

PROPOSIÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DE TÉCNICA COMPENSATÓRIA PARA MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NO MUNICÍPIO DE JABOATÃO DOS GUARARAPES, EM PERNAMBUCO

PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A COMPENSATORY TECHNIQUE FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF URBAN RAINWATER IN THE OF JABOATÃO DOS GUARARAPES MUNICIPALITY, IN PERNAMBUCO

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA TÉCNICA COMPENSATORIA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LAS AGUAS PLUVIALES URBANAS EN EL MUNICIPIO DE JABOATÃO DOS GUARARAPES, EN PERNAMBUCO

Amaury Gouveia Pessoa Neto

Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco (UPE), Recife-PE
Email: agpn@poli.br

Simone Rosa da Silva

Doutora em Engenharia Civil, Professora Associada da Escola Politécnica de Pernambuco (Poli/UPE), Universidade de Pernambuco (UPE), Recife/PE
Email: simonerosa@poli.br

Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa

Doutora em Engenharia Civil, Professora Titular do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) *campus* Recife, Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Recife/PE
Email: ionarameh@recife.ifpe.edu.br

RESUMO: A expansão desordenada da malha urbana, ocorrida em diversas cidades brasileiras a partir de meados do século XX, provocou consideráveis alterações nos elementos do ciclo hidrológico, resultando em um dos principais problemas enfrentados pela cidade, que é o aumento na frequência e magnitude de inundações e alagamentos. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo propor a implantação do reservatório de retenção em lotes como técnica compensatória para manejo sustentável de águas pluviais urbanas em uma área altamente suscetível a inundações e alagamentos do município de Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco. Para isso, foi delimitada uma microbacia de contribuição com uma área de, aproximadamente, 2,62ha onde foram identificados os lotes e as edificações inseridos em seu interior, totalizando 45. Para o dimensionamento do reservatório de retenção nesses lotes, foi utilizado o modelo matemático apresentado no Código de Obras do município de Jaboatão dos Guararapes, que considera o coeficiente de abatimento, a área impermeabilizada do lote e o índice pluviométrico. Pelos resultados, foi verificado que levando em conta um evento chuvoso de 15 minutos de duração e de cinco anos de tempo de retorno, deixarão de ser lançados 87,06 m³ de águas precipitadas na microbacia, concedendo ao sistema uma eficiência de, aproximadamente, 36,50%, mostrando que a aplicação dessa técnica é capaz de atenuar os transtornos causados por desastres hidrológicos na região. Esse tipo de constatação possibilita que gestores sejam incentivados à elaboração de políticas públicas que estabeleçam a implantação de técnicas compensatórias, sobretudo em áreas de adensamento urbano.

Palavras-chave: Adensamento urbano; Código de Obras; Desastres hidrológicos; Reservatório de retenção em lotes.

ABSTRACT: The disorderly expansion of the urban fabric, occurred in several Brazilian cities from the middle of the 20th century, caused considerable changes in the hydrological cycle elements, resulting in one of the main problems faced by the city, which is the increase in the frequency and magnitude of floods. Thus, the present study aimed to propose the detention reservoir implementation in batches as a compensatory technique for sustainable management of urban rainwater in an area highly susceptible to flooding in Jaboatão dos Guararapes municipality, in Pernambuco. For this, a contribution microbasin was delimited with an area of approximately 2.62 ha where the lots and buildings inserted in its interior were identified, totaling 45. For the detention reservoir dimensioning in these lots, the mathematical model was used presented in the Works Code from Jaboatão dos Guararapes municipality, which considers the abatement coefficient, the lot waterproofed area and the rainfall index. From the results, it was verified that taking into account a rainy event lasting 15 minutes and five years of return time, 87.06 m³ of precipitated water will no longer be released into the microbasin, granting the system an efficiency of approximately 36.50%, showing that the application of this technique is capable of mitigating the disturbances caused by hydrological disasters in the region. This type of finding makes it possible for managers to be encouraged to develop public policies that establish the implementation of compensatory techniques, especially in areas of urban density.

Keywords: Urban density; Works Code; Hydrological disasters; Detention reservoir in lots.

RESUMEN: La expansión desordenada del tejido urbano, ocurrida en varias ciudades brasileñas desde mediados del siglo XX, provocó cambios considerables en los elementos del ciclo hidrológico, resultando uno de los principales problemas que enfrenta la ciudad, que es el aumento de la frecuencia y magnitud de las inundaciones. Así, el presente estudio tuvo como objetivo proponer la implementación del embalse de detención en lotes como técnica compensatoria para la gestión sostenible de las aguas pluviales urbanas en un área altamente susceptible a inundaciones en el municipio de Jaboatão dos Guararapes, en Pernambuco. Para ello se delimitó una microcuenca de aporte con un área de aproximadamente 2.62 ha donde se identificaron los lotes y edificaciones insertas en su interior, totalizando 45. Para el dimensionamiento del reservorio de detención en estos lotes se utilizó el modelo matemático presentado en el Código de Obras del municipio de Jaboatão dos Guararapes, que considera el coeficiente de abatimiento, el área impermeabilizada del lote y el índice de lluvia. De los resultados se verificó que teniendo en cuenta un evento lluvioso de 15 minutos de duración y cinco años de tiempo de retorno, ya no se liberarán a la microcuenca 87,06 m³ de agua precipitada, otorgándole al sistema una eficiencia de aproximadamente 36,50%, demostrando que la aplicación de esta técnica es capaz de mitigar las perturbaciones provocadas por los desastres hidrológicos en la región. Este tipo de hallazgos posibilita que los gestores se animen a desarrollar políticas públicas que establezcan la implementación de técnicas compensatorias, especialmente en áreas de densidad urbana.

Palabras clave: Densidad urbana; Código de Obras; Desastres hidrológicos; Reservorio de detención en lotes.

1. INTRODUÇÃO

O período compreendido entre a segunda metade do século XX e o início do século XXI estabeleceu o intenso e acelerado processo de urbanização no Brasil, devido à transição de uma economia agrário-exportadora para uma economia urbano-industrial (MENGUE et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019; ALMEIDA et al., 2022; VILAÇA e COSTA, 2022). Entretanto, devido à falta de planejamento, esse fenômeno acarretou diversos tipos de problemas como: desigualdade social, segregação sócio-espacial, degradação ambiental, habitações em locais irregulares, entre outros, refletindo diretamente na qualidade de vida da população (SANTANA et al., 2020; TSUJI et al., 2023).

Além das referidas consequências, a expansão da malha urbana promove a ampliação do desmatamento e das áreas impermeabilizadas, desfavorecendo a infiltração das águas pluviais e condicionando o aumento do escoamento superficial e da vazão dos cursos d'água (ROCHA e RIBEIRO, 2018; RIBEIRO e LIMA, 2019; NAVES e ALMEIDA, 2021). O efeito desse tipo de interferência nos elementos do ciclo hidrológico resulta em um dos principais problemas enfrentados pela cidade, que é o aumento na frequência e magnitude de inundações e alagamentos, impactando direta e/ou indiretamente o cotidiano da população (NEVES et al., 2019; PORTELA et al., 2023).

Inundações urbanas, normalmente causadas pela combinação de eventos meteorológicos e hidrológicos, ocorrem pelo processo de transbordamento das águas de corpos hídricos, atingindo a planície de inundação (FONSECA et al., 2020; FARIAS e MENDONÇA, 2022; FERRAZ et al., 2022). Alagamentos são caracterizados pelo acúmulo momentâneo das águas pluviais em determinados locais devido à deficiência no sistema de drenagem (FERRAZ et al., 2022). Conforme o Ministério da Saúde do Brasil, esses desastres hidrológicos causam danos humanos, patrimoniais e ambientais, fazendo com que milhares de famílias desocupem suas residências anualmente e tenham sua saúde física e mental exposta a diversos tipos de agravos e doenças (BRASIL, 2017).

No tocante à atenuação dos danos causados por desastres hidrológicos, o emprego das técnicas compensatórias se configura como uma prática para o manejo sustentável das águas pluviais urbanas (RODRIGUES e SANTINI JÚNIOR, 2021; FRANÇA et al., 2022). Um dos principais objetivos das técnicas compensatórias é de reduzir o escoamento das águas pluviais, simulando o efeito de uma drenagem natural em uma bacia antes de sua urbanização intensa (CARNEIRO RANGEL et al., 2021; DAVIDOVITSCH et al., 2023). Pavimentos permeáveis, telhados verdes, valas de infiltração, jardins de chuva e reservatórios de detenção são alguns exemplos das técnicas compensatórias mais conhecidas, sendo algumas já previstas em legislações específicas (SOUSA et al., 2021; COELHO et al., 2022; SILVA et al., 2023).

A proposição da implantação de técnicas compensatórias é uma temática que pode ser conferida em diversos estudos realizados em outros países, como Bangladesh (AHMED et al., 2019), China (YANG et al., 2022; ZHOU et al., 2022), Coréia do Sul (LEE et al., 2023), Estados Unidos (DARNTHAMRONGKUL e MOZINGO, 2021; ABDULJALEEL e DEMISSIE, 2022), Filipinas (FRIAS e MANQUIZ-REDILLAS, 2021), Polônia (JANUSZKIEWICZ e GOLEBIESKI, 2019) e Portugal (RODRIGUES e ANTUNES, 2021). No cenário nacional, também é bastante comum serem produzidos estudos que abordam essa prática em diversas regiões do Brasil (NUNES et al., 2017; ROCHA e RIBEIRO, 2018; PENNA et al., 2019; ZANANDREA e SILVEIRA, 2019; COSTA et al., 2020; LOPES et al., 2020; SILVA et al., 2020; SOUSA et al., 2021; COELHO et al., 2022; SILVA et al., 2023).

Dentre as diversas técnicas compensatórias, sistemas como reservatórios de detenção para retardo das águas pluviais em lotes contribuem para minimizar os picos de vazão, visto que a descarga proveniente da captação das águas precipitadas que incidem sobre as áreas

impermeabilizadas das edificações não é direcionada imediatamente para a rede de drenagem urbana. Além dessa função, quando remanejada para outro reservatório, a água precipitada armazenada pode ser empregada em usos menos exigentes em relação ao padrão de qualidade da água, como: lavagem de pisos e veículos, rega de plantas, descargas sanitárias, entre outras.

Jaboatão dos Guararapes, município situado no estado de Pernambuco, vivenciou, ao final do século XX, uma significativa expansão em sua malha urbana, que ocorreu sem o suporte e fiscalização do Poder Público, originando zonas urbanas desordenadas e densamente povoadas (PEREIRA e FERREIRA, 2013). Em decorrência desse processo, problemas como a ocupação de construções em áreas inapropriadas se acentuaram, propiciando a ocorrência das inundações urbanas e alagamentos, que se intensificam durante eventos extremos de precipitação (PESSOA NETO et al., 2022).

Devido ao expressivo nível de urbanização apresentado no município de Jaboaatão dos Guararapes, bem como suas características físicos-naturais, o presente estudo teve como objetivo propor a implantação do reservatório de detenção em lotes como técnica compensatória para manejo sustentável de águas pluviais urbanas nessa região, com a finalidade de mitigar os danos gerados pela ocorrência de episódios dos desastres hidrológicos.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DO ESTUDO

A região do estudo, configurada pelo município de Jaboaatão dos Guararapes, está localizada na região litorânea do estado de Pernambuco, compõe a Região Metropolitana do Recife (RMR) e se define entre as coordenadas UTM (25 S) 289.903,952mE e 267.017,111mE, e 9.110.053,672mN e 9.088.338,009mN, como apresenta a Figura 1.

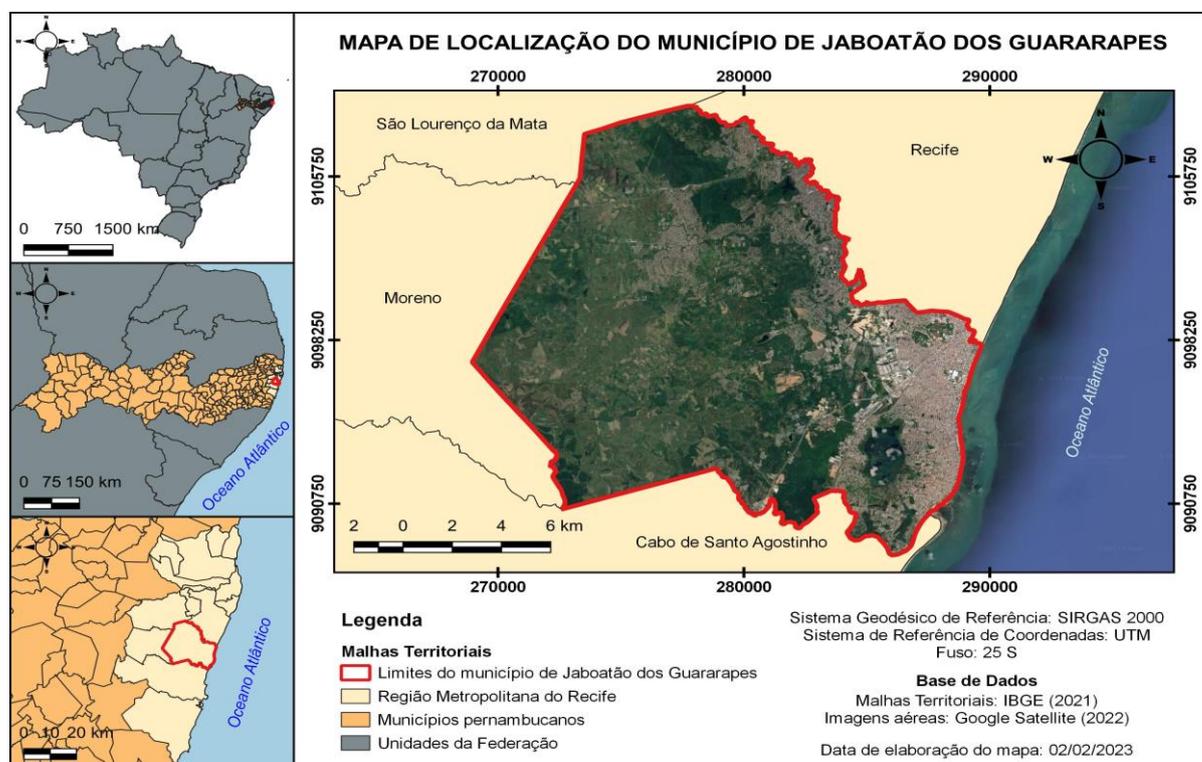


Figura 1 – Localização do município de Jaboaatão dos Guararapes. Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Jaboatão dos Guararapes ocupa uma área de, aproximadamente, 258,70 km² (IBGE, 2023), estando situado a 16,10 km da capital de Pernambuco, Recife, e tendo como principais vias de acesso as rodovias BR-101, BR-232, BR-408, PE-007 e PE-008. Contempla o título de segundo município mais populoso de Pernambuco, abrangendo uma população de 711.330 habitantes, estimativamente, resultando numa densidade demográfica de 2.750 hab/km² (IBGE, 2023).

A geomorfologia do município engloba três tipos de relevo: planícies costeiras, terraços marinhos e morros/colinas, sendo as planícies e os terraços as configurações de relevo que apresentam as menores cotas altimétricas, compreendidas entre dois e oito metros em relação ao nível do mar (LIMA et al., 2021). Sobre a pedologia, conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o município apresenta seis tipos de solos: Argissolo Vermelho-Amarelo, Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico, Gleissolo Háplico, Latossolo Amarelos, Neossolo Quartzarênico, Solos de Mangue e ainda a área urbana (EMBRAPA, 2018).

Quanto à climatologia, segundo a classificação climática de Novais, Jaboatão dos Guararapes está localizado numa região de domínio climático Equatorial, apresenta Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMMF) acima de 22,5°C e tem como sistema atmosférico predominante a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (NOVAIS E MACHADO, 2023). A região apresenta valores médios máximo e mínimo mensais de precipitação respectivos a 311,99 mm e 29,00 mm (Figura 2) e média anual de 1.754,84 mm, sendo a precipitação máxima mensal verificada no período de inverno, geralmente, durante o mês de junho, podendo ser ultrapassada na ocorrência eventos extremos (PESSOA NETO et al., 2022).

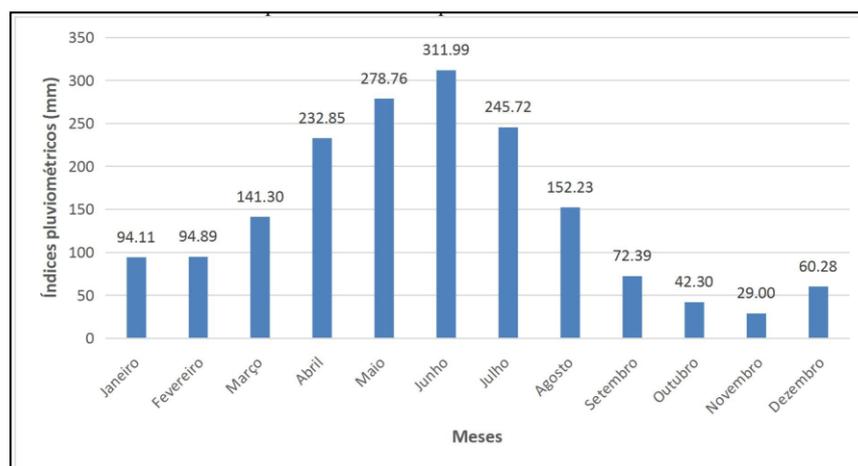


Figura 2 – Índices pluviométricos médios mensais do município de Jaboatão dos Guararapes compreendidos entre o período de 2004 e 2021. Fonte: PESSOA NETO et al. (2022).

Acerca da hidrografia, o município contempla as bacias hidrográficas dos rios Jaboatão, Pirapama e Tejió, que constituem a Unidade de Planejamento 04 - UP04 denominada Metropolitana Sul (Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco [SEINFRA], 2022). A bacia do rio Jaboatão, a principal da área em estudo, é composta por dois importantes rios pernambucanos, o Jaboatão e o Duas Unas, sendo esse o principal tributário do rio Jaboatão e detentor de uma barragem homônima, cuja finalidade é abastecer parte da RMR (PESSOA NETO et al., 2022).

As referidas características físico-naturais, aliadas ao elevado índice de urbanização, condicionam o município de Jaboatão dos Guararapes a apresentar alta suscetibilidade a inundações e alagamentos em considerável parte de seu território. Dessa forma, buscando soluções sustentáveis que minimizem os transtornos advindos por esses desastres hidrológicos, o Código de Obras do município de Jaboatão dos Guararapes (JABOATÃO DOS

GUARARAPES, 2013a) exige a construção de reservatório de retenção no interior do lote das edificações, em casos previstos nos Artigos 60 e 61 da Lei Municipal de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo (LUOS) (JABOATÃO DOS GUARARAPES, 2013b):

Art. 60. Nas Zona de Adensamento Construtivo Alto (ZAA), Zona de Adensamento Construtivo Médio (ZAM) e Zona de Adensamento Construtivo Baixo (ZAB) será exigido sistema de retenção de águas pluviais no interior do lote, nos empreendimentos multifamiliares e não habitacionais com área de terreno igual ou maior que 1.000,00m² com área impermeabilizada superior a 500m².

Art. 61. Nas Zona de Interesse Produtivo 1 (ZIP1), Zona de Interesse Produtivo 2 (ZIP2), Zona de Adensamento Restrito (ZAR), Zona de Expansão Urbana (ZEU) e Zona de Processamento de Expansão (ZPE) será exigido sistema de retenção de águas pluviais no interior do lote em todos os empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500m².

Dentre as áreas mais propensas a inundações e alagamentos no município de Jaboatão dos Guararapes destaca-se o bairro Barra de Jangada, como mostram as ocorrências da Figura 3. A grande reincidência desses desastres hidrológicos nessa região se deve, sobretudo, pelo bairro estar situado numa porção do município que é predominantemente plana, adjacente ao exutório do rio Jaboatão e à lagoa Olho D'água e interceptada pelo canal Olho D'água. Esse fato foi comprovado durante o evento extremo de precipitação ocorrido na região no dia 28 de maio de 2022, que atingiu um índice acumulado de 292,80 mm, equivalendo 96,40% da média mensal (APAC, 2022).

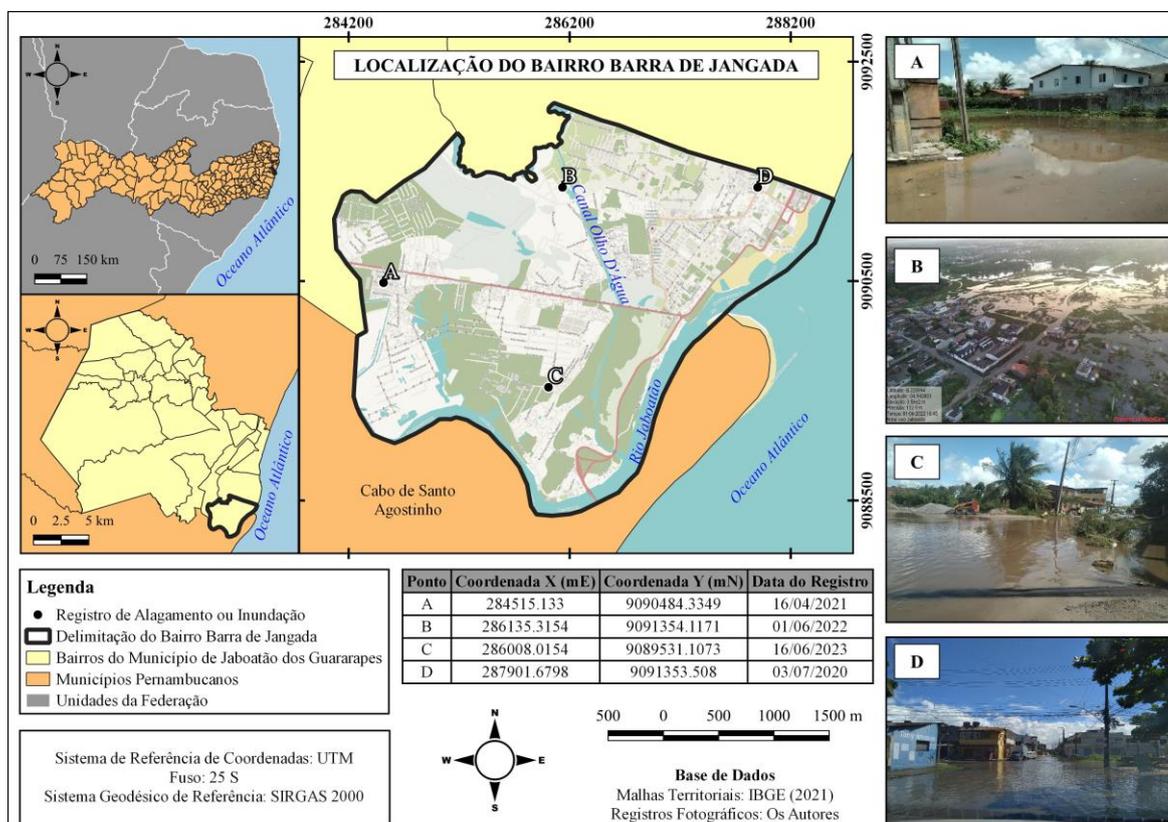


Figura 3 – Localização do bairro Barra de Jangada, no município de Jaboatão dos Guararapes, e registros fotográficos de inundações e alagamentos ocorridos no local. Fonte: Elaborado pelos autores.

Além dessas características físico-naturais, o bairro passou por uma intensa expansão urbana devido a uma grande especulação imobiliária no litoral de Jaboatão dos Guararapes, que resultou na instalação de diversos empreendimentos imobiliários, empresariais e hoteleiros no local. Diante desses atributos, o bairro Barra de Jangada foi selecionado como uma potencial área do município de Jaboatão dos Guararapes para a proposição de implantação da técnica de reservatórios em lotes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coleta e tratamento de dados espaciais para delimitação automática da microbacia

A partir da definição do local de implantação da técnica compensatória proposta para este estudo, foi determinada a microbacia de contribuição, definindo a região do estudo. Para isso, inicialmente, foram adquiridos pela Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes (PMJG) arquivos, no formato vetorial (*shapefile*), de elementos da cartografia básica municipal, tais como: delimitação de edificações, lotes, quadras e malha viária. Também foram obtidos pelo mesmo órgão Modelos Digitais de Elevação (MDE), no formato matricial (*raster*) e em grade regular, com resolução de 0,10 metros e oriundos de Perfilamento a *Laser* Aerotransportado (*lidar*).

Para delimitação da microbacia de contribuição, o MDE foi submetido, no QGIS (Versão 3.10.9), à função *r.watershed*, que definiu os segmentos de fluxo (*stream*) e direções de drenagem (*drainage*) da região. Em seguida, por meio da função *r.water.outlet* e com a identificação da seção de controle, foi determinada a bacia. A área dessa bacia foi calculada de forma automatizada com auxílio da calculadora de campo, disponibilizada pela tabela de atributos da camada, resultando em 2,62ha.

Vale salientar que todos os dados espaciais utilizados neste estudo foram manipulados em coordenadas UTM (Fuso 25 S), no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000).

3.2. Dimensionamento dos reservatórios de detenção

Após a determinação da microbacia, foram identificados os lotes e as edificações localizadas no interior da mesma. Para o dimensionamento do reservatório de detenção de cada lote contido na bacia, foi utilizado o método apresentado no Artigo 181 do Código de Obras do município de Jaboatão dos Guararapes (JABOATÃO DOS GUARARAPES, 2013a). O modelo matemático considerado por esse método, representado pela Equação 1, compreende o coeficiente de abatimento, a área impermeabilizada do lote e o índice pluviométrico.

$$V = K \times A_i \times IP \quad (1)$$

Onde:

V = Volume do reservatório (m³)

K = Coeficiente de abatimento, correspondente a 0,15

A_i = Área impermeabilizada do lote (m²)

IP = Índice pluviométrico, correspondente a 0,06 m

Para este estudo, as áreas impermeabilizadas dos lotes foram estabelecidas como as coberturas e os pisos externos das edificações localizadas na microbacia, em que as áreas puderam ser precisamente determinadas a partir de restituição estereofotogramétrica, disponibilizada pela PMJG, que foi processada por Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para captação das águas precipitadas, foram realizadas a identificação da direção dos panos das coberturas e demais elementos condutores das águas pluviais ao reservatório a partir da fotointerpretação de ortoimagens de alta resolução, na escala de 1:1.000, também cedidas pela PMJG.

3.3. Cálculo da eficiência do sistema quanto à mitigação aos impactos ao sistema de drenagem urbana

Para determinar a eficiência do sistema, o volume de chuva escoado na bacia de contribuição definida para o estudo foi subtraído do volume de água de chuva que é retido pelos reservatórios inseridos nessa mesma bacia. Dessa forma, foi possível estabelecer uma taxa de redução do impacto ao sistema de drenagem do local estudado.

Segundo Teston (2015), o volume de chuva escoado representa toda parcela de água proveniente do escoamento superficial de pisos, calçadas, ruas internas e áreas permeáveis em determinada bacia de contribuição. Para a referida autora, é sugerido que esse volume de chuva não seja aproveitado, pois é carregado de poluição difusa e necessitaria de maior tratamento para obter uma melhor qualidade de água. Esse volume é obtido por meio da Equação 2.

$$V_e = P_{ef} \times A_c \quad (2)$$

Onde:

V_e = Volume escoado (m^3)

P_{ef} = Precipitação efetiva (mm), na duração do evento

A_c = Área da bacia de contribuição (m^2)

A precipitação efetiva pode ser calculada utilizando o método SCS (*Soil Conservation Service*) (Equação 3). Esse modelo tem como principal parâmetro o CN (*Curve Number*), que é o valor de deflúvio e depende da classificação hidrológica do solo, das condições antecedentes de umidade e da cobertura do solo.

$$P_{ef} = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}, \text{ se } P > 0,2S \quad (3)$$

Onde:

P_{ef} = Precipitação efetiva (mm), na duração do evento

P = Precipitação total acumulada (mm), na duração do evento

S = Retenção potencial do solo (adimensional)

A retenção potencial do solo representa a sua capacidade de armazenar água. Esse parâmetro é determinado pelo modelo expresso na Equação 4. Para este estudo, o parâmetro “S” foi designado a partir do plugin “CalcularS”, complemento encontrado no QGIS (versão 2.18.0), o qual considera a pedologia e as condições de uso e ocupação do solo da região.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (4)$$

Onde:

S = Retenção potencial do solo (adimensional)

CN = *Curve Number* (adimensional)

A precipitação total acumulada foi determinada por meio do produto entre a intensidade de precipitação e o tempo de duração do evento, como apresenta a Equação 5. Para definição da intensidade, foi utilizada a equação de intensidade–duração–frequência (IDF) para o município de Jaboatão dos Guararapes (Equação 6), estabelecida pelo Atlas Pluviométrico do Brasil (Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2014), que foi baseada em dados históricos relativos ao período compreendido entre 1968 e 2007, totalizando 40 anos.

$$P = \frac{i \times t}{60} \quad (5)$$

Onde:

P = Precipitação total acumulada (mm)

i = Intensidade de precipitação (mm/h)

t = Duração do evento (min.)

$$i = \frac{1423,97 \times T_r^{0,1124}}{(t + 21)^{0,7721}} \quad (6)$$

Onde:

i = Intensidade de precipitação (mm/h)

T_r = Tempo de retorno (anos)

t = Duração do evento (min.)

Pelo sistema proposto se tratar de uma intervenção de microdrenagem e o local proposto para sua implantação abranger uma zona de uso predominantemente residencial, foi considerado um tempo de retorno de cinco anos e uma duração de chuva de 15 minutos, valores estes adotados para esse tipo de circunstância (MELO et al., 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região do bairro Barra de Jangada escolhida para implantação da técnica compensatória do sistema de reservatório de detenção no interior do lote se constitui por uma microbacia localizada no loteamento Parque da Barra, como apresenta a Figura 4, e é caracterizada por estar situada nas proximidades do canal Olho D'Água. A microbacia abrange as quadras “E”, “F” e parte das quadras “A”, “D” e “K” do loteamento supracitado e apresenta sua seção de controle no referido corpo hídrico.

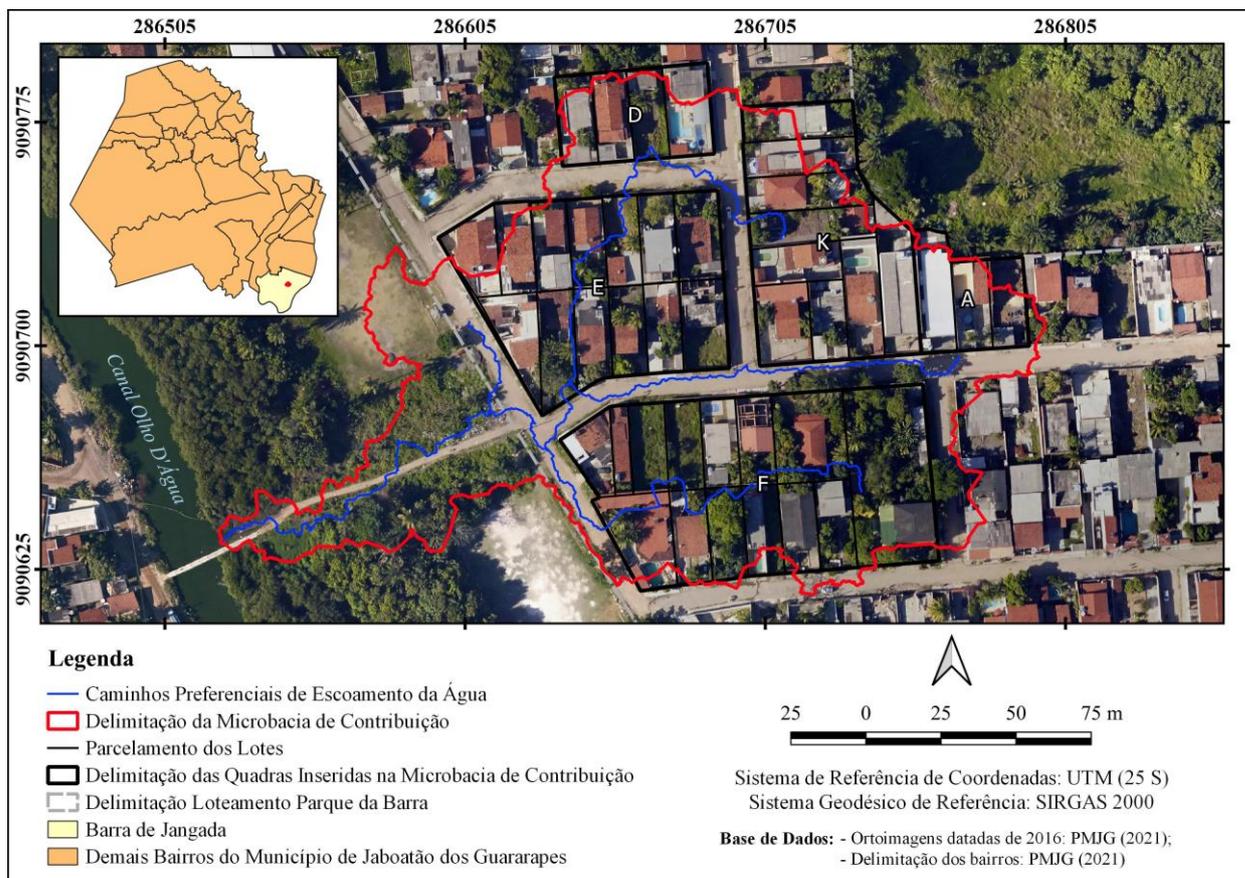


Figura 4 – Localização da microbacia escolhida para implantação da técnica compensatória do reservatório de retenção no interior do lote. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o dimensionamento dos reservatórios de retenção no lote, propostos para implantação, foi necessário identificar as áreas impermeabilizadas no interior de cada lote. As representações e as quantificações dessas áreas estão apresentadas na Figura 5 e na Tabela 1, respectivamente.

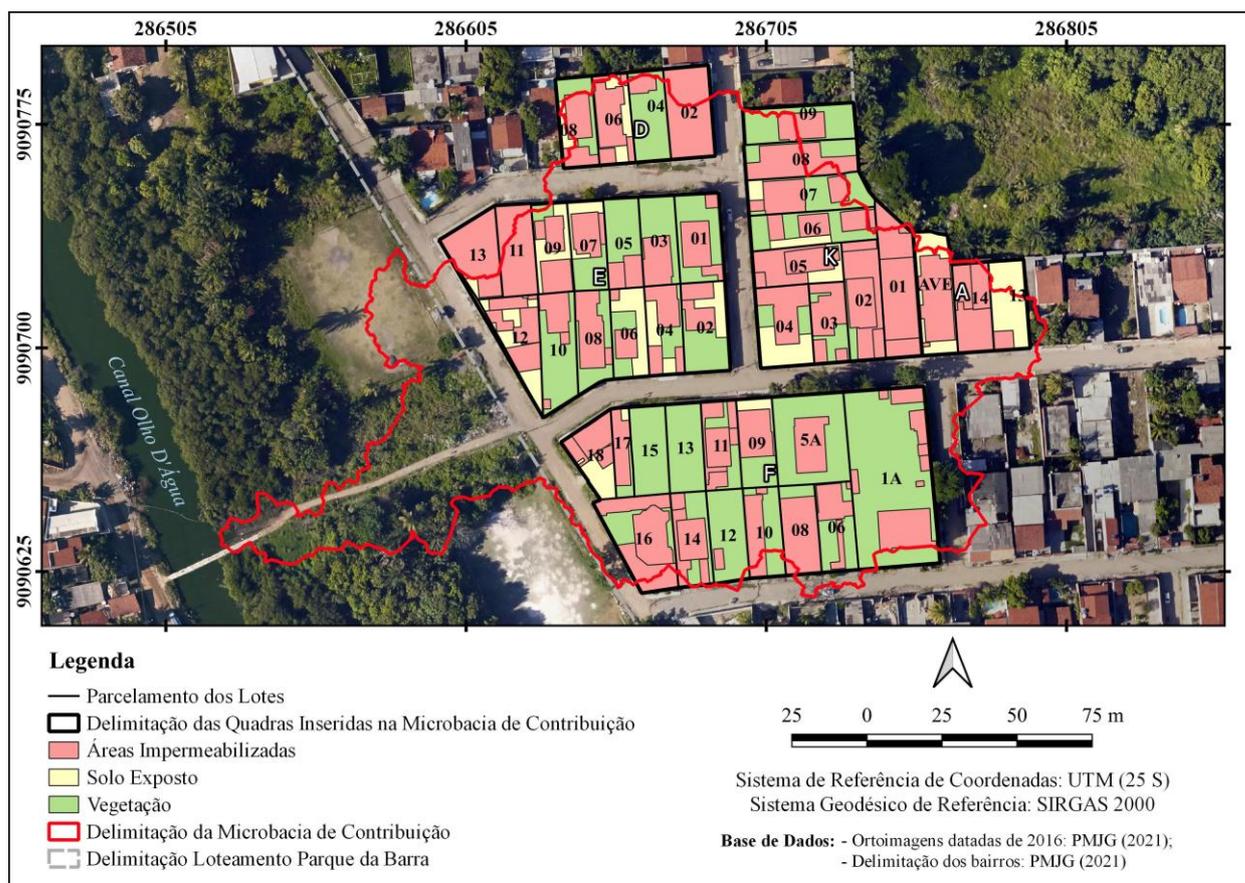


Figura 5 – Identificação das áreas, quanto à permeabilidade, nos lotes considerados para implantação da técnica compensatória do reservatório de detenção. Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1 – Quantificação das áreas, quanto à permeabilidade, nos lotes considerados para implantação da técnica compensatória do reservatório de detenção.

(continua)

Quadra	Lote	Área Impermeável (m ²)	Área Permeável (m ²)	Área do lote (m ²)
A	13	43,64	314,11	357,75
	14	363,28	0,00	363,28
	AVE	292,78	199,42	492,20
D	02	456,11	0,00	456,11
	04	51,11	309,77	360,88
	06	252,23	109,58	361,81
	08	191,51	173,49	365,00
	01	195,83	244,80	440,63
	02	145,45	305,81	451,26
	03	153,73	209,91	363,64
E	04	193,37	166,66	360,03
	05	116,17	238,40	354,57
	06	81,86	272,30	354,16
	07	147,97	208,39	356,36
	08	228,16	149,76	377,92
	09	203,69	158,00	361,69
	10	134,85	325,61	460,46

Tabela 1 – Quantificação das áreas, quanto à permeabilidade, nos lotes considerados para implantação da técnica compensatória do reservatório de detenção.

(conclusão)

Quadra	Lote	Área Impermeável (m ²)	Área Permeável (m ²)	Área do lote (m ²)
E	11	368,98	0,00	368,98
	12	269,01	147,79	416,80
	13	367,52	22,06	389,58
	1A	400,75	1211,26	1612,01
	5A	189,54	533,84	723,38
	6	159,94	205,74	365,68
	8	308,97	50,82	359,79
	9	175,08	184,21	359,29
	10	173,84	187,74	361,58
	F	11	260,63	97,57
12		22,08	350,21	372,29
13		0,00	358,00	358,00
14		247,18	127,02	374,20
15		0,00	357,76	357,76
16		488,66	132,95	621,61
17		134,52	49,36	183,88
18		196,34	116,72	313,06
01		568,82	0,00	568,82
02		440,79	43,05	483,84
K	03	236,07	86,38	322,45
	04	221,07	264,42	485,49
	05	311,42	68,15	379,57
	06	191,01	287,79	478,80
	07	224,87	252,24	477,11
	08	328,87	114,67	443,54
	09	136,70	312,12	448,82

Fonte: Elaborada pelos autores

A partir da definição dos valores das áreas impermeáveis (AI) de cada lote e com os valores, previamente definidos, do coeficiente de abatimento (K) e do índice pluviométrico (IP), foi possível dimensionar o volume dos reservatórios de detenção (V), como apresenta a Tabela 2. Conforme os dimensionamentos apresentados, foi verificado que, dos 45 lotes em estudo, apenas dois, ou seja, o 13 e o 15 da quadra “F”, não necessitaram da utilização do reservatório por não apresentar nenhum tipo de construção em seu interior. Ainda de acordo com os dimensionamentos, foi possível constatar que os volumes dos reservatórios variaram de 0,20 m³ até 5,12 m³, sendo o de menor volume referente ao lote 12 da quadra “F” e o de maior volume, ao lote 01 da quadra “K”.

Tabela 2 – Quantificação das áreas, quanto à permeabilidade, nos lotes considerados para implantação da técnica compensatória do reservatório de detenção.

Quadra	Lote	K	AI (m²)	IP (m)	V (m³)
A	13	0,15	43,64	0,06	0,39
	14	0,15	363,28	0,06	3,27
	AVE	0,15	292,78	0,06	2,64
D	02	0,15	456,11	0,06	4,10
	04	0,15	51,11	0,06	0,46
	06	0,15	252,23	0,06	2,27
	08	0,15	191,51	0,06	1,72
	01	0,15	195,83	0,06	1,76
	02	0,15	145,45	0,06	1,31
	03	0,15	153,73	0,06	1,38
	04	0,15	193,37	0,06	1,74
E	05	0,15	116,17	0,06	1,05
	06	0,15	81,86	0,06	0,74
	07	0,15	147,97	0,06	1,33
	08	0,15	228,16	0,06	2,05
	09	0,15	203,69	0,06	1,83
	10	0,15	134,85	0,06	1,21
	11	0,15	368,98	0,06	3,32
	12	0,15	269,01	0,06	2,42
	13	0,15	367,52	0,06	3,31
	1A	0,15	400,75	0,06	3,61
	5A	0,15	189,54	0,06	1,71
	6	0,15	159,94	0,06	1,44
	8	0,15	308,97	0,06	2,78
F	9	0,15	175,08	0,06	1,58
	10	0,15	173,84	0,06	1,56
	11	0,15	260,63	0,06	2,35
	12	0,15	22,08	0,06	0,20
	13	0,15	0,00	0,06	0,00
	14	0,15	247,18	0,06	2,22
	15	0,15	0,00	0,06	0,00
	16	0,15	488,66	0,06	4,40
	17	0,15	134,52	0,06	1,21
	18	0,15	196,34	0,06	1,77
K	01	0,15	568,82	0,06	5,12
	02	0,15	440,79	0,06	3,97
	03	0,15	236,07	0,06	2,12
	04	0,15	221,07	0,06	1,99
	05	0,15	311,42	0,06	2,80
	06	0,15	191,01	0,06	1,72
	07	0,15	224,87	0,06	2,02
	08	0,15	328,87	0,06	2,96
	09	0,15	136,70	0,06	1,23

Fonte: Elaborada pelos autores

Com a implantação do sistema, para um evento chuvoso de 15 minutos de duração e de cinco anos de tempo de retorno, deixarão de ser lançados 87,06 m³ de águas precipitadas na microbacia considerada pelo estudo, valor que pode ser verificado a partir do somatório dos volumes de cada reservatório dimensionado. Levando em conta os parâmetros elencados na Tabela 3, pode-se verificar que um evento chuvoso com as referidas características de duração e tempo de recorrência produz 238,57 m³ de volume escoado.

Tabela 3 – Parâmetros considerados para o cálculo do volume escoado.

Parâmetros	Valores
Duração do evento (t)	15 minutos
Tempo de retorno (T _r)	5 anos
Intensidade de precipitação (i)	107,2615 mm/h
Precipitação acumulada na duração do evento (P)	26,8154 mm
Curve Number (CN)	90
Retenção potencial do solo (S)	28,2222
Precipitação efetiva (P _{ef})	9,0750 mm
Área da microbacia (A _c)	26.289,1891 m ²
Volume escoado (V _e)	238,5744 m ³

Fonte: Elaborada pelos autores

Portanto, considerando o volume que deixará de ser lançado e o volume escoado para as referidas condições, o sistema concederá uma retenção de, aproximadamente, 36,50%, diminuindo os danos causados por alagamentos ou inundações.

Buscando contribuir com o sistema de drenagem urbana da cidade de Palmas, no Tocantins, Mendes e Iopp (2019) sugeriram a implantação de um reservatório de detenção em uma rotatória situada na interseção de duas importantes vias da região, técnica proposta no Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas. Para realizar esse dimensionamento foi utilizado o Método de Puls, o que conferiu uma eficiência de 42,20% para o amortecimento da vazão de pico no local.

De maneira semelhante, o estudo de Sousa et al. (2021) avaliaram o uso de telhados verdes na cidade de Teresina, no Piauí, observando os efeitos de sua implementação para mitigação de escoamentos superficiais. Pela análise dos cenários modelados, os autores observaram a redução do volume total de água escoada variando entre 4,70% e 12,13%, além da redução do pico de escoamento e atraso no início do deflúvio.

Silva et al. (2020) propuseram a implantação de um reservatório de detenção sob determinado logradouro da cidade do Recife, em Pernambuco, situado em área de urbanização consolidada. Os autores realizaram o dimensionamento do reservatório pelo método das chuvas, resultando em um volume de 740,00m³, o que levaria a uma redução nos picos de cheia de 63,85% e, por consequência, uma diminuição na área de alagamento.

Essas verificações asseveram a eficácia da utilização das técnicas compensatórias quanto à redução dos impactos causados por desastres hidrológicos, incentivando gestores e tomadores de decisão à elaboração de políticas públicas que imponham a implantação desses sistemas, sobretudo nas áreas de adensamento urbano. Vale salientar que, conforme Rodrigues e Santini Júnior (2021), a escolha da técnica mais adequada para implantação pode variar de acordo com o padrão de urbanização da região, as dimensões da bacia, o tempo de retorno e entre outros parâmetros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo propor a implantação de reservatórios de retenção em lotes em uma área altamente suscetível a inundações e alagamentos do município de Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco. A técnica compensatória proposta fundamentou-se no Artigo 181 do Código de Obras do município de Jaboatão dos Guararapes, que leva em consideração o coeficiente de abatimento, a área impermeável do lote e o índice pluviométrico para o dimensionamento dos reservatórios.

Os resultados revelaram que levando em conta a implantação do sistema, para um evento chuvoso de 15 minutos de duração e de cinco anos de tempo de retorno, deixarão de ser lançados 87,06 m³ de águas precipitadas na microbacia considerada pelo estudo, o que concede uma retenção de, aproximadamente, 36,50%. A partir desses resultados, verifica-se que a aplicação dos reservatórios de retenção em lotes é capaz de atenuar o escoamento superficial, como também, os transtornos causados por desastres hidrológicos na região.

Por fim, destaca-se a importância da elaboração desse tipo de estudo no intuito de subsidiar um planejamento urbano adequado, no sentido de propor soluções em potencial para o desenvolvimento das cidades que buscam a sustentabilidade e a restauração de ecossistemas urbanos.

REFERÊNCIAS

- ABDULJALEEL, Y.; DEMISSIE, Y. Identifying Cost-Effective Low-Impact Development (LID) under Climate Change: a multi-objective optimization approach. **Water**, v. 14, n. 19, 3017, 2022. DOI: 10.3390/w14193017
- AHMED, S.; MEENAR, M.; ALAM, A. Designing a Blue-Green Infrastructure (BGI) Network: toward water-sensitive urban growth planning in Dhaka, Bangladesh. **Land**, v. 8, n. 9, 138, 2019. DOI: 10.3390/land8090138
- ALMEIDA, R. M.; SILVA, C. G. S.; FARIA, N. A. F.; LIMA, A. P. F. L.; ROCHA, B. G. S. R. As políticas de planejamento urbano e as inundações: o caso da Microbacia do Córrego Vilarinho de Belo Horizonte. **Paranoá**, n. 32, p. 01–19, 2022. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n32.2022.07
- APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Monitoramento Pluviométrico**. 2022. Disponível em: <<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 21 de jul. de 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Cartilha de orientação à população no período de alerta de chuvas intensas**. Brasília, 2017.
- CARNEIRO RANGEL, L.; LUGON JUNIOR, J.; TELLES, W. R.; SILVA, S. V.; SILVA NETO, A. J. Levantamento das abordagens de modelagem matemática ou modelagem computacional para o estudo e avaliação de mitigação de inundações em áreas urbanas. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 15, n. 2, p. 03-18, 2021. DOI: 10.19180/2177-4560.v15n22021p03-18
- COELHO, L. E. P.; OHNUMA JÚNIOR, A. A.; FONSECA, P. L. Taxas de drenagem a partir de cenários com técnica compensatória de telhado verde com uso do modelo SWMM. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 19, n. 1, e24, 2022. DOI: 10.21168/rega.v19e24
- COSTA, I. R. A.; COUTINHO, A. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; RABELO, A. E. C. G. C.; SANTOS NETO, S. M.; ALVES, E. M.; ANTONINO, A. C. D. Sensitivity of hydrodynamic parameters in the simulation of water transfer processes in a permeable pavement. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, e47, 2020. DOI: 10.1590/2318-0331.252020190188
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Atlas Pluviométrico do Brasil**. Porto Alegre: CPRM, 2014. 10 p.

DARNTHAMRONGKUL, W.; MOZINGO, L. A. Toward sustainable stormwater management: understanding public appreciation and recognition of urban low impact development (lid) in the San Francisco bay area. **Journal of Environmental Management**, v. 300, 113716, 2021. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113716

DAVIDOVITSCH, L.; SILVA, B. C.; MARCIANO, A. G.; SANTOS, M. G. N. Tendências recentes na aplicação de técnicas de desenvolvimentos de baixo impacto (LID) para o controle da drenagem urbana. **Caderno de Geografia**, v. 33, n. 73, p. 336-365, 2023. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2023v33n73p336

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa de Solos do Brasil**. 2018. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104. Acesso em: 21 de jul. de 2023.

FARIAS, A.; MENDONÇA, F. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, e63717, 2022. DOI: 10.14393/sn-v34-2022-63717

FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C.; PINTO, D. B. F.; ALMEIDA, R. A. Inundações e alagamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brasil, segundo indicadores geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 4, p. 1893-1910, 2022. DOI: doi.org/10.20502/rbg.v23i4.2152

FONSECA, M. N.; FERENTZ, L.; GARCIAS, C. M. Disponibilidade de dados abertos para a resiliência às inundações em Curitiba (Paraná). **Revista de Morfologia Urbana**, v. 8, n. 2, e00139, 2020. DOI: 10.47235/rmu.v8i2.139

FRANÇA, L. R. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; RODRIGUES, A. C. L.; MEDEIROS, D. L. R. Aplicação de técnicas de desenvolvimento urbano de baixo impacto no controle da poluição das águas do Riacho das Piabas, Campina Grande, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 541-552, 2022. DOI: 10.1590/s1413-415220200212

FRIAS, R.; MANQUIZ-REDILLAS, M. Modelling the applicability of Low Impact Development (LID) technologies in a university campus in the Philippines using Storm Water Management Model (SWMM). **Iop Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 1153, n. 1, 012009, 2021. DOI: 10.1088/1757-899x/1153/1/012009

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**: Jaboatão dos Guararapes. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/jaboatao-dos-guararapes/panorama>>. Acesso em: 21 jul. 2023.

JABOATAO DOS GUARARAPES. Lei Municipal N° 973, de 16 de novembro de 2013. **Regula as condições das Edificações e Instalações, no Município do Jaboatão dos Guararapes, e dá outras providências**. Jaboatão dos Guararapes, 2013a.

JABOATAO DOS GUARARAPES. Lei Municipal N° 972, de 16 de novembro de 2013. **Estabelece a Lei de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo do município do Jaboatão Dos Guararapes**. Jaboatão dos Guararapes, 2013b.

JANUSZKIEWICZ, K.; GOLEBIESKI, J. “Water Sensitive City” Within City as A Strategy for Activate Polluted Urban Areas. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, n. 471, 102043, 2019. DOI: 10.1088/1757-899x/471/10/102043

LEE, H.; KIM, H.; KIM, J.; JUN, S. M.; HWANG, S.; SONG, J. H.; KANG, M. S. Analysis of the effects of low impact development practices on hydrological components using HSPF. **Journal of Hydro-Environment Research**, n. 46, p. 72-85, 2023. DOI: 10.1016/j.jher.2023.01.001

LIMA, M. C. A.; JESUS, S. D.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, S. R. Analysis of disordered occupation in upper Macaíba in Jaboatão dos Guararapes/PE. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, e28101724352, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i17.24352

LOPES, W. G. R.; LIMA JÚNIOR, J. M.; MATOS, K. C. Impactos do crescimento de áreas impermeáveis e o uso de medidas alternativas para a drenagem urbana. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e213997102, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7102

- MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 147-165, 2014. DOI: 10.1590/S1678-86212014000400011
- MENDES, A. T.; IOPP, P. L. Simulação de implantação de um reservatório de detenção em uma rotatória em Palmas-TO, Brasil. **Technology Science**, v. 1, n. 1, p. 07-16, 2019. DOI: 10.6008/CBPC2674-6425.2019.001.0002
- MENGUE, V.; GUERRA, R.; MONTEIRO, D.; MORAES, M.; VOGT, H. Análise da expansão urbana em áreas suscetíveis à inundação utilizando o modelo HAND: o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, v. 12, n. 2, p. 231-253, 2017. DOI: 10.17127/got/2017.12.010
- NAVES, F. E.; ALMEIDA, R. T. S. Índice Topográfico de Umidade como método para identificação de pontos de alagamento em áreas urbanas. **Sociedade e Território**, v. 33, n. 1, p. 209-227, 2021. DOI: 10.21680/2177-8396.2021v33n1ID22836
- NEVES, L. V.; BESER DE DEUS, L. A.; OSCAR JÚNIOR, A. C. S.; FERNANDES, M. C. Mudanças de Uso e Cobertura da Terra e Áreas Suscetíveis à Inundação – Estudo de Caso do Município de Duque de Caxias/RJ. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 37, p. 30-43, 2019. DOI: 10.11606/rdg.v37i0.149051
- NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, n. 19, p. 1-39, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16163
- NUNES, D. M.; SILVA, L. P.; FONSECA, P. L. Avaliação do papel dos telhados verdes no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental e no controle de enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. **Labor e Engenho**, v. 11, n. 3, p. 374-393, 2017. DOI: 10.20396/labore.v11i3.8648820
- OLIVEIRA, E.; SANTOS, C.; GEREMIAS, M.; SAMPAIO, S. A urbanização enquanto uma estrutura produtora de (des) igualdades socioespaciais e consciência crítica. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 13, n. 1, p. 116-127, 2019. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rga/article/view/5573>
- PENNA, L.; RIBEIRO, F.; ROCHA, C.; FILHO, A. A utilização de reservatórios no amortecimento de vazões de cheia: apresentação e discussão de casos do sudeste brasileiro. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, v. 16, n. esp., p. 275-295, 2019. DOI: 10.17127/got/2019.16.012
- PEREIRA, A.; FERREIRA, R. Educação ambiental e a importância da utilização dos resíduos urbanos no município de Jaboatão dos Guararapes/PE. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 66-80, 2013. DOI: 10.22292/mas.v4i2.187
- PESSOA NETO, A. G.; SILVA, S. R.; BARBOSA, I. M. B. R. Mapeamento das áreas suscetíveis às inundações e aos alagamentos no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. **Boletim de Geografia**, n. 40, p. 277-296, e63948, 2022. DOI: 10.4025/bolgeogr.v40.a2022.e63948
- PORTELA, B. M.; ALVES, G. B.; SILVA, S. R.; LAFAYETTE, K. P. V. Análise da vulnerabilidade à inundação na Bacia Hidrográfica do rio Sirinhaém, utilizando o Método de Análise Hierárquica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 3, p. 1247-1262, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.3.p1247-1262
- RIBEIRO, F.; LIMA, F. Explorando métricas urbanas: desenvolvimento de uma ferramenta algorítmico-paramétrica para suporte em drenagem urbana. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, v. 18, n. 2, p. 126-152, 2019. DOI: 10.17127/got/2019.18.006
- ROCHA, L. L. L.; RIBEIRO, R. J. C. Reservatórios de detenção e infiltração de águas pluviais: uma análise sob a ótica urbana.: Estudo de caso da cidade de Natal/RN. **Paranoá**, n. 22, p. 16-31, 2018. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.02
- RODRIGUES, G. C.; SANTINI JUNIOR, M. A. Avaliação do emprego de técnicas compensatórias na sub-bacia urbana Ribeirão do Santa Rita do município de Fernandópolis, São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 231-237, 2021. DOI: 10.1590/s1413-415220180251
- RODRIGUES, M.; ANTUNES, C. Best Management Practices for the Transition to a Water-Sensitive City in the

South of Portugal. **Sustainability**, v. 13, n. 5, 2983, 2021. DOI: 10.3390/su13052983

SANTANA, L. S. G.; VILA VERDE, M. R.; REIS, R. B. Saneamento e degradação ambiental: uma análise do subúrbio ferroviário de Salvador (BA). **Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 6, n. 1, 8135, 2020. DOI: 10.18224/baru.v6i1.8135

SEINFRA - Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco – PERH/PE**. 2022. Disponível em: <<https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas>>. Acesso em: 21 de jul. de 2023.

SILVA, P. V. S. R.; ANDRADE, P. R. G. S.; SILVA, R. S. R.; BASTOS, L. P. Estimativa do volume de microrreservatórios de retenção para amenização dos alagamentos no Município de Santo Estevão – BA. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 6, p. 19139-19150, 2023. DOI: 10.34117/bjdv9n6-029

SILVA, S. R.; SILVA JUNIOR, M. A. B.; OLIVEIRA, R. L. M. Modelagem computacional de reservatório de retenção sob logradouro: uma alternativa para controle de alagamentos em área densamente urbanizada do Recife/PE. **Revista Dae**, v. 68, n. 226, p. 196-212, 2020. DOI: 10.36659/dae.2020.075

SOUSA, M. C. B.; PEDROSA, R. A.; IWATA, B. F.; CHAVES, S. V. V. Uso de telhados verdes para controle de águas pluviais urbanas em Teresina – Piauí. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 38, n. 2, p. 148-163, 2021. DOI: 10.51359/2238-6211.2021.246116

TESTON, A. **Impacto do aproveitamento de água da chuva na drenagem: Estudo de caso de um condomínio horizontal em Curitiba/PR**. 2015. 141 p. Dissertação (Mestrado) - Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

TSUJI, T. M.; CARRARA DE FREITAS, T. F.; ROCHA PEREIRA, A.; UDA, P. K.; RODRIGUES FINOTTI, A. Panorama dos instrumentos de planejamento e gestão da drenagem urbana no Brasil. **Paranoá**, n. 34, p. 1-23, 2023. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.14

VILAÇA, I. L. V. V.; COSTA, F. R. Caracterização das áreas de alagamentos na cidade de Pau dos Ferros – RN. **Sociedade e Território**, v. 34, n. 2, p. 83-101, 2022. DOI: 10.21680/2177-8396.2022v34n2ID27314

YANG, W.; ZHANG, J.; KREBS, P. Low impact development practices mitigate urban flooding and non-point pollution under climate change. **Journal of Cleaner Production**, n. 347, 131320, 2022. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.131320

ZANANDREA, F.; SILVEIRA, A. L. L. Uso de técnicas de low impact development no controle de impactos hidrológicos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 1195-1208, 2019. DOI: 10.1590/s1413-41522019188729

ZHOU, Y.; SHE, D.; WANG, Y.; XIA, J.; ZHANG, Y. Evaluating the Impact of Low Impact Development Practices on the Urban Flooding over a Humid Region of China. **Jawra Journal of the American Water Resources Association**, v. 58, n. 6, p. 1264-1278, 2022. DOI: 10.1111/1752-1688.13032