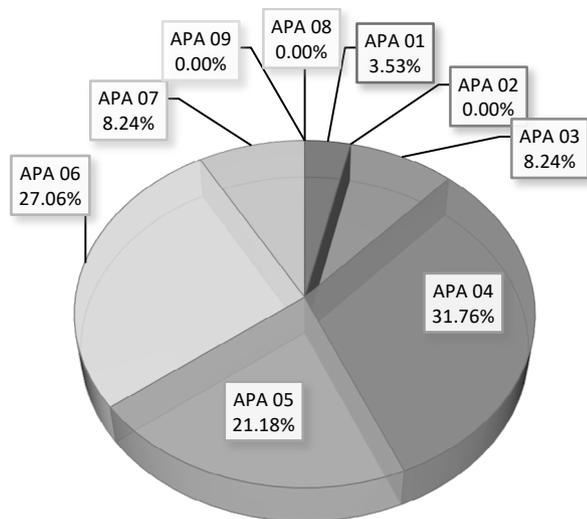


Figura 3 - Percentuais de pontos de descarte irregular de RCD por APA - Cabo de Santo Agostinho/PE.

Observa-se (Fig. 3) que a APA 04 se destaca das demais com 31,76% dos pontos, possivelmente um reflexo da dinâmica construtiva evidenciada pelas licenças para novas construções de uso multifamiliar (Tabela 2).

Verifica-se que a APA 06, com 27,06%, foi a segunda em percentual de quantitativos de pontos (Fig. 3). Essa condição se dá pela forte demanda por galpões logísticos, reflexo das atividades comerciais do Porto de Suape, fato constatado pelo valor de 151.396,63m² de área licenciada para construção de galpões no bairro de Ponte dos Carvalhos (Tabela 2).

Cabe ainda destacar a APA 05, localizada na região litorânea (Fig. 1), com 21,18% dos quantitativos de pontos (Fig. 3), destacando-se o bairro de Enseada dos Corais, com 12 pontos de descarte irregular. Importa salientar que a maioria dos pontos localizados estava próximo a obras de pequeno porte, com características de informalidade. Essa situação se deve, em grande medida, à especulação imobiliária resultante da construção do empreendimento Reserva do Paiva.

Para melhor entendimento quanto ao impulso especulativo imobiliário gerado pela construção do empreendimento Reserva do Paiva, cabe informar que esse empreendimento foi o primeiro bairro planejado da região metropolitana do Recife, com 530 hectares (Reserva do Paiva, 2022).

Vale ainda destacar ser o Reserva do Paiva um empreendimento de alto luxo responsável pela construção da Via Parque e da ponte sobre o rio Jordão (CASTELLAN et. al., 2013), que une o município do Cabo de Santo Agostinho/PE com o município de Jaboatão dos Guararapes/PE, diminuindo a distância do bairro do Paiva até a capital estadual.

A Tabela 2 relaciona a quantidade de áreas licenciadas para novas construções com os bairros, número de licenças e tipologias construtivas, conforme dados de Cabo de Santo Agostinho (2016b).

Tabela 2 - Relação das áreas licenciadas para novas construções, nos anos de 2014 e 2015, com: bairro, número de licenças e tipologia construtiva no município do Cabo de Santo Agostinho/PE.

Bairro	Licenças para construir (novas construções)														
	Nº Licenças	Área licenciada (m²)													
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	TOTAL
Ponte dos Carvalhos	9	-	16.740,04	224,74	151.396,63	1.234,80	-	-	18,44	-	-	129.104,28	-	-	298.718,93
Reserva do Paiva	5	567,51	40.132,02	-	-	-	-	-	-	-	92.551,81	28.778,17	4552,76	-	166.582,27
Charneca	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3.825,41	-	-	-	153.910,13	157.735,54
Suaape	4	48,00	-	-	105.687,48	7.305,02	-	-	-	-	-	-	-	-	113.040,50
Rosário	1	-	83.753,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83.753,04
Garapu	47	1.023,78	8.060,94	6.344,51	-	-	-	-	-	-	-	27.709,49	-	-	43.138,72
Distrito Industrial	4	1.023,78	8.060,94	6.344,51	-	-	-	-	-	-	-	27.709,49	-	-	43.138,72
Enseada dos Corais	25	2.535,58	3.988,03	216,20	-	-	-	277,34	39,98	-	-	-	-	-	7.057,13
Centro	5	6.254,49	-	671,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.926,26
Santo Inácio	7	-	704,24	1.403,21	537,78	-	-	-	-	-	-	-	2051,39	-	4.696,62
Gaibu	2	-	375,21	2.805,85	-	-	522,86	-	-	-	-	-	-	-	3.703,92
Pontezinha	2	-	374,04	-	2.920,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.294,11
Cidade Jardim	1	-	1.138,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.138,28
Itapuama	2	265,50	547,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	812,73
Vila Dr. Manoel Clementino	1	-	259,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	259,84
Cohab	1	-	-	148,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	148,80
TOTAL	118	10.694,86	156.072,91	14.375,59	263.742,29	32.783,60	522,86	277,34	58,42	3.825,41	92.551,81	185.591,94	6.604,15	153.910,13	921.011,31

A: Construções Unifamiliares; B: Construções Multifamiliares; C: Construções Comerciais; D: Galpões Logísticos; E: Construções Industriais; F: Uso Misto; G: Pousadas; H: ERB; I: Institucional; J: Empresariais; K: Hotel; L: Construções Educacionais; M: Grandes Empreendimentos.
Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal do Cabo de Santo Agostinho (2016)

Quanto ao quantitativo de licenças para novas construções, a análise da Tabela 2 revela que o bairro de Garapu apresenta o maior número, com um total de 42,20% das licenças, destacando-se construção do tipo hotel com 27.709,49m² de área construída, voltada, principalmente, na época, para atender aos executivos das indústrias próximas, como as do polo industrial de Suaape, destacando-se o estaleiro Atlântico Sul e a refinaria Abreu e Lima (SILVA, 2017).

Do ponto de vista dos tipos construtivos, a Tabela 2 mostra a predominância de construções do tipo galpões logístico, com um total de 263.742,29m², concebidas para servir de depósito para estocagem de materiais e para instalar

novas empresas atraídas pelas oportunidades comerciais que estavam sendo geradas pelo aquecimento da economia local (SILVA, 2017).

Observa-se também que o bairro da Charneca (APA 09) é pouco representativo do ponto de vista do quantitativo de licenças para novas construções, com apenas uma licença. Já a APA 02 não apresentou áreas licenciadas nos períodos observados.

A quantidade de pontos de descarte irregular de RCD por km² da respectiva APA está mostrado na Fig. 4. Apesar da APA 03 ter representado apenas 8,24% (Fig. 3) dos pontos de descarte irregular de RCD, seu alto valor de densidade se justifica por sua pequena área de, aproximadamente, 1,421 km².

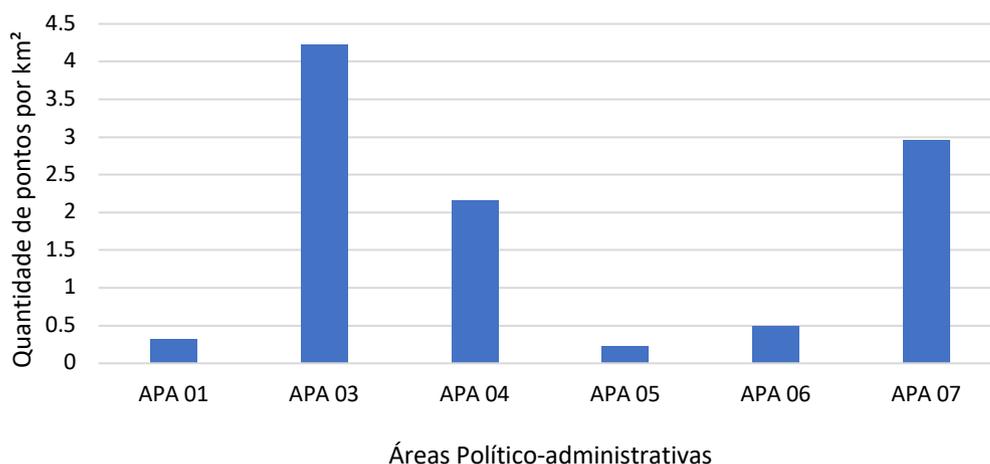


Figura 4 - Quantidade de pontos de descarte irregular de RCD por km² - Cabo de Santo Agostinho/PE.

Verifica-se (Fig. 4) que a APA 07 é a segunda em densidade de pontos, aproximadamente, 2,96 pontos/km², seguida pela APA 04, por volta de 2,16 pontos/km². Devido á variabilidade das densidades calculadas, a mediana foi adotada como medida de tendência central, apresentando o valor aproximado de 0,84 pontos/km².

A medida de tendência central obtida foi maior que a obtida na cidade de Jaboatão dos Guararapes (SANTOS, 2015), que foi por volta de 0,41 pontos/km². E menor que as quantidades médias observadas nas cidades de Paulista (XIMENES, 2018) e Recife (PAZ, 2019), que foram respectivamente de: aproximadamente 4,0 pontos/km² e 4,63 pontos/km².

Observa-se ainda (Fig. 4) que não foram encontrados pontos de descarte irregular de RCD na APA 02, provavelmente devido ao fato de estar localizada em uma região central da cidade, com uma maior fiscalização municipal.

A Fig. 5 apresenta uma visão de dois pontos de descarte irregular de RCD no município do Cabo de Santo Agostinho/PE, situado às margens de logradouros públicos, no bairro de Garapu (APA 04). Percebe-se que os descartes irregulares de RCD estão exercendo ação atrativa sobre outros tipos de resíduos, como os domiciliares (PINTO, 1999; MARQUES NETO, 2004; PAZ, 2014).



Figura 5 - Descarte irregulares de RCD no bairro de Garapu - Cabo de Santo Agostinho/PE.

A localização e o porte dos pontos de descarte irregular de RCD em comparação com a renda média familiar dos setores censitários do IBGE, está

apresentada na Fig. 6, a fim de conhecer o perfil de renda das áreas com maiores quantidades de pontos de descarte irregular.

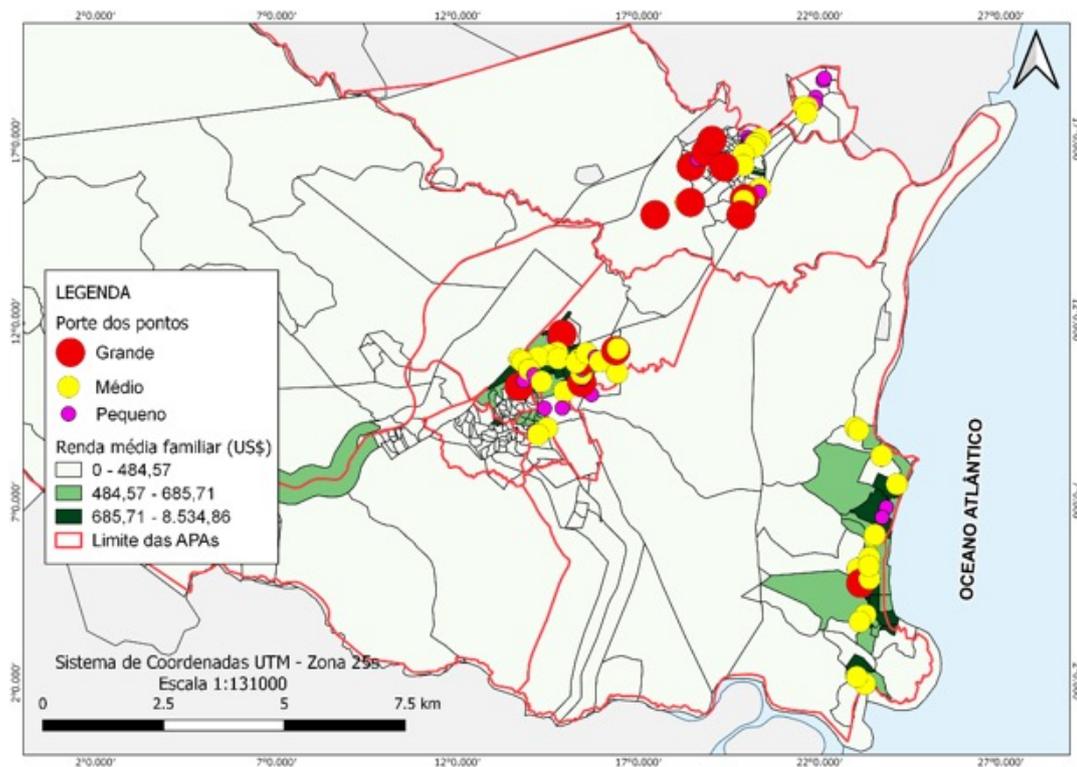


Figura 6 - Tamanho dos pontos de descarte irregular de RCD em relação à renda média familiar - Cabo de Santo Agostinho/PE.

Para efeito de classificação, neste artigo foram consideradas de baixa renda as famílias com renda média familiar de até dois salários mínimos, equivalendo em 2010 (ano do último recenseamento) o valor do salário mínimo a R\$ 510,00 (UOL, 2009).

Para conversão de Real (R\$) para Dólar Americano (US\$) foi considerado o valor da média das cotações do Dólar para venda no ano de 2010 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2022), chegando-se ao valor médio de R\$1,75 por Dólar.

Sendo assim, verifica-se que 57,65% dos pontos de descarte irregular de RCD encontram-se no entorno de áreas com renda média familiar entre

0,00 US\$ e US\$ 484,57. Esse resultado demonstra que a maioria dos descartes irregulares ocorre em regiões de baixa renda.

Observa-se ainda que 17,65% dos pontos estão situados em regiões com renda média familiar entre US\$ 484,57 e US\$ 685,71, enquanto 24,70% dos pontos se localizam em regiões com renda média familiar entre US\$ 685,71 e US\$ 8.534,85.

Nas áreas menos nobres, com poucas obras de grande e médio porte, predominam pontos de grande porte, o que sugere que esses locais podem estar servindo como área de descarte por carroceiros informais que atuam na região. Ação

esta, provavelmente, facilitada pela ineficiência da fiscalização por parte dos órgãos públicos competentes. O mesmo foi observado por Paz et al. (2016) no município de Olinda/PE, onde foi mapeada uma maior quantidade de pontos de grande porte no entorno de áreas de menor renda.

Por outro lado, nas áreas mais nobres, com maior renda, predominam pontos de porte médio e pequeno, indicando que essas áreas, por sofrerem

uma fiscalização mais efetiva dos órgãos municipais, são menos atrativas ao descarte irregular de RCD. Também é possível que tal situação esteja relacionada com um maior nível de conscientização por parte da população residente local e pela menor disponibilidade de terrenos baldios.

Também foi analisada a relação entre a localização e o porte dos pontos de descarte irregular de RCD com população, conforme se observa na Fig. 6.

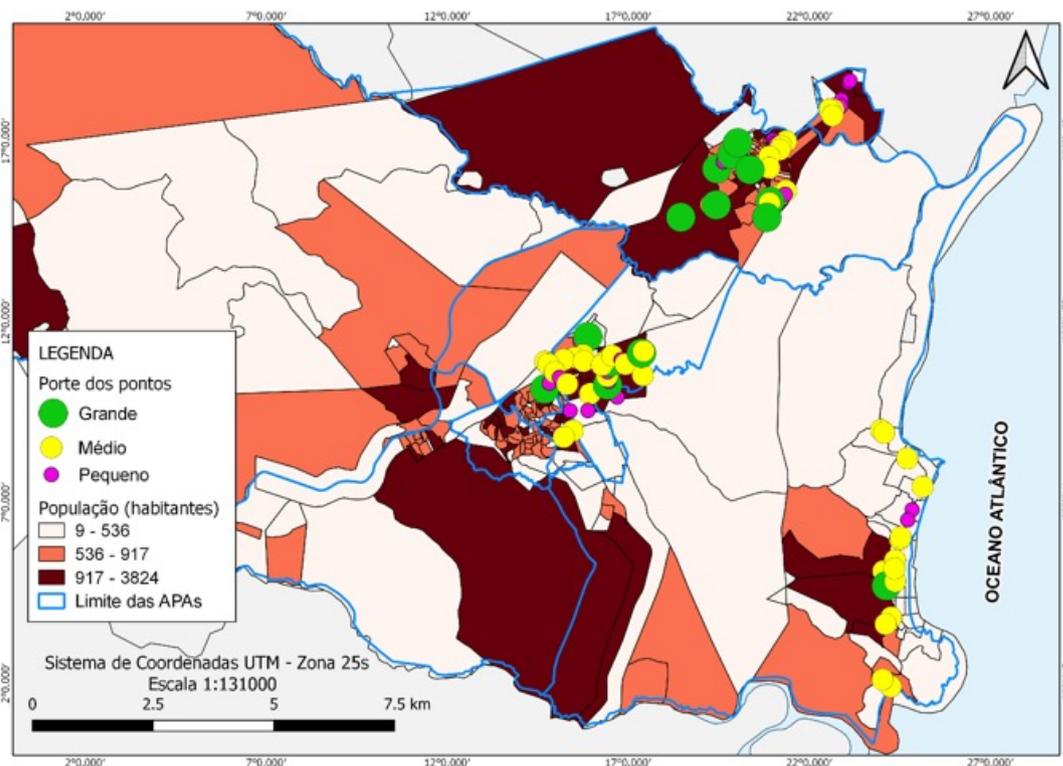


Figura 7 - Tamanho dos pontos de descarte irregular de RCD em relação ao número de habitantes.

Observa-se que 49,41% dos pontos encontram-se em áreas pouco adensadas, predominando nessas áreas pilhas de porte médio que representam 30,59% do total de pontos levantados. De forma geral, verifica-se que 29,41% dos pontos são considerados de porte pequeno, 54,12% de porte médio e 16,47% de porte grande.

Nas áreas mais adensadas foram encontrados apenas 5,88% dos pontos, sendo 1 de peque-

no porte, 3 de médio porte e 1 de grande porte. Desta forma, demonstra-se que as áreas menos habitadas são as mais propensas a receberem descartes irregulares de RCD.

A partir destas comparações, a Fig. 7 apresenta o mapa de calor, onde é possível observar onde há uma maior concentração de pontos de descarte irregular, e o buffer de 200 m, que representa as áreas ideais para escolha dos terrenos onde serão instaladas as Ecoestações.

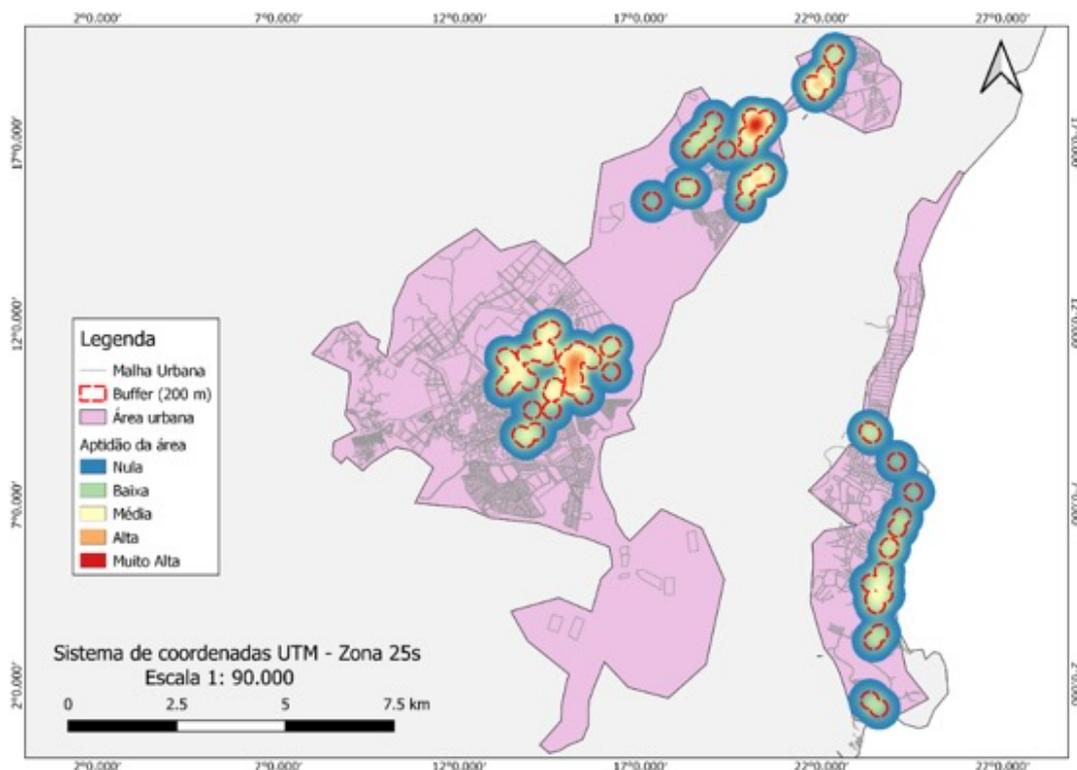


Figura 8 - Mapa de calor e buffer de 200 m dos pontos de descarte irregular.

As maiores concentrações de pontos de descarte estão localizadas nos seguintes bairros: Garapu, Centro e Ponte dos Carvalhos. Destes, os bairros Centro e Ponte dos Carvalhos foram considerados os mais críticos, e com alta aptidão a receber uma Ecoestação.

De acordo com a Eq. 1, seriam necessárias, aproximadamente, 9,36 Ecoestações para atender ao município, considerando o raio de abrangência de 1,5 km. Neste estudo, foram propostas 10 Ecoestações.

Os locais escolhidos para a implantação das Ecoestações, propostos com base na análise de relação dos pontos cadastrados com as características da região, e suas respectivas bacias de captação, estão mostrados na Fig. 8.

Os bairros escolhidos foram os seguintes: Centro (APA 01), Cohab (APA 03), Vila Social Contra Mucambo (APA 04), Enseada dos Corais (APA 05), Ponte dos Carvalhos (APA 06), Pontezinha (APA 07) e Juçaral (APA 08).

Cabe esclarecer que a escolha do bairro de Juçaral para implantação de uma Ecoestação, apesar de ser uma área rural e de não ter sido contemplado por esta pesquisa, foi feita com base no critério territorial da Equação, uma vez que foram consideradas no cálculo a área de cada APA.

Por fim, a Tabela 3 apresenta a relação das áreas, aproximadas, das APAs e dos bairros indicados para instalação de Ecoestações no município do Cabo de Santo Agostinho/PE, levando em consideração o intervalo ideal de 200m² a 600m².

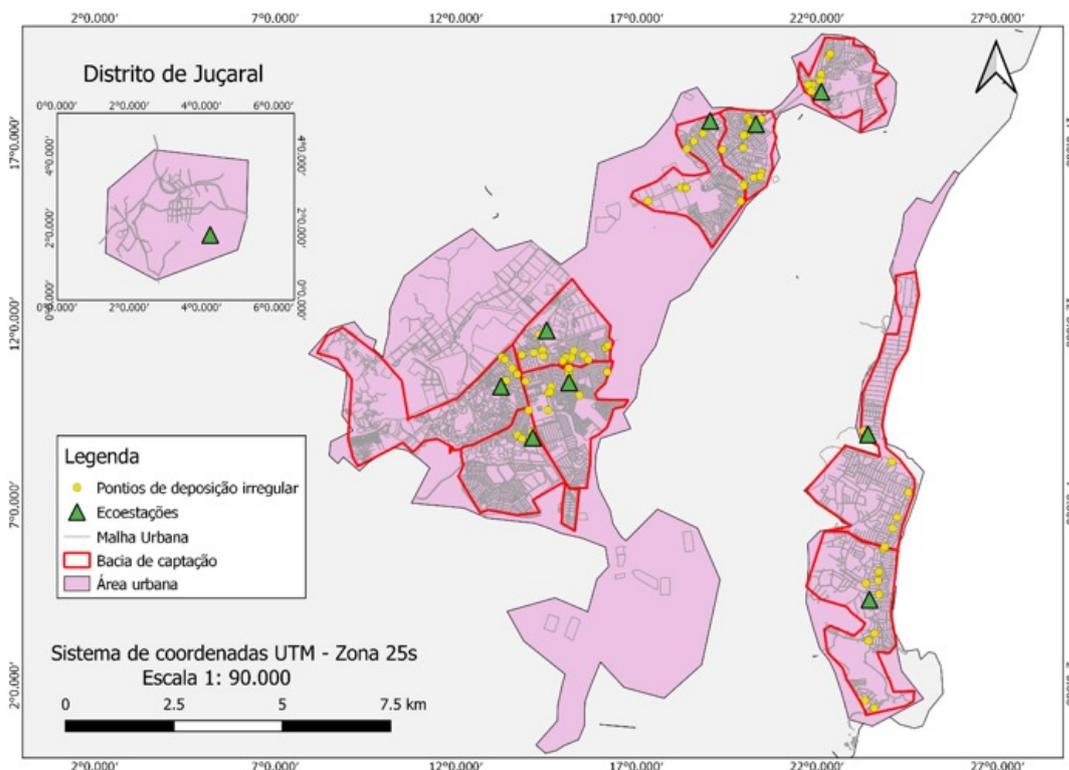


Figura 9 - Localização das Ecoestações propostas e bacias de captação - Cabo de Santo Agostinho/PE.

Tabela 3 - Sugestão de áreas para instalação de Ecoestações no município do Cabo de Santo Agostinho/PE.

Ecoestação	Áreas (m ²)	APAs	Bairros
01	437,00	07	Pontezinha
02	428,00	06	Ponte dos Carvalhos
03	448,00	06	Ponte dos Carvalhos
04	297,00	05	Enseada dos Corais
05	427,00	05	Enseada dos Corais
06	330,00	08	Juçaral
07	448,00	03	Cohab
08	413,00	01	Centro
09	280,00	04	Vila Social Contra Mucambo
10	271,00	04	Garapu

5 CONCLUSÕES

No quesito caracterização da área de estudo, verifica-se que o município se encontra dividido em 09 (nove) áreas político-administrativas, estas subdivididas em bairros. Apresenta ocupação urbana distribuída em aglomerados isolados, localizados, de forma geral, a leste e mais próxima ao litoral.

Quanto à obtenção de dados, os resultados comprovam que o quantitativo de 85 (oitenta e cinco) pontos mapeados foram suficientes para realização das análises espaciais de correlação. Observa-se também que a classificação quantitativa das pilhas, por meio da análise visual, e os critérios de classificação adotados se mostraram adequados, conferindo celeridade e praticidade ao estudo.

Mediante acesso às licenças de construção expedidas pela Prefeitura do município do Cabo de Santo Agostinho/PE, durante os anos de 2014 e 2015, pode-se compreender a dinâmica construtiva do município, identificando áreas de expansão urbana e correlacioná-las com a distribuição dos pontos de descarte irregular de RCD mapeados.

Observa-se que a inserção dos dados em ambiente de SIG, além de permitir o georreferenciamento dos pontos, por meio da inserção de suas coordena-

nadas geográficas, possibilitou também a realização de análises espaciais territoriais, por meio da inserção de dados quantitativos e descritivos.

Por meio do Mapa de Kernel foi possível representar e quantificar a relação entre pontos dentro de um raio de influência. Dessa forma, pode-se estimar e analisar o comportamento, os padrões seguidos no processo de descarte irregular na área estudada. Além disso, por meio da utilização do SIG também foi possível a elaboração de outros tipos de mapas temáticos com base nas informações já inseridas, tais como as informações socioeconômicas de renda média familiar e população residente.

Verifica-se também que 57,65% dos pontos de descarte irregular de RCD encontram-se no entorno de áreas com renda média familiar entre US\$ 0,00 e US\$ 484,57. Percebe-se que 17,65% dos pontos estão situados em regiões com renda média familiar entre US\$ 484,57 e US\$ 685,71, enquanto 24,70% dos pontos se localizam em regiões com renda média familiar entre US\$ 685,71 e US\$ 8.534,85.

Quanto à população residente, observa-se que 49,41% dos pontos se encontram em áreas pouco adensadas e que apenas 5,88% dos pontos pertencem a áreas mais adensadas, demonstrando que as áreas menos habitadas são as mais propensas a receber descartes irregulares de RCD. Verifica-se ainda que 29,41% dos pontos são considerados de porte pequeno, 54,12% de porte médio e 16,47% de porte grande.

Por fim, aplicando-se a metodologia ao município do Cabo de Santo Agostinho/PE, chegou-se à necessidade de 10 (dez) Ecoestações, justamente próximas a bairros de baixa renda e menos populosos.

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

7 REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Último acesso em: 10 de janeiro de 2021.

ALBUQUERQUE, D.M.S. **Impacto socioambiental da deposição irregular dos resíduos da construção e demolição na cidade do Recife/PE**. 2015. 179 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.

Assis, Hortencia Maria Barboza de. **Cartografia geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho/PE**. Recife: CPRM/FIDEM, 1999. (Série Cartas Temáticas, Volume 04). 32 p. il.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – **Cotação e boletins**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/historicocotacoes>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

BERGAMASCHI, R. B. **SIG aplicado a segurança no trânsito – estudo de caso no município de Vitória – ES**. 74 f. (Monografia de Graduação). Universidade Federal do Espírito Santo: Vitória, 2010.

BIJU, Bárbara Pavani. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção e demolição**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 113 f., 2015.

BILUCA, J.; AGUIAR, C. R.; TROJAN, F. Sorting of suitable areas for disposal of construction and demolition waste using GIS and ELECTRE TRI. **Waste Management**, Nova York, Estados Unidos, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.007>

BRASIL. **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Brasília, 2001.

..... **Resolução nº 348**, de 16 de agosto de 2004. Brasília, 2004.

..... **Resolução nº 431**, de 24 de maio de 2011. Brasília, 2011.

..... Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos de construção civil em consórcios públicos**, Brasília, 2010a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/4_manual_implantao_sistema_gesto_resduos_construo_civil_cp_125.pdf>. Último acesso em: 02 de agosto de 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2010b.

..... Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2010c.

CABO DE SANTO AGOSTINHO. **Lei nº 2.513, de 30 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre a política Ambiental de proteção, controle, conservação e recuperação do meio ambiente que revogou a lei municipal nº 1.975 de 03 de dezembro de 2001 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.cabo.pe.gov.br/normativos_pmcsa/LEGISLACAOMUNICIPAL/LEIS/2009/Lai%202.513-09.pdf>. Último acesso em: 29 março 2016a.

_____. Secretaria Municipal de Planejamento e Meio Ambiente. Cabo de Santo Agostinho, 2016b.

CASTELLAN, Rita Rovai; DOURADO, Débora Coutinho Paschoal; MENDES, Diego Costa. Implicações dos investimentos públicos e privados de cunho turístico, imobiliário e industrial sobre uma comunidade nativa na perspectiva de território. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume 25, p. 231-252, 2013. <https://doi.org/10.7154/RDG.2013.0025.0012>

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Cabo de Santo Agostinho. Recife, 11 p. + anexos, 2005.

DILL A. C et al. Aplicação de um SIG na seleção de locais para implantação de aterros sanitários em áreas vulneráveis à contaminação de aquíferos. In: **A hidroinformática em Portugal**, 2001, Lisboa. Ata eletrônica. Disponível em: <<http://www.lneg.pt/download/3852/22.pdf>>. Último acesso em: 01 mai. 2018.

FALCÃO, N. C. B. **Diagnóstico da situação atual dos resíduos da construção civil no município de Olinda**. 127 f. 2011. Dissertação (Mestrado - Construção Civil) - Universidade de Pernambuco. Recife. 2011.

FARDUPE - Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional. **Revisão das leis de parcelamento e de uso e ocupação do solo do município do Cabo de Santo Agostinho**: Produto 3 – Relatório preliminar de propostas. Recife, 2014. Disponível em: <http://www.cabo.pe.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/REV_LUOS_201404.pdf>. Último acesso em: 15 agosto de 2016.

HOLANDA, M. J. O.; PAZ, D. H. F.; FIGUEIREDO, C. M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. M. Diagnosis of Irregular Disposal of Construction and Demolition Waste (CDW) in the City of Olinda/PE. **Electron. J. Geotech. Eng.** 2016.8.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada para 2021**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/cabo-de-santo-agostinho/panorama>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pe/cabo-de-santo-agostinho/pesquisa/23/24304?detalhes=true&localidade=261160>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área da unidade territorial 2020 (km²). Disponível em: <<https://cidades>>

ibge.gov.br/brasil/pe/cabo-de-santo-agostinho/panorama>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

MARQUES NETO, José da Costa. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: RiMa, 2004. 162 p.

MESQUITA, A.S.G. Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí. **Revista Holos**, v.2, p.58-65, 2012. <https://doi.org/10.15628/holos.2012.835>

NETO, S.L.R.; LEONARDO, José Biffi; BUCK, A. L.B.; LEITE, Daiana P.; SHORONSKI, Everton; BECEGATO, Valter Antonio. Geores: SIG aplicado à gestão pública de resíduos sólidos no planalto serrano de Santa Catarina. 2014. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – GEONORDESTE, Aracaju, SE, 2014. **Anais...** Sergipe/SE, 2014.

PARAHYBA JÚNIOR, Ruy de Azevedo. **Análise das Políticas Públicas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e seus Impactos Socioambientais no Cabo de Santo Agostinho- PE**. 2010. 118 fls. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2010. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/3264>

PAZ, D. H. F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras de edificações urbanas – Recife**: UPE, Escola Politécnica, 2014. 161 f. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34491>

PAZ, D. H. F. Desenvolvimento de um sistema de informações geográficas para o monitoramento da deposição irregular dos resíduos da construção civil em Olinda/PE. In: Encontro Pernambucano De Resíduos Sólidos, Recife, 2016. **Anais...** UFRPE: Recife, 2016.

PAZ, D. H. F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão integrada de resíduos sólidos da construção e demolição**. 2019. 287 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, L. P. V.; HOLANDA, M. J. O.; SOBRAL, M. C. COSTA, L. A. R. C. Assessment of environmental impact risks arising from the illegal dumping of construction waste in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, novembro de 2018. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0289-6>

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, L. P. V.; SOBRAL, M. C. M. GIS-based planning system for managing the flow of construction and demolition waste (CDW) in Brazil. **Waste management & research**, 2018. <https://doi.org/10.1177/0734242X18772096>

PERNAMBUCO. **Plano de Resíduos Sólidos – Região Metropolitana do Recife – RDM/PE**. Secretaria das Cidades. 2. ed. Recife: Caruso Jr., 2018.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189p.

PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, Juan Luís Rodrigo. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil** - Volume 1 - Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Parceria técnica entre o Ministério das Cidades, o Ministério do Meio Ambiente e a Caixa Econômica Federal. Brasília: Caixa, 196 P., 2005. Disponível em: < http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/Manual_RCD_Vol1.pdf>. Último acesso em: 12 de agosto de 2016.

RESERVA DO PAIVA. **Reserva do Paiva**. Em:<<https://www.reservadopaiva.com.br/>>. Acesso em: 18 de outubro de 2022.

SANTOS, Daiany Silva dos. **Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Jaboatão dos Guararapes-PE**. 163 f. 2015. Dissertação (Mestrado – Construção Civil) – Universidade de Pernambuco. Recife. 2015.

SCREMIN, L.B. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos da construção e demolição para municípios de pequeno porte**. 2007. 150 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVA, Alberto Alvarenga da. **Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção e demolição no município do Cabo de Santo Agostinho-PE** / Alberto Alvarenga da Silva. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2017. 163 f.200

SILVA, C. A.; SATTLE, M. A. Avaliação da Gestão de Resíduos da construção civil no município de Vitória da Conquista/BA. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXVII, Nº. 000107, 25/05/2017.

UOL - FOLHA DE SÃO PAULO – **Governo define salário mínimo de R\$ 510 para 2010**. Disponível em: < <https://m.folha.uol.com.br/mercado/2009/12/669910-governo-define-salario-minimo-de-r-510-para-2010.shtml>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

XIMENES, T.C.F. **Diagnóstico da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Paulista/PE**. 2018. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2018.