



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Mapeamento de pontos de deposição irregulares de resíduos de construção e demolição da cidade de Caruaru, Pernambuco

Edmilson Gomes Junior¹, Érica Luzia da Silva², Maria Isabela Marques da Cunha Vieira Bello³

¹ Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Campus Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Marielle Franco, s/n - Km 59 - Nova, PE, CEP: 55014-900, Caruaru, Pernambuco. (81) 2103-9156. edmilsongomes.j@outlook.com. ² Graduada em Engenharia Civil, Campus Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Marielle Franco, s/n - Km 59 - Nova, PE, CEP: 55014-900, Caruaru, Pernambuco. (81) 2103-9156. magna_upa@hotmail.com. ³ Dra. Adjunto IV, Campus Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Marielle Franco, s/n - Km 59 - Nova, PE, CEP: 55014-900, Caruaru, Pernambuco. (81) 2103-9156. isabelamcvbello@hotmail.com (autor correspondente).

Artigo recebido em 04/04/2022 e aceito em 09/10/2022

RESUMO

Com o desenvolvimento urbano das cidades, surge cada vez mais, a necessidade por matérias primas, principalmente para construções de moradia. Um dos desafios enfrentado pela sustentabilidade, pelos órgãos responsáveis, pelo meio ambiente e pela indústria da construção civil é com a gestão adequada de resíduos de construção e demolição (RCD), pois cada vez mais, esses resíduos são dispostos de forma irregular nas cidades. Esse artigo apresenta o mapeamento de 410 pontos de deposição irregular desses RCD na cidade de Caruaru no Estado de Pernambuco, distribuídos entre obras de grande e pequeno porte, e georreferenciados através do Software QGIS3.16.14. Esses pontos foram relacionados com os equipamentos públicos da cidade (escolas, unidades de saúde, praças e parques), com a renda da população, com a vegetação e os cursos d'água. A maioria dos pontos de deposição de RCD foram oriundos de pequenas reformas de moradias locais, sendo resíduos de Classe A (405 pontos). Nas áreas de menor renda, 79,27% dos pontos catalogados (385 pontos) estavam em locais de classe baixa. Em relação ao número de domicílios, 58,8% dos pontos (241 pontos) encontraram-se em setores de média densidade (de 20 a 160 habitantes por hectare). Um total de 9,3% de pontos (37 pontos) encontravam-se a menos de 50 m dos equipamentos de uso público. Apenas 35 pontos incidiram sobre as áreas verdes e 20 pontos sobre corpos d'água.

Palavras-chave: Gestão de resíduos. Geoprocessamento. RCD.

Mapping of disposal points for construction and demolition waste in the city of Caruaru, Pernambuco

ABSTRACT

With the urban development of cities, there is an increasing need for raw materials, especially for housing construction. One of the challenges faced by sustainability, the responsible bodies, the environment, and the construction industry is the proper management of construction and demolition waste (CDW), because increasingly, these CDW are deposited irregularly in cities. This paper presents the mapping of 410 points of irregular disposal of CDW in the city of Caruaru, Pernambuco State, distributed between large and small works, being georeferenced through the software QGIS3.16.14. These points were related to the public facilities of the city (schools, health units, squares, and parks), with the income of the population, vegetation and waterways. Most of the CDW disposal points came from small renovations of local houses, being Class A waste (405 points). In lower-income areas, 79.27% of the points cataloged (385 points) were in low-income neighborhoods. Regarding the number of household density, 58.8% of the points (241 points) are children in average sectors (from 20 to 160 inhabitants per hectare). A total of 9.3% of points (37 points) were located less than 50 m from public use equipment. Only 35 points focused on green areas, and 20 points on water bodies.

Keywords: Waste management. Geoprocessing. CDW.

Introdução

A indústria da construção civil é de grande importância para a economia do Brasil, estando relacionada diretamente com o crescimento populacional, e com o desenvolvimento e a capacidade de produção do país. Todas as

atividades econômicas modernas dependem direta ou indiretamente deste setor.

Cerca de 40 a 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente nas cidades têm origem no setor da construção civil. Em cada etapa

do processo de construção, reformas e demolições são gerados os resíduos da construção e demolição (RCD), predominante compostos por materiais cimentícios (argamassas e concretos), cerâmicos (telhas e tijolos), e metais, madeiras, gesso e outros. (Silva e Fernandes, 2012).

A deposição desordenada de resíduos de grandes e de pequenos geradores têm alterado significativamente o meio ambiente e a sociedade, causando problemas de diversas ordens e magnitudes (Zhao, 2021). O aumento acentuado da geração de resíduos sólidos tem levantado as preocupações ambientais em todo o mundo que atualmente têm escalado para um nível preocupante (Tang et al., 2020)

Atualmente, uma grande quantidade de RCD gerados são despejados em aterros sanitários, espaços abertos ou descartados ilegalmente nos corpos d'água e margens de estradas (Vilventhan et al. 2019). Como consequência da destinação inadequada, tem-se impactos negativos na fauna e flora, nos leitos dos rios, nos ambientes urbanos e até nos aterros sanitários. Problemas de saúde pública e prejuízos com esses materiais que deixam de ser reciclados são também consequências diretas dessa destinação inadequada (Leite, 2014).

A geração dos resíduos pode ser relacionada a ausência de gestão adequada, necessitando de ferramentas que atue em consonância com os objetivos organizacionais, além de planejamento das atividades com uma atuação pautada na sustentabilidade (Gomes et al., 2021). É necessária uma estimativa precisa dos quantitativos de geração dos RCD que ajudam a analisar sistematicamente as ineficiências dos processos e garantem que medidas de redução específicas sejam desenvolvidas (Xu et al., 2019). Estes resíduos podem se tornar potenciais geradores de bem-estar econômico e social e não um poluidor ambiental (Rondinel-Oviedo, 2021). A compreensão da dinâmica da geração de RCC é essencial para um plano de gestão com medidas de redução dos impactos à população que deve garantir ações na coleta, manuseio e destinação final (Yu et al., 2019; Bakchan e Faust, 2019).

A geração dos RCD em cidades brasileiras de grande e médio porte corresponde a cerca de 41 a 71% da massa dos resíduos sólidos urbanos (Gomes et al., 2019). Uma grande parte dos problemas identificados é oriunda da ausência de uma área devidamente licenciada para a destinação ou deposição temporária dos RCD, além disto, a criação de ecopontos para a deposição de pequenos volumes aliada a uma política de fiscalização regular resultaria na diminuição dessas áreas de disposição irregular (Quaglio e Arana, 2020).

Faz-se necessário o estudo dos aspectos socioambientais desse descarte irregular, que quantifique, caracterize os resíduos e mapeie os locais onde eles são inadequadamente dispostos. Em Pernambuco, esses estudos veem sendo realizados na Região Metropolitana do Recife por Paz (2014), Santos (2015), Lafayette (2016), Silva (2017) e Ximenes (2019), Holanda et al. (2022).

O presente artigo apresenta o mapeamento de 410 pontos de deposição irregular dos RCD da cidade de Caruaru, Pernambuco, relacionando-os com equipamentos públicos da cidade (de educação, saúde e lazer), com a vegetação, com os cursos d'água, e com a renda familiar, e seus impactos socioambientais causadores. O objetivo das análises aqui apresentadas é contribuir para a elaboração de diretrizes, do planejamento e a criação de propostas com vistas a estruturar um sistema de gestão que atue nas diferentes interfaces dessa sistemática, integrado de modo a permitir a detecção de fragilidades nessa sistematização. Trata-se de uma pesquisa inserida no projeto intitulado “Diagnóstico da gestão de resíduos de construção e demolição e análise dos seus impactos ambientais no município de Caruaru / PE”, desenvolvida por Gomes Júnior (2021).

Referencial teórico

Geração dos RCD

A geração de RCD varia de acordo com a localidade, sofrendo influências de fatores como: quantidade de habitantes, nível educacional, costumes da população, poder aquisitivo, leis e regulamentações específicas, como também os processos construtivos, incluindo as peculiaridades de cada construtora (Costa, 2012).

Os RCD na maioria das vezes, são gerados em grandes quantidades, em que, devido a sua composição, se apresentam com um extenso volume, ocasionando um problema em relação a espaço para disposição em aterros, e que se agrava ainda mais quando colocados em áreas inadequadas (Yu et al., 2013).

A nível nacional, a quantidade de resíduos dispostos para a coleta pelo serviço público de limpeza cresceu 4,24% no ano de 2020 em comparação a anos anteriores. Os municípios registraram um aumento quantitativo na coleta de RCD de 34,85% nos últimos anos, passando de 33 milhões de toneladas, em 2010, para 44,5 milhões, em 2019, o que representa um crescimento de 174,3kg para 213,5kg por habitante, por ano (ABRELPE, 2021).

Referindo-se aos RCD coletados por empresas públicas de limpeza urbana, os municípios coletaram por volta de 45 milhões de

toneladas de RCD em 2014, no que consistiu um aumento em relação ao ano anterior. Comparando-se os dados de 2014, com os dados de 2015, houve um aumento de 1,2 % (Ximenes, 2019).

Classificação dos RCD

Os RCD são divididos em 4 classes, segundo resolução do CONAMA (307/2002, art 3),

- Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados; resíduos de pavimentação e de outros tipos de obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; resíduos de componentes cerâmicos como tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.; argamassa e concreto; resíduos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto como: blocos, tubos, meio fio etc., produzidas nos canteiros de obras.
- Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações. São plásticos (embalagens, PVC de instalações), papéis e papelões (embalagens de argamassa, embalagens em geral, documentos), metais (perfis metálicos, tubos de ferro galvanizado, marmiteix de alumínio, aço, esquadrias de alumínio, grades de ferro e resíduos de ferro em geral, fios de cobre, latas), madeiras (forma e escoras) e vidro.
- Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, como gessos, estopas, isopor, lixas, mantas asfálticas, massas de vidro, sacos de cimento e tubos de poliuretano.
- Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção, como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Embora a resolução do CONAMA (307/2002) tenha a sua importância e credibilidade a nível nacional, ela pode conter falhas ao deixar de considerar a avaliação individual do RCD. Um material reciclável pode deixar de ser ao entrar em contato com outro material. Os resíduos podem transitar entre diversas categorias de classificação independentemente da sua constituição, a depender das condições do meio (Nagali, 2014).

Mapeamento dos pontos de deposição dos RCD no Software Qgis

O Software Quantum GIS (QGIS) é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Funciona em Linux, Unix, Mac OSX, 28 Windows e Android e suporta inúmeros formatos de vetores, rasters e bases de dados e funcionalidades (Quantum GIS, 2016).

O QGIS disponibiliza um número de funcionalidades em constante crescimento através das funções nativas e de complementos, nas quais pode-se visualizar, gerir, editar, analisar dados, e criar mapas para impressão (QGIS, 2021). Permite que seja criada uma base de dados, chamada tabela de atributos. A tabela de atributos permite a criação de camadas específicas para as análises espaciais (Silva, 2017). Por meio dos mapas do Google, usuários podem conferir e encontrar locais e estabelecimentos, visualizar rotas, estimar tempo de viagem e distância entre dois pontos, obter informações sobre o trânsito e até mesmo conferir horários de ônibus e se o transporte está cheio (Fabro, 2020).

Material e métodos

Área de estudo: Município de Caruaru

Caruaru é uma cidade pertencente ao Estado de Pernambuco, localizada na região do Agreste (Figura 1). O município se estende por 920,6 km² e conta com aproximadamente 369.343 habitantes, de acordo com o último censo, sendo o município mais populoso do interior de Pernambuco. A densidade demográfica é de 392,3 habitantes por km² no território do município (IBGE, 2021).

No total, são 81 bairros que constituem o município de Caruaru (Figura 2). O maior bairro é o Salgado com 51.503 hab. Em segundo lugar Caruaru (demais Setores) com 36.920 habitantes. O terceiro maior bairro é Boa Vista com 34.722 habitantes. Em quarto Indianópolis com 20.015 habitantes e em quinto Vassoural com 17.603 habitantes (IBGE, 2021).

Caruaru destaca-se como o mais importante pólo econômico, médico-hospitalar, acadêmico, cultural e turístico do Agreste. A cidade abriga um dos mais importantes entrepostos comerciais do Nordeste e tem no Alto do Moura o Maior Centro de Artes Figurativas da América Latina, título este concedido pela Unesco (Caruaru, 2021). Nas Fotos 1a e 1b são mostrados os RCD depositados em diferentes locais no Município de Caruaru. Verifica-se a enorme quantidade de RCD

que havia em alguns locais, principalmente calçadas e vias públicas.

Etapas da Pesquisa

Esta pesquisa foi dividida em 3 etapas: Coleta de dados, Organização dos dados e classificação dos RCD, e Confecção dos mapas.

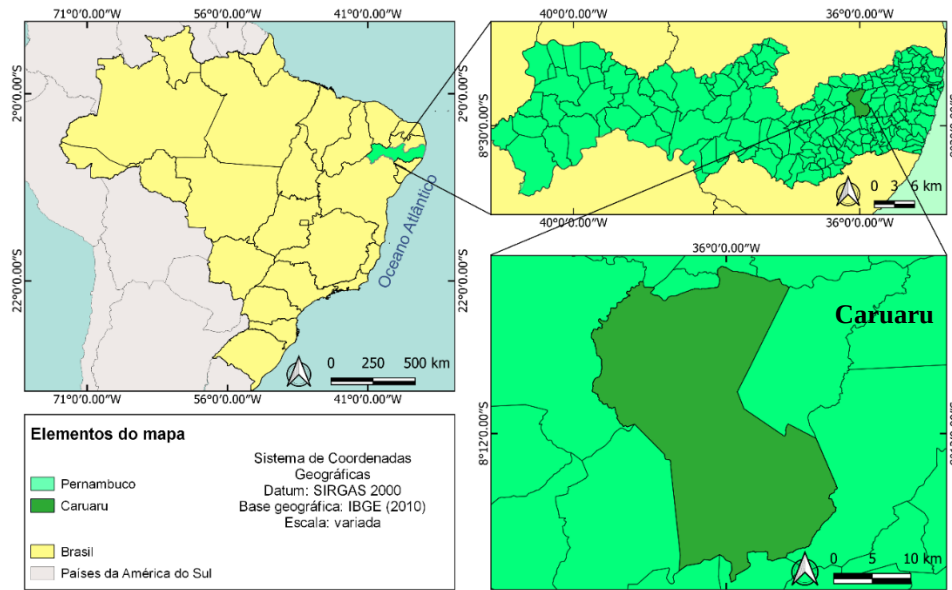


Figura 1. Mapa do Brasil destacando o estado de Pernambuco e a cidade de Caruaru (Fonte: Adaptado de Gomes Júnior, 2021).

Na primeira etapa, foram coletadas as coordenadas geográficas de 410 pontos de deposições realizadas de maneira irregular e em locais inadequados por todos os bairros de Caruaru, foram registradas informações como volume da pilha de resíduos e tipos de materiais inseridos no mesmo, e o registro por fotos desses locais.

Com o auxílio do Google Earth, que permite a visualização de imagens reais capturadas por satélite, foi possível manter-se no perímetro urbano de Caruaru, além estabelecer o zoneamento da área de estudo no município e a determinação de rotas nos bairros para não haver repetição de local

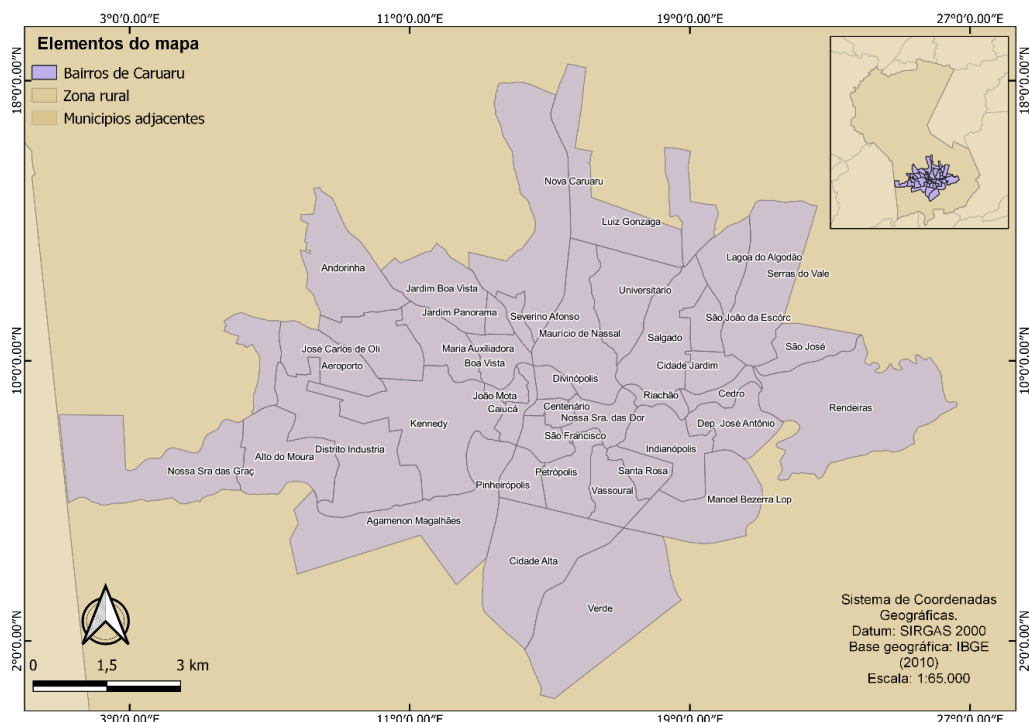


Figura 2. Mapa dos bairros de Caruaru (Fonte: Adaptado de Gomes Júnior, 2021).



(a)



(b)

Foto 1. RCD depositados no Município de Caruaru (Fonte: Silva, 2021).

Para coletas das coordenadas geográficas, foi utilizado o aplicativo GPS para celular o UTM Geo Map versão 3.3.4 mapeamento e ferramenta GIS, utilizado no aparelho IOS (Xiami MI9T). Essa coleta incluiu locais de habitações, canais, vegetação, e todos os locais em que se encontrou o manejo lançado irregularmente, juntamente das demais informações e seus registros fotográficos. As coordenadas geográficas dos equipamentos públicos foram coletadas via web, no site do Google Maps um total de 80 pontos de escolas e creches públicas, 42 pontos de unidades de saúde públicas, 38 pontos das praças e parques. Para o mapa da classificação da renda familiar distribuídas de acordo com os bairros, foram coletadas informações do último censo do IBGE, realizado em 2010.

Na Etapa II, os 410 pontos de deposição de RCD foram organizados em planilhas, junto com informações de localização, tamanho, proximidade dos pontos com áreas de vegetação, equipamentos (educacionais ou de saúde) ou recursos hídricos e também as imagens de cada um deles. A partir do cadastramento dos pontos, realizou-se uma análise dos tipos e classes de resíduos de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA (2002), bem como do tamanho das pilhas de RCD dispostos irregularmente.

Na terceira etapa foram realizados os mapeamentos dos 410 pontos de deposição de RCD coletados. As respectivas coordenadas geográficas foram transportadas para o QGis 3.16.14, sendo criada uma camada do tipo Shapefile (shape). A tabela de atributos foi gerada com informações dos elementos da camada. Também foram inseridas a camada do estado, da cidade e dos bairros. Essas camadas foram obtidas através da ferramenta Quick Maps Service, que é um programa que é baixado em uma das ferramentas do software. Na ferramenta complementos, foi necessário instalar o Quick Map

Services, para inserir essas outras camadas, sendo possível realizar os mapeamentos e manipular o programa de tal forma, que fossem gerados os mapas com todos os seus detalhes, através da ferramenta: Novo Compositor de Impressões. Nessa ferramenta, foram inseridos molduras, legendas, escalas e títulos.

Para a vegetação do município foi gerada um shape através da visualização do mapa geográfico disponibilizado pelo programa, sendo possível realizar a demarcação em toda a área da vegetação da cidade. Para os cursos d'água, foi baixado um arquivo shape do site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), e com ele, foi sobreposto essa camada na camada MDT do município de Caruaru (Figura 3).

O MDT é o módulo de Análises de Terreno Matricial, fazendo com que se destaque os cursos d'água, sendo possível gerar uma shape e realizar o mesmo procedimento dos mapas anteriores na obtenção desse mapeamento. Para o mapeamento sobre a renda familiar, foi utilizado a camada shape dos dados censitários que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o mais atual, na sua plataforma digital. Também foi utilizada a discriminação para as faixas de renda média familiar dadas pela Secretaria de Assuntos Estratégicos – SAE, da Presidência da República (Tabela 1), e também por classes econômicas determinadas pelo Centro de Políticas Públicas da Fundação Getúlio Vargas – FGV e inseridos na tabela de atributos (Figura 4). Elas serviram de complemento para classificar o mapa de forma gradual e possibilitou os intervalos dos valores da renda média mensal de todo o perímetro urbano da cidade. Tendo acesso a todos esses arquivos, e com os dados coletados, foi possível confeccionar o mapa da renda familiar da população, e com essa visualização, realizar as correlações necessárias com os RCD.

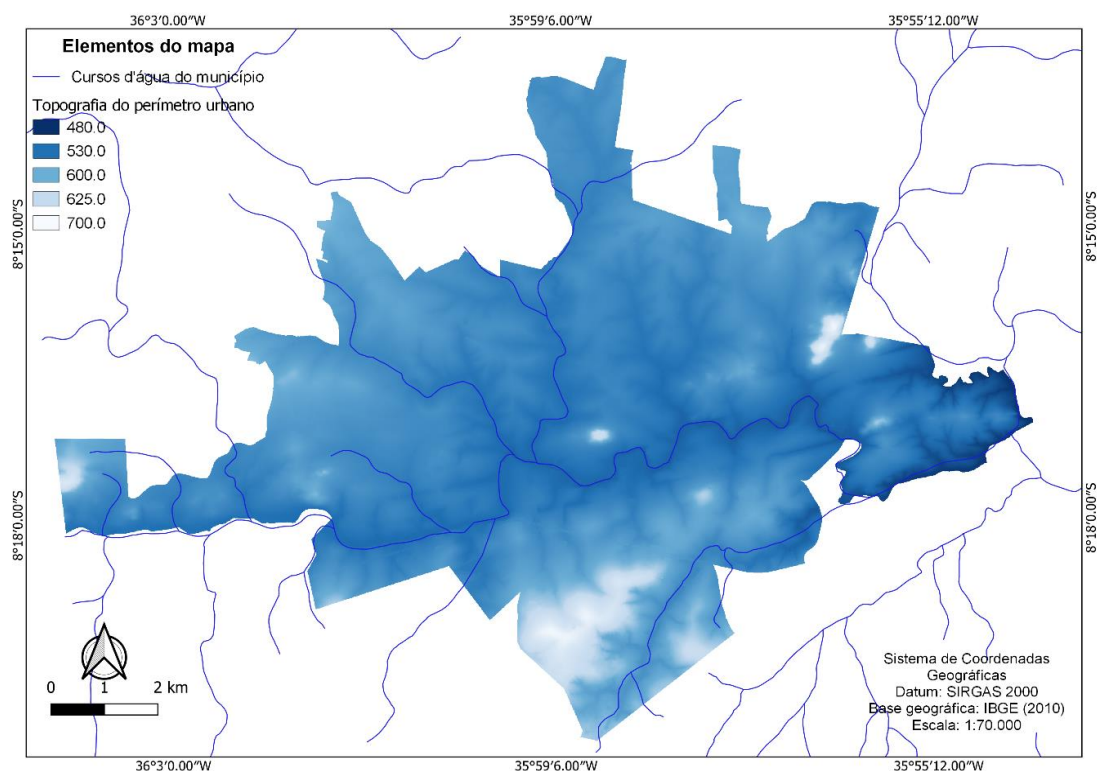


Figura 3. MDT do município de Caruaru: Mapa de relevo sombreado a partir de dados de elevação digital e cursos d'água (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021)

Tabela 1. Faixa da classe social de acordo com a renda (Fonte: SAE, 2015).

CLASSE SOCIAL	CATEGORIZAÇÃO DA CLASSE SOCIAL		
	Grupo	Renda per capita (R\$)	Renda familiar (4 pessoas) (R\$)
Baixa	Extremamente pobre	Até 81,00	Até 324,00
	Pobre	Até 162,00	Até 648,00
	Vulnerável	Até 291,00	Até 1.164,00
Média	Baixa classe média	Até 441,00	Até 1.764,00
	Média classe média	Até 641,00	Até 2.564,00
	Alta classe média	Até 1.019,00	Até 4.076,00
Alta	Baixa classe alta	Até 2.480,00	Até 9.920,00
	Alta classe alta	Acima de 2.480,00	Acima de 9.920,00

Tabela 2. Faixa de classe econômica de acordo com a renda (Fonte: FGV, 2014).

CATEGORIZAÇÃO DA CLASSE ECONÔMICA		
CLASSE ECONÔMICA	Limite inferior (R\$)	Limite superior (R\$)
Classe E	00,00	1.254,00
Classe D	1.255,00	2.004,00
Classe C	2.005,00	8.640,00
Classe B	8.641,00	11.261,00
Classe A	11.262,00	-----

*As classes econômicas são definidas a partir dos rendimentos familiares *per capita* e estão expressos em preços (R\$) de janeiro de 2014

Para relacionar os pontos de RCD com as áreas de vegetação e de cursos d'água dentro do perímetro urbano do município, utilizou a determinação do critério de proximidade ou não proximidade dos pontos estipulado pelo código florestal – atualizado pela Lei nº 12.727/12

(BRASIL, 2012). que estabelece uma distância de até 50m para cursos d'água de 10 a 50m de largura. Os pontos com distância inferior a esse limite são, portanto, os que mais são propensos a causar algum impacto ambiental

Mapa_renda_SetCens_PerUrb_final2 — Total de feições: 324, Filtrada: 324, Seleccionada: 0

	fid	ID	CD_GEOCODI	TIPO	CD_GEOCODB	NM_BAIRRO	CD_GEOCODS	NM_SUBDIST	CD_GEOCODD	NM_DISTRIT	
1	1	25106	260410605000094	URBANO	260410605023	Rendeiras	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
2	2	25107	260410605000095	URBANO	260410605023	Rendeiras	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
3	3	25108	260410605000096	URBANO	260410605023	Rendeiras	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
4	4	25109	260410605000097	URBANO	260410605023	Rendeiras	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
5	5	25110	260410605000098	URBANO	260410605023	Rendeiras	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
6	6	25111	260410605000099	URBANO	260410605023	Rendeiras	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
7	7	25112	260410605000100	URBANO	260410605008	Indianópolis	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
8	8	25113	260410605000101	URBANO	260410605008	Indianópolis	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
9	9	25114	260410605000102	URBANO	260410605008	Indianópolis	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
10	10	25115	260410605000103	URBANO	260410605008	Indianópolis	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
11	11	25116	260410605000104	URBANO	260410605008	Indianópolis	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
12	12	25117	260410605000105	URBANO	260410605008	Indianópolis	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
13	13	25118	260410605000106	URBANO	260410605008	Indianópolis	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
14	14	25013	260410605000001	URBANO	260410605009	Nossa Senhora ...	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
15	15	25014	260410605000002	URBANO	260410605009	Nossa Senhora ...	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26
16	16	25015	260410605000003	URBANO	260410605009	Nossa Senhora ...	26041060500	NULL	260410605	CARUARU	26

Mostrar todos os feições

Figura 4. Tabela de atributos do mapa de renda familiar (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

Resultados e discussão

Mapa dos RCD dispostos em locais inadequado no município de Caruaru

Foram mapeados 410 pontos de deposição irregular em Caruaru, o que resulta em 5,1 pontos por km² do perímetro urbano do município (Figura

5). Os bairros como: José Carlos de Oliveira, João Mota, Salgado, Cidade Jardim e Riachão são os que mais possuem pontos irregulares de RCD.

A Figura 6 mostra a quantidade de pontos mapeados por km² do perímetro urbano do município de Caruaru em comparação aos 7 municípios estudados da RMR.

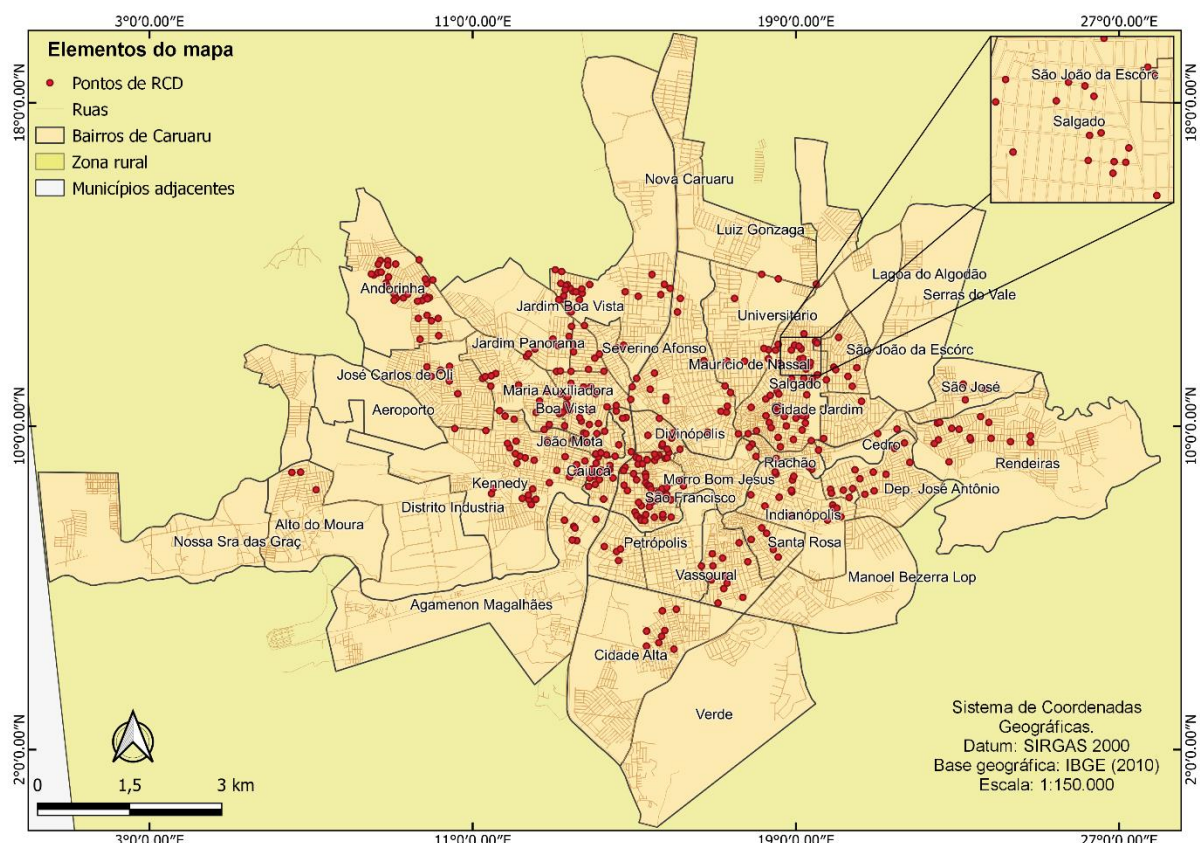


Figura 5. Mapa dos RCD dispostos irregularmente no município de Caruaru (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

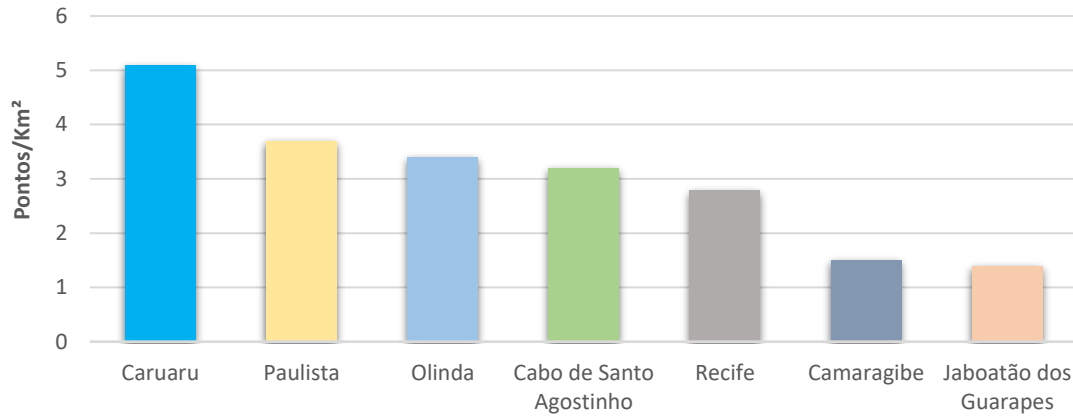


Figura 6. Quantidade de pontos do município de Caruaru em comparação aos demais municípios estudados na RMR (Fonte: Modificado de Ximenes, 2019).

Quando os comparando com a quantidade de pontos por km² com outras cidades da Região Metropolitana do Recife, observa-se que Caruaru obteve a maior quantidade de pontos de deposição irregular por área (5,1 pontos), em relação aos demais municípios. Até a presente data, este estudo apresenta-se a maior coleta de pontos por km² realizada em Pernambuco, ultrapassando o estudo de Ximenes (2019) que coletou em Paulista, aproximadamente 4 pontos em locais de deposição irregular por km² e relacionou-os com vegetação, hidrologia, equipamentos de educação e saúde, renda familiar e estimativa da população.

À medida que eram coletados os pontos de deposição de RCD no município de Caruaru foi possível constatar que a maior parte deles se encontravam próximos ou em locais com constante movimento de pedestres e automóveis. Em alguns pontos foram encontrados RCD misturados a resíduos orgânicos, dificultando uma futura reciclagem dos mesmos e também atraindo vetores causadores de doenças, constituindo-se em um malefício não só ao meio ambiente, como também à saúde e bem-estar social. De forma geral, os RCD encontrados eram oriundos de pequenas reformas das moradias locais. A maioria dos pontos estavam localizados uns próximos aos outros, em locais com a maioria das moradias humildes e/ou com pouca estrutura. Os mapas foram confeccionados mostrando a área urbana do município, onde foram encontrados a maioria dos RCD.

Durante o mapeamento da área não foi visualizado nas ruas e bairros nenhum ponto de coleta para este tipo específico de resíduos, não oferecendo opções de descarte adequado aos moradores que estejam construindo ou reformando suas residências.

A Figura 7 apresenta a quantidade total de pontos que apresentavam as classes de RCD, de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA (2002). Verificou-se que a maioria dos pontos

foram predominantes de resíduos Classe A (405 pontos), que são compostos de concreto, argamassa, tijolos e material cerâmico, nos quais podem ser reciclados ou até mesmo reutilizados nas obras como agregado reciclados, quando acontece dos resíduos estarem contaminados, os impossibilitam de serem reciclados.

Para a Classe B (230 pontos) dos resíduos, o segundo tipo de resíduo predominante, que são madeira, metal, papel, plástico ou sacos de cimento que são recicláveis para outra destinação. E também foram encontrados resíduos Classe C (42 pontos), como isopor, sacarias e poda, porém estavam contaminados com outros tipos de resíduos, inclusive misturados com resíduos Classe A. Quanto aos resíduos classe D (12 pontos), como tintas e solventes, foram os menos encontrados, o que mostra que a maior parte dos resíduos pode ser agregado valor econômico, através da reciclagem.

Os locais com maior incidência de pilhas com pequeno volume, com até 1m³, foram as vias públicas e as calçadas. Sendo assim, indica que o pequeno gerador foi o responsável pelo descarte irregular, sendo que esse volume pode ser facilmente transportado por carro de mão.

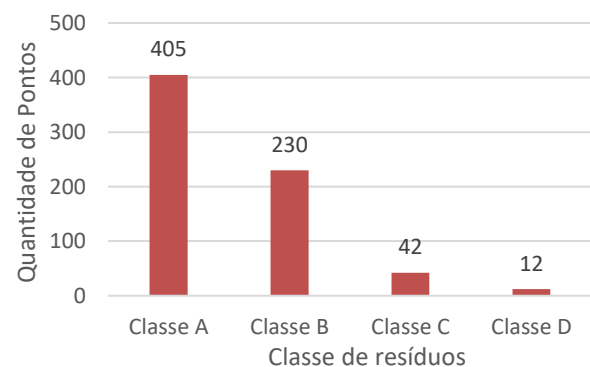


Figura 7. Quantidade de pontos contendo as classes de RCD do município de Caruaru (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

Mapa de RCD dispostos irregularmente em relação a renda média familiar mensal

Foi criado o mapa de RCD dispostos irregularmente em relação a renda média familiar mensal em todo o perímetro urbano do Município de Caruaru (Figura 8). Esse mapa mostra como estão divididos os pontos de deposição irregular de RCD no município, comparando com a renda média da população. É uma análise dos pontos de RCD em relação ao poder aquisitivo da população onde foram encontrados os pontos de RCD.

Nas áreas de menor renda (áreas claras), em que 79,27% dos pontos catalogados (385 pontos) estavam em localidades classificadas como sendo de classe baixa, com renda média *per capita*

não superior a R\$: 441,00 e familiar de até R\$: 1.164,00, houve as maiores concentrações de pontos. Isso ocorre porque pequenos geradores sentem dificuldades para descartar os RCD em locais adequados, principalmente por terem que usar dos seus poucos recursos para essa finalidade, pois geralmente devem se deslocar de um lugar para outro com transporte apropriado para isso.

Geralmente em bairros nobres, os empreendimentos construtivos, como as reformas e construções, são realizadas por empresas construtoras, que seguem os regulamentos necessários, contribuindo para que os RCD sejam lançados em lugares apropriados.

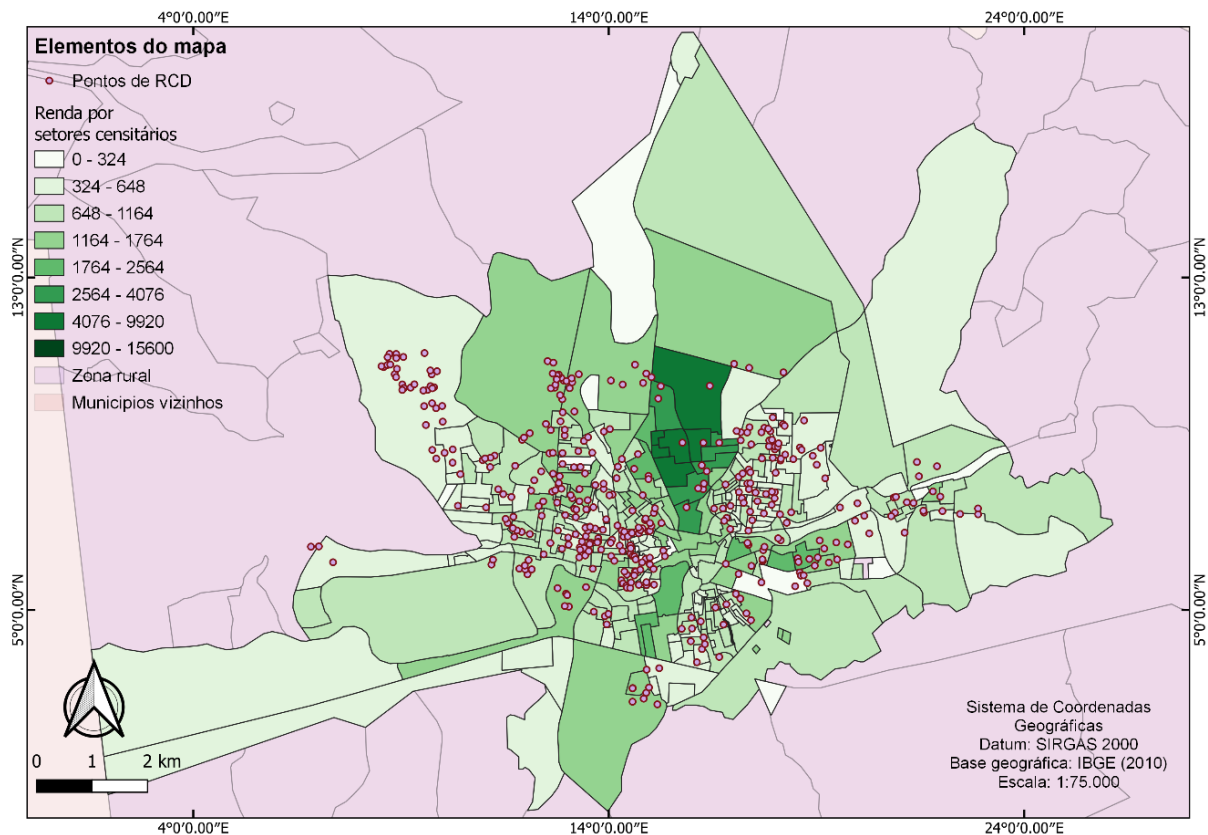


Figura 8: Mapa do município de Caruaru com os pontos de RCD depositados de forma irregular em relação à renda por setor censitário em todo o perímetro urbano (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

Mapa de RCD dispostos irregularmente em relação a densidade demográfica

Este mapa foi confeccionado para visualizar a relação entre os RCD depositados irregularmente em relação a densidade demográfica de todo o perímetro urbano do município de Caruaru (Figura 9). Verifica-se que as localidades com maior concentração de habitações (áreas escuras) é onde se encontra maior densidade de pontos de RCD lançados irregularmente, isso deve ao fato de que há mais habitações no local o que implica, teoricamente, maior produção de entulhos. Observa-se que o

contrário também é verdadeiro, ou seja, as áreas mais claras, que possuem uma menor concentração de habitações, são as que apresentam menor incidência de pontos de RCD, significando uma menor produção de entulhos.

Quanto a quantidade de pontos de deposição irregular encontrados em relação ao número de domicílios, verificou-se que cerca de 20,0% dos pontos de deposição de RCD (ou 82 pontos) encontram-se em setores de baixa densidade de domicílios (de 0 a 20 habitantes por hectare); 58,8% dos pontos de deposição de RCD (ou 241 pontos) encontram-se em setores de média

densidade de domicílios (de 20 a 160 habitantes por hectare); e 21,2% dos pontos de deposição de RCD (ou 87 pontos) encontram-se em setores de alta

densidade de domicílios (acima de 160 habitantes por hectare).

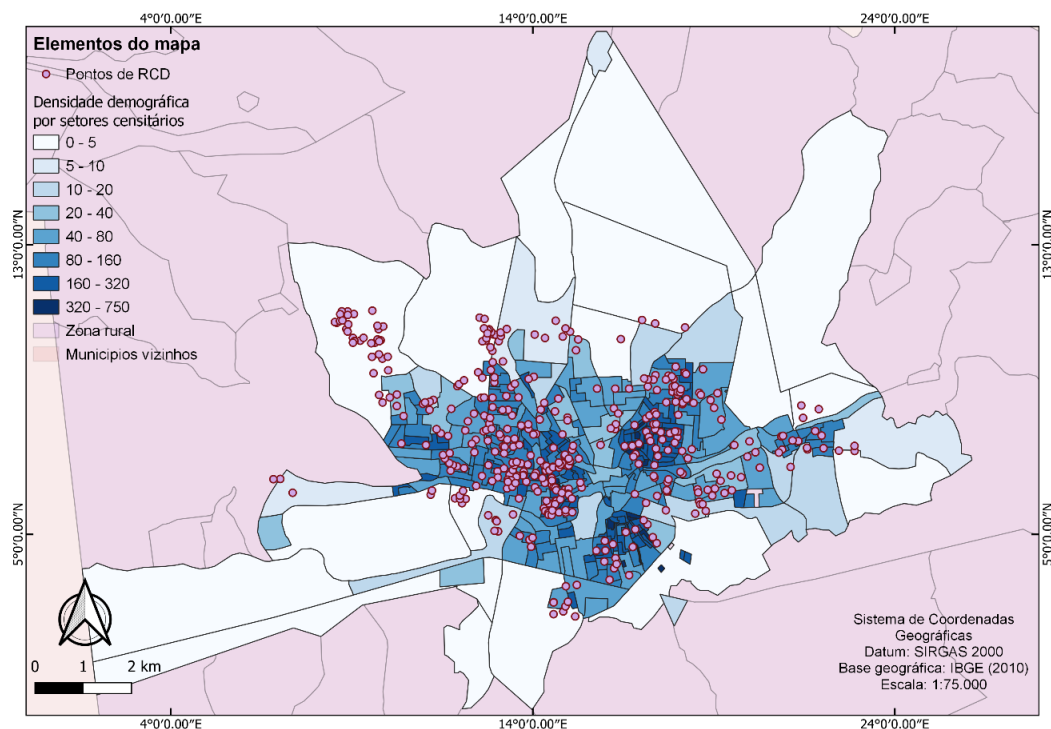


Figura 9. Mapa de pontos de deposição irregular de RCD em relação à densidade demográfica (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

Na Figura 10 é apresentado o mapa dos pontos de RCD com relação às escolas no perímetro urbano da cidade. Os 13 pontos de RCD estão a uma distância considerada crítica.

Na Figura 11, observa-se o mapa dos pontos de RCD com relação às Unidades Básicas de Saúde no perímetro urbano do município e a incidência de 15 pontos de RCD.

Na Figura 12, tem-se o mapa dos pontos de deposição de RCD com relação às praças e parques no perímetro urbano do município. Foram encontrados 9 pontos de deposição de RSU próximos a esses equipamentos públicos.

Considerando os resultados de pontos de deposição irregular de RCD em relação às escolas no perímetro urbano da cidade, às unidades básicas de saúde e aos equipamentos públicos, e por se tratar de área de interesse social, esses pontos tomam proporções maiores pois interfere diretamente na saúde e qualidade de vida dos usuários desses equipamentos públicos.

Mapa de pontos de deposição irregular de RCD em relação à vegetação

Quanto ao mapeamento dos pontos de RCD relacionados à vegetação dentro do perímetro urbano do município verificou-se que 35 pontos incidem sobre diretamente sobre as áreas verdes

(Figura 13). Mesmo os outros pontos não estando a uma distância considerada crítica dessas áreas de vegetação, indiretamente eles podem vir a causar algum dano a esse meio vegetal.

Tavares et al. (2020) verificaram no bairro Distrito Industrial II em Manaus, que o maior número de locais de deposição irregular de RCD estava em áreas verdes. O bairro está destinado a atividades de uso industrial, agroindustrial, agricultura familiar, a turismo ecológico. O município de Caruaru também se destaca por possuir diversidades ambiental, abarcando em seu território biomas como o de caatinga e de floresta tropical (Mata Atlântica). As áreas verdes estão vulneráveis a expansão urbana e novas construções, apresentando fragilidade ambiental.

Mapa de RCD dispostos irregularmente em relação ao curso d'água

Quanto aos pontos de deposição irregular de RCD relacionados aos cursos d'água (Figura 14), verificou-se 20 pontos, os quais estão localizados até uma distância máxima de 50m dos corpos d'água. Logo, são os que considerados de maior impacto negativo para os corpos hídricos, sabendo que podem causar a obstrução dos cursos d'água e assoreamento, no qual acarreta enchentes,

alagamentos, e poluição provocada nesses locais e em seu entorno.

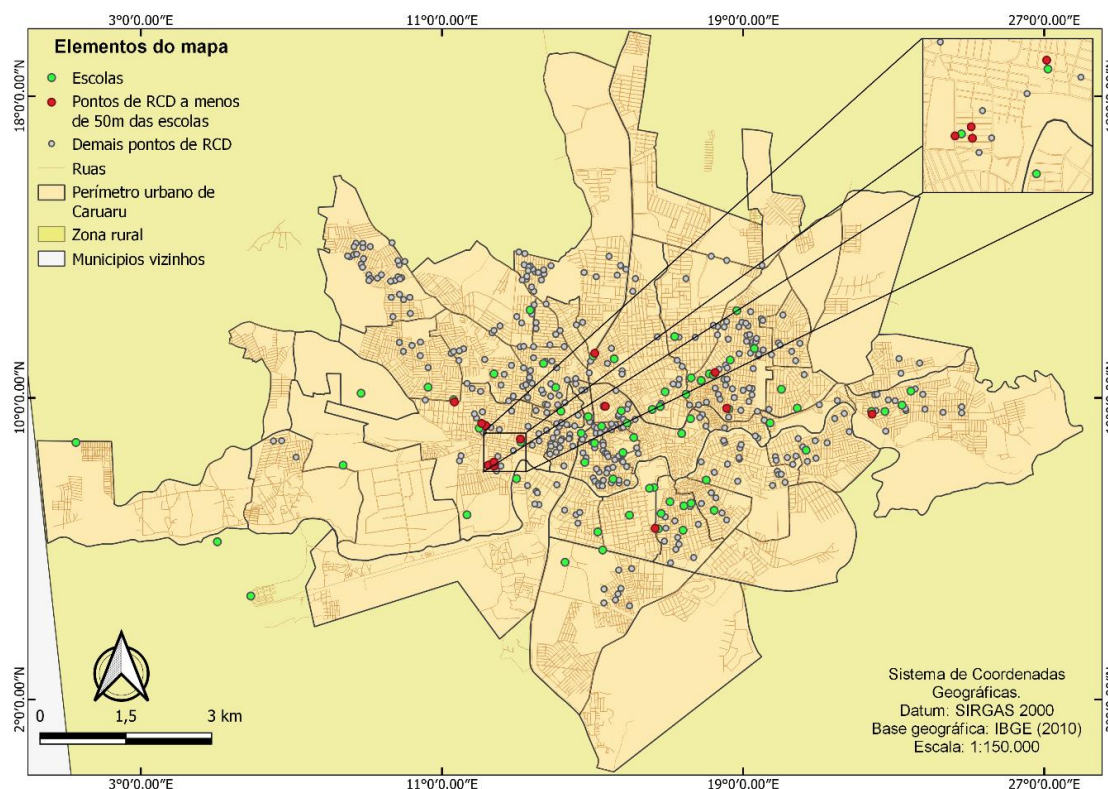


Figura 10. Mapa de pontos de deposição irregular de RCD em relação à equipamentos públicos – Escolas demográfica (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

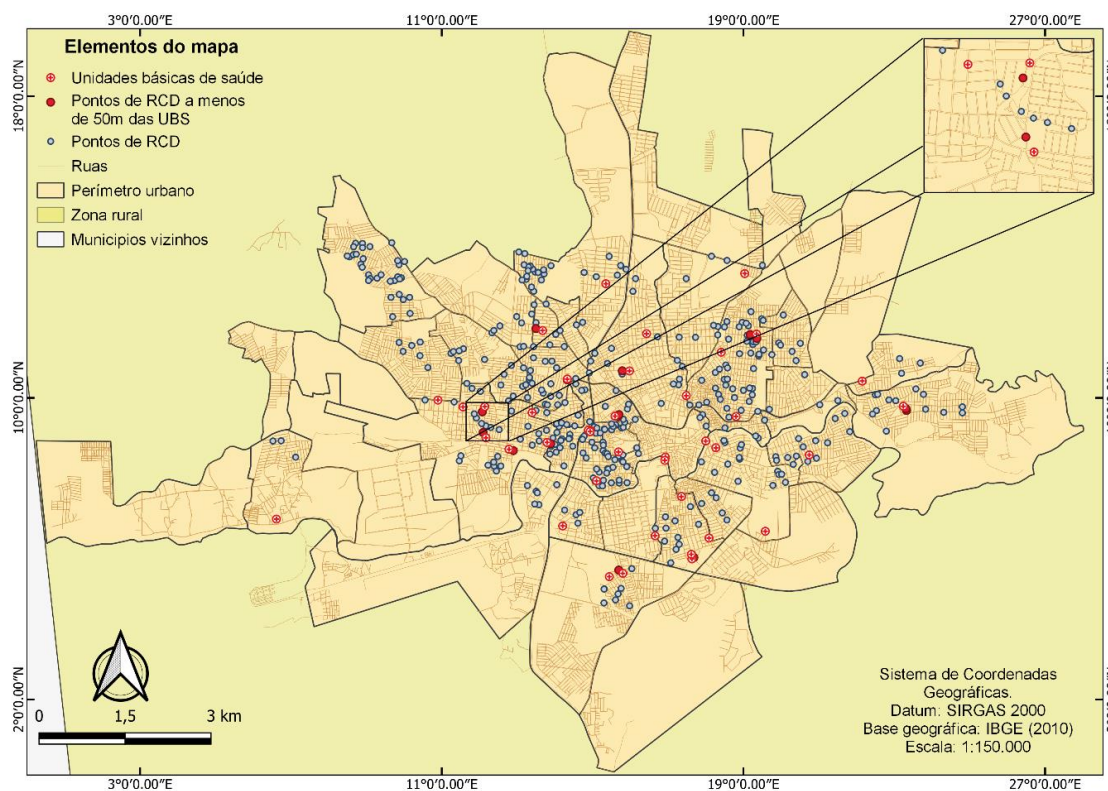


Figura 11. Mapa de pontos de deposição irregular de RCD em relação à equipamentos públicos – unidades básicas de saúde demográfica (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

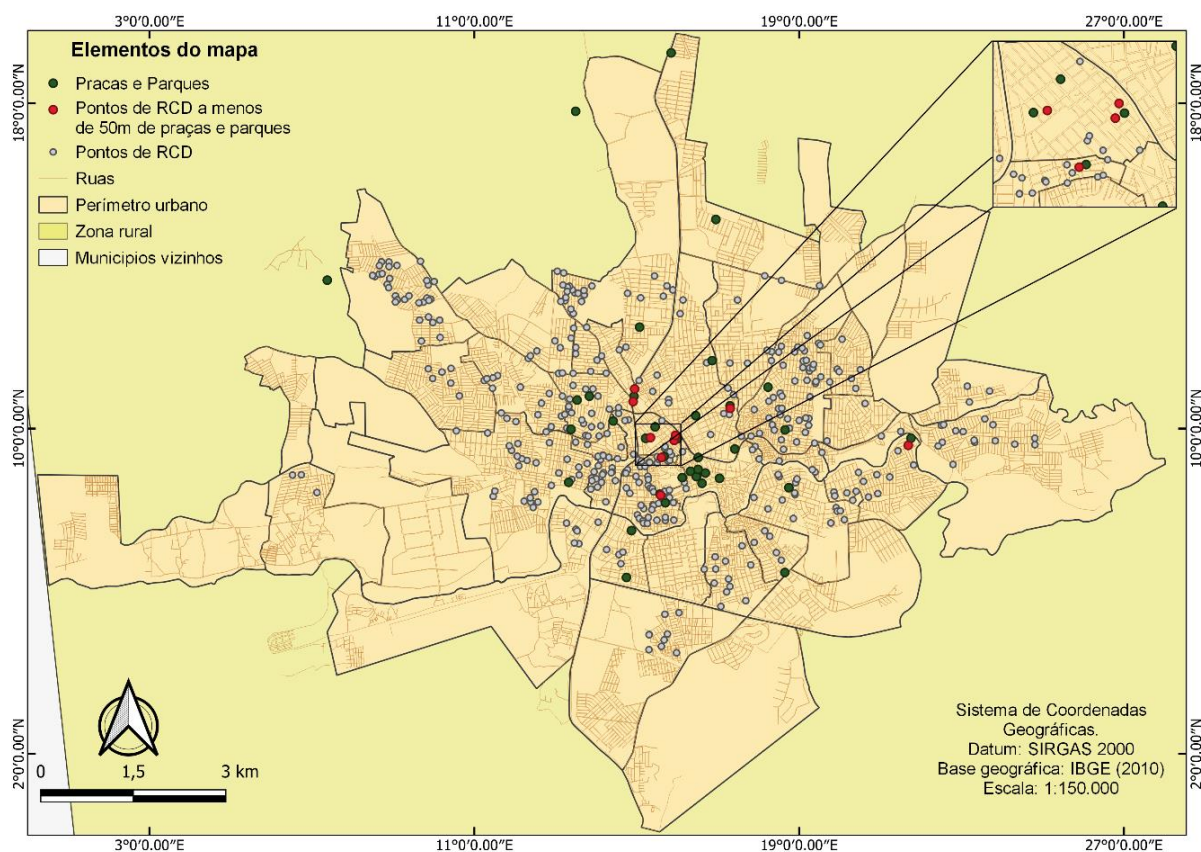


Figura 12. Mapa de pontos de deposição irregular de RCD em relação a equipamentos públicos – Praças e parques (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

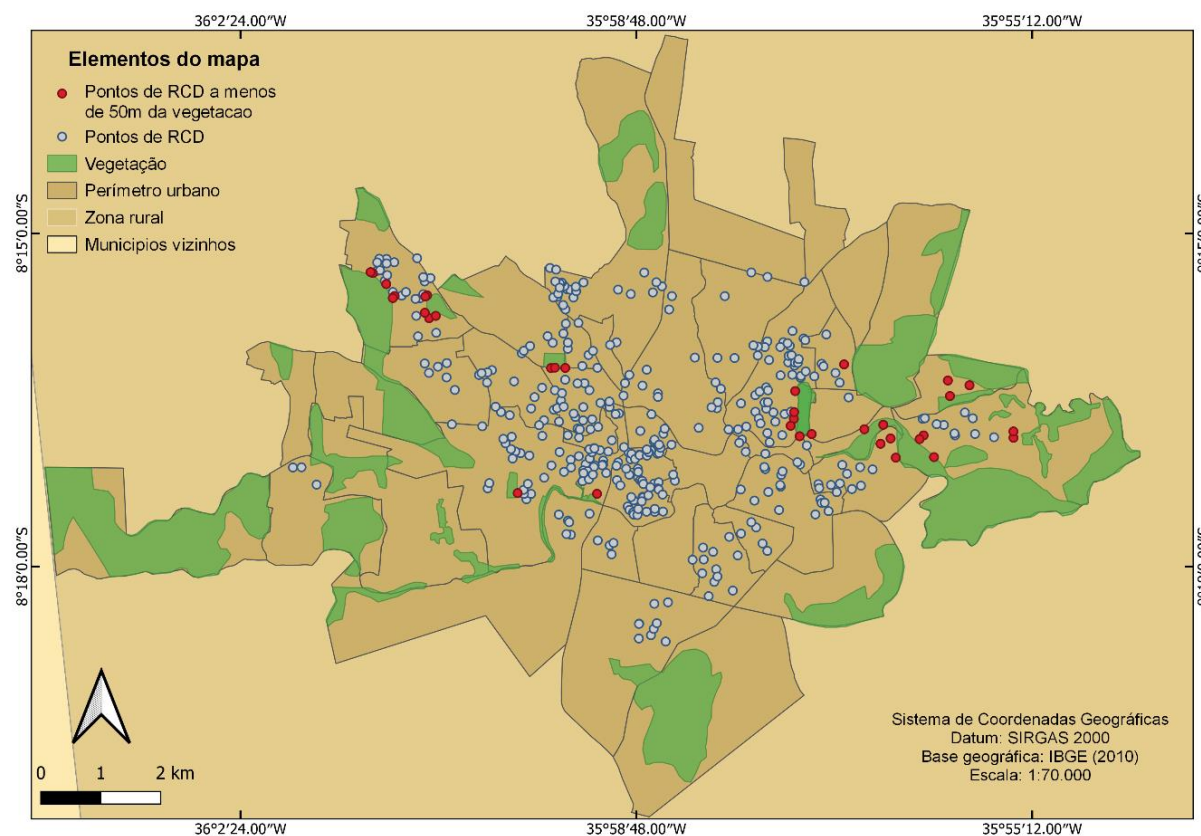


Figura 13. Mapa de pontos de deposição irregular de RCD em relação à vegetação (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

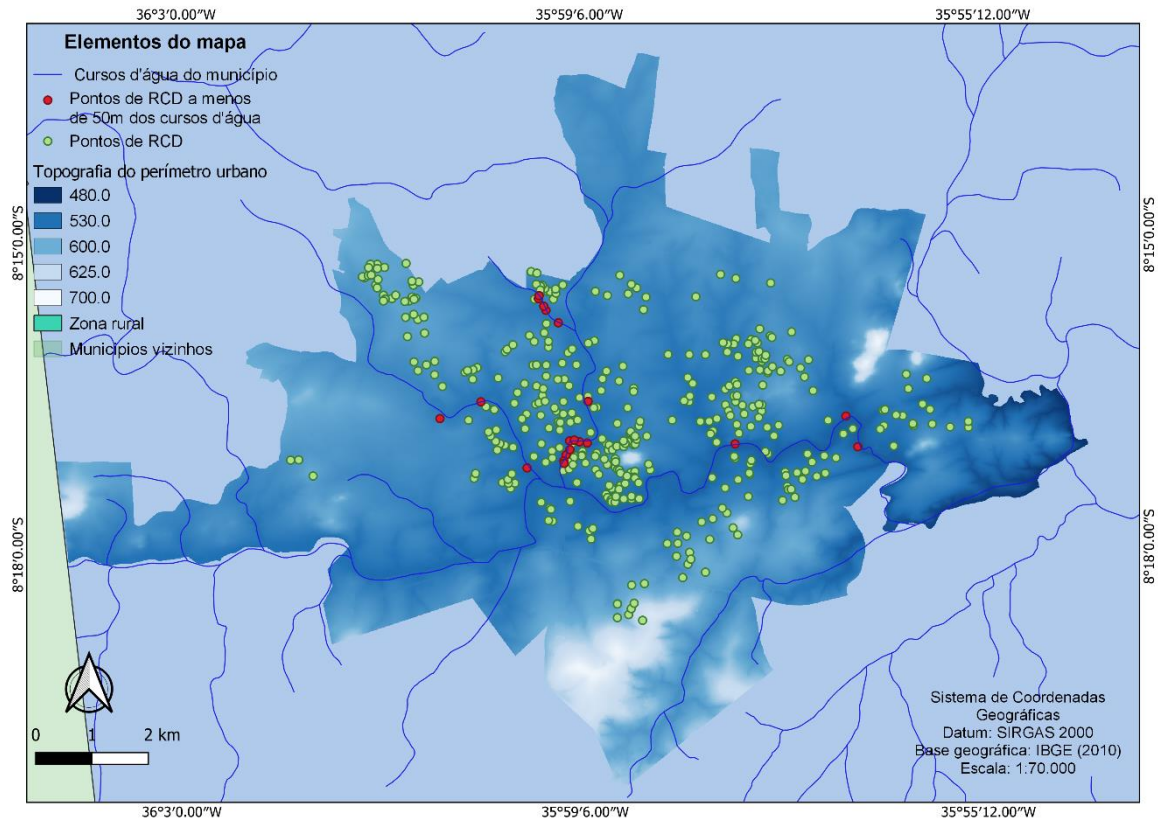


Figura 14. Mapa de pontos de deposição irregular de RCD em relação aos cursos d'água (Fonte: Silva, 2021; Gomes Júnior, 2021).

Conclusões

Foram mapeados 410 pontos de deposição irregular em todo o perímetro urbano do município de Caruaru, o que resulta em 5,1 pontos por km² do perímetro urbano do município. Comparando-se aos 6 municípios estudados da RMR, este estudo realizado em Caruaru apresenta-se como o estudo com maior coleta de pontos por km² realizada em Pernambuco. A maioria dos pontos de deposição de RCD eram oriundos de pequenas reformas de moradias locais. Esses RCD são predominantes nos resíduos de Classe A (405 pontos). O segundo tipo de resíduo predominante foi da Classe B (230 pontos), sendo também encontrados resíduos Classe C (42 pontos). Os resultados mostram que a maior parte dos resíduos pode ser agregado valor econômico, através da reciclagem.

Nas áreas de menor renda, em que 79,27% dos pontos catalogados (385 pontos) estavam em localidades classificadas como sendo de classe baixa, com renda média per capita não superior a R\$: 441,00 e familiar de até R\$: 1.164,00, houve as maiores concentrações de pontos. Famílias com baixo poder aquisitivo tem mais dificuldades de levar os RCD para os locais adequados, tendo em vista a falta de recursos para isso.

Quanto ao número de domicílios, cerca de 20,0% dos pontos de deposição de RCD (82 pontos) encontram-se em setores de baixa

densidade de domicílios (de 0 a 20 habitantes por hectare); 58,8% dos pontos de deposição de RCD (241 pontos) em setores de média densidade de domicílios (de 20 a 160 habitantes por hectare); e 21,2% dos pontos de deposição de RCD (87 pontos) encontram-se em setores de alta densidade de domicílios (acima de 160 habitantes por hectare).

Os mapeamentos dos equipamentos públicos, fornecem informações necessárias acerca do que a gestão do município deve dar maior prioridade por se tratar de locais de grande fluxo e importância social para a sociedade. Um total de 9,3% de pontos de deposição de RCD (cerca de 37 pontos) encontravam-se a menos de 50 m dos equipamentos de uso público (escolas: 13 pontos; unidades básicas de saúde: 15 pontos; e 9 pontos próximos às praças e parques).

Apenas 35 pontos incidiram sobre as áreas verdes. Mesmo os outros pontos não estando a uma distância considerada crítica dessas áreas de vegetação, indiretamente eles podem vir a causar algum dano a esse meio vegetal.

Verificou-se 20 pontos localizados até uma distância máxima de 50m dos corpos d'água, sendo considerados de maior impacto negativo para os corpos hídricos, sabendo que podem causar a obstrução dos cursos d'água e assoreamento, no qual acarreta enchentes, alagamentos, e poluição

provocada nesses locais e em seu entorno.

Referências

- ABNT. ABNT NBR 15114:2004, p. 1, 17 fev. 2004. Acesso em: 1 set. 2021.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2021. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/> Acesso em: 05 março. 2019.
- Bakchan, A.; Faust, K.M. 2019. Construction waste generation estimates of institutional building projects: Leveraging waste hauling tickets. *Waste Management*, 87, 301-312.
- BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; Altera a Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 307, de 05/07/2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, nº. 136, 17/07/2002. Seção 1, p. 95-96. 2002.
- Caruaru, Prefeitura Municipal de Caruaru. 2013. História de Caruaru, p. 1, 3 set. 2013/. Acesso em: 19 ago. 2021.
- Caruaru, Prefeitura Municipal de Caruaru. Plano de Saneamento Básico Setorial para a Limpeza Urbana e o Manejo dos Resíduos Sólidos do Município de Caruaru. [S. l.], ano 2018, p. 1-119, 17 maio 2018. Acesso em: 1 dez. 2021.
- CONAMA nº 307/2002, Conselho Nacional do Meio Ambiente, BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº307, de 05 de julho de 2002. Brasília DF, n. 136, 17 de julho de 2002. Seção 1.
- Costa, R.V.G. 2012. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental). Centro de Tecnologia, Universidade Federal de João Pessoa, João Pessoa. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5463>
- Fabro, C. 2020. O que é Google Maps? Dicas para usar o aplicativo de GPS no celular. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/listas/2020/12/o-que-e-google-maps-dicas-para-usar-o-aplicativo-de-gps-no-celular.ghtml>
- FGV, Fundação Getúlio Vargas. 2014. Qual a faixa de renda familiar das classes? <https://cps.fgv.br/qual-faixa-de-renda-familiar-das-classes> Firjan, S. Construção Civil – Desafio 2020, 2014.). Acesso em: 10/10/2020.
- Gomes Júnior, E. 2021. Diagnóstico da gestão e impactos ambientais dos Resíduos de Construção e demolição no município de Caruaru/PE. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/45654>
- Gomes, C. P.; Leite, G.U.; Sena, R. W. R.; Andrade, E. M. G. 2021. Impacto Ambiental e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Advindos da Construção Civil no Brasil: Uma Revisão de Literatura. *Id on Line*. 15, <https://doi.org/10.14295/idonline.v15i55.3108>
- Holanda, M. J. O.; Paz, D. H. F.; Lafayette, K. P. V.; Silva, L. C. L.; Bezerra, J. S. 2022. Impactos urbanos dos resíduos da construção civil: estudo de caso no município de Camaragibe/PE. *Revista Valore, Volta Redonda*, 7, e-7055.
- IBGE, Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. 2016. Formação Administrativa: Formação Administrativa 1, 20 jul. 2016. Acesso em: 19 ago. 2021.
- IBGE, Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. População no Último Censo. População, p. 1-1, 17 ago. 2010. Acesso em: 7 dez. 2021.
- LAFAYETTE, K.P.V. 2016. Análise dos impactos ambientais e dos indicadores de sustentabilidade de resíduos da construção civil, em alguns municípios da Região Metropolitana do Recife. Tese de livre docência. Universidade de Pernambuco. Escola Politécnica de Pernambuco.
- Nagalli, A., 2014. Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil. Editora: Oficina de Textos, 176p.
- Paz, D.H.F. 2019. Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão integrada de Resíduos da Construção e Demolição. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34491>
- QGIS Brasil, 2020. Lançamento do QGIS versão 3.16.14 Hannover, Download. Disponível em: < <http://qgisbrasil.org/blog/2016/10/28/lancamento-do-qgis-versao-2-18-las-palmas/> >. Acesso em 10 de março de 2021.
- Quaglio, R. S.; A. R. A. 2020. Diagnosis of Civil Construction Waste Management from the Reading of the Urban Landscape”. *Sociedade & Natureza*, 32, 2020, pp. 457-71, doi:10.14393/SN-v32-2020-47547.

- Quantum GIS. 2016. QGIS: Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto. Acesso em: 28 de Agosto. 2016.
- Rondinel-Oviedo, D. R. 2021. Construction and demolition waste management in developing countries: a diagnosis from 265 construction sites in Lima Metropolitan Area. *International Journal of Construction Management*. <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.187467>
- SAE – Secretaria de Assuntos Estratégicos, Presidência da República. 2014. Social e Renda, a Classe Social do Brasil. https://issuu.com/sae.pr/docs/01.nova_classe_m_dia_ebook
- Santos, D.S. 2015. Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Jaboatão dos Guararapes/PE. 2015. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife
- Silva, A. A. 2017. Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção e demolição no município do Cabo de Santo Agostinho/PE. Dissertação, Universidade de Pernambuco.
- Silva, E. L. 2021. Mapeamento de Pontos de Deposição Irregulares de Resíduos de Construção e Demolição da Cidade de Caruaru, Pernambuco. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru.
- Silva, V. A.; Fernandes, A. L. T. 2012. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. *Revista Sociedade & Natureza*, ano 24,. 333-344. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000200012>
- Silva, W.C., Santos. G. O., Araújo, W.E. L. 2017. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. *Revista gestão e sustentabilidade ambiental*, Florianópolis, 6, <https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e22017286-301>
- Tanga, Z.; LI, W.; Tam, V.; Xue, C. 2020. Advanced progress in recycling municipal and construction solid wastes for manufacturing sustainable construction materials. *Resources, Conservation & Recycling: Michigan*, 6, <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100036>.
- Tavares, Q. E. S., Sanches, A. E., Bandeira, S. R., Marques, D. S.; Santos, G. O. 2020. Identificação de locais de descarte irregular de resíduos de construção e demolição no bairro distrito industrial II no município de Manaus-AM. *Brazilian Journal of Development*, 6(2), 6014–6024. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-052>.
- Vilventhan, A.; Ram, V.G.; Sugumaran, S. 2019. Value stream mapping for identification and assessment of material waste in construction: A case study. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*. Volume 37. Issue 8. <https://doi.org/10.1177/0734242X19855429>
- Ximenes, T. C. F. 2018. Diagnóstico da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Paulista/PE. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Escola Politécnica de Recife Universidade de Pernambuco. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1pyba5sHwAkjF3R7Rae7hjaTBSdrkeige/view>.
- Xu, J. SHI, Y. XIE, Y. ZHAO, S. A BIM-Based construction and demolition waste information management system for Green house gas quantification and reduction. *Journal of Cleaner Production*. 229, 308-324, 2019.
- Yu, A.T.W.; Poon, C.S.; Wong, A.; Yip, R.; Jaillon, L. 2013. Impact of construction waste disposal charging scheme on work practices at construction sites in Hong Kong. *Waste Management*, 33, 138-146. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.023>
- Zhao, X. 2021. Stakeholder-Associated Factors Influencing Construction and Demolition Waste Management: A Systematic Review. *Buildings* 11, 149. <https://doi.org/10.3390/buildings11040149>