ISSN: 1519-7816
https://periodicos.ufcat.edu.br/espaco

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES NA CIDADE DE RECIFE (PE) - BRASIL

Lucas Domingos De Barros Lima[1]

Carlos Eduardo Menezes Da Silva[2]

Caio Maurício Eurico De Oliveira[3]

Jocimar Coutinho Rodrigues Junior[4]

Devson Paulo Palma Gomes[5]

LIMA, Lucas Domingos de Barros; SILVA, Carlos Eduardo Menezes da; OLIVEIRA , Caio Maurício Eurico de; JUNIOR, Jocimar Coutinho Rodrigues; GOMES, Devson Paulo Palma. Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações na cidade do Recife-PE/Brasil. **Espaço em Revista**, Catalão, v. 27, n. 1, p. 21–44, 2025. DOI: https://doi.org/10.70261/er.v27i1.74841 Disponível em: https://periodicos.ufcat.edu.br/index.php/espaco/article/view/74841

Esta obra está licenciada com uma Licença CC BY 4.0 . Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Recebido: 24/10/2024 | **Aceito:** 23/12/2024 | **Publicado:** 08/07/2025

Resumo

As transformações no uso e ocupação do solo, impulsionadas pela urbanização desordenada e pelas mudanças climáticas, intensificaram os episódios de inundação. Recife, capital de Pernambuco, enfrentou diversos eventos severos de alagamentos, como os ocorridos em 1966, em 1975 e, em 2022, em que precipitações intensas resultaram em mais de 130 mortes de pessoas na região Metropolitana de Recife. Neste contexto, este estudo visa analisar o município do Recife e mapear áreas suscetíveis a inundações, utilizando o Processo Analítico Hierárquico (AHP), em conjunto com o *Software* QGIS. Para isso foram modeladas cinco classes de suscetibilidade, considerando fatores como pluviometria, declividade, uso e ocupação do solo, hipsometria e pedologia. Os dados das referidas classes foram extraídos de plataformas oficiais do Governo do Estado de Pernambuco e Governo Federal. Os resultados indicaram forte correlação entre áreas de alta suscetibilidade e regiões urbanas de baixa declividade, evidenciando a necessidade de planejamento urbano estratégico e intervenções em áreas planas para mitigar desastres frente ao aumento da frequência e intensidade de eventos extremos.

[1] Tecnólogo em Gestão Ambiental - do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - Campus Recife. Recife, PE, Brasil. e-mail: ldbl@discente.ifpe.edu.br

[2] Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - Campus Recife. Recife, PE, Brasil. e-mail: carlosmenezes@recife.ifpe.edu.br

[3] Licenciado em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, Brasil. e-mail: caiomauricio64@gmail.com

[4] Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, Brasil. e-mail: jocimar_junior@hotmail.com

[5] Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - Campus Recife. Recife, PE, Brasil. e-mail: devsonpalma@recife.ifpe.edu.br

Palavras-chave: Processo analítico hierárquico. Desastres hidrológicos. Sistema de Informação Geográfica. Recife (PE).

MAPPING AREAS SUSCEPTIBLE TO FLOODING IN THE CITY OF RECIFE (PE) - BRAZIL

Abstract

Transformations in land use and occupation, driven by disorderly urbanization and climate change, have intensified flooding episodes. Recife, the capital of Pernambuco, has faced several severe flooding events, such as those in 1966, 1975 and 2022, in which intense rainfall resulted in more than 130 deaths in the Recife Metropolitan Region. In this context, this study aims to analyze the municipality of Recife and map areas susceptible to flooding, using the Analytical Hierarchy Process (AHP) in conjunction with QGIS software. To this end, five susceptibility classes were modeled, considering factors such as rainfall, slope, land use and occupation, hypsometry and pedology. The data for these classes was taken from official platforms of the Pernambuco State Government and the Federal Government. The results indicated a strong correlation between areas of high susceptibility and urban regions with low slopes, highlighting the need for strategic urban planning and interventions in flat areas to mitigate disasters in the face of the increased frequency and intensity of extreme events.

Keywords: Analytic hierarchy process. Hydrological disasters. Geographic information system. Recife (PE).

Introdução

O aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), intensificado pelas atividades antrópicas, vêm elevando a temperatura global e ocasionando mudanças climáticas em todo o Mundo. Segundo o 6º Relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change)* é previsto um aumento de 1,5 a 4°C na temperatura média do planeta Terra até o final do século XXI (IPCC, 2022).

A temperatura média da superfície global entre 2011 e 2020 foi 1,09°C [0,95 a 1,20°C] superior à registrada no período de 1850 a 1900, com um aumento mais acentuado sobre os continentes (1,59°C [1,34 a 1,83°C]) do que sobre os oceanos (0,88°C [0,68 a 1,01°C]). Além disso, a temperatura da superfície global nas duas primeiras décadas do século XXI (2001-2020) foi 0,99°C [0,84 a 1,10°C] superior à média do período de referência (1850-1900). Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), esse aquecimento ocorreu de maneira mais acelerada desde 1970 do que em qualquer outro intervalo de 50 anos nos últimos dois milênios. Como consequência, têm sido observadas mudanças generalizadas e rápidas na atmosfera, nos oceanos, na criosfera e na biosfera, resultando em impactos adversos de grande magnitude, incluindo perdas e danos à natureza e às populações humanas (Buchir, 2013). Vale destacar que comunidades vulneráveis, historicamente

responsáveis por uma parcela mínima das emissões de gases de efeito estufa, são desproporcionalmente afetadas pelos impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2022).

Nesse contexto, o aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos tem sido associado à intensificação de desastres hidrológicos, como alterações no regime de chuvas e episódios de inundações severas. A ocupação desordenada do solo urbano e a insuficiência dos sistemas de drenagem agravam os impactos desses eventos, levando a destruição significativa em comunidades localizadas em áreas de risco (Santos et al., 2019). Um exemplo emblemático ocorreu em maio de 2022, quando precipitações extremas atingiram o estado de Pernambuco, resultando em uma catástrofe na Região Metropolitana do Recife, com deslizamentos de barreiras, inundações e alagamentos, causando mais de 100 mortes (Anjos, 2024).

As inundações, conforme definido por Tucci (2003), ocorrem quando rios, riachos e galerias pluviais transbordam devido à insuficiência da capacidade de escoamento desses sistemas, invadindo áreas ocupadas pela população e gerando prejuízos sociais, materiais e ambientais. Já os alagamentos resultam do acúmulo de água em superfícies impermeabilizadas, causado por chuvas intensas que excedem a capacidade de drenagem da infraestrutura pluvial, tornando o escoamento ineficaz (Pessoa Neto, 2022).

Diante desse cenário, as geotecnologias, especialmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), representam uma ferramenta fundamental para o planejamento territorial e a gestão de riscos ambientais. Essas tecnologias permitem a análise espacial de áreas vulneráveis, fornecendo subsídios essenciais para a formulação de políticas públicas e para a tomada de decisões estratégicas voltadas à mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas (Neves et al., 2019).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo mapear e analisar as áreas vulneráveis a inundações no município de Recife (PE), a partir da utilização de programa de *Software* livre com código-fonte aberto (Qgis) e da aplicação do Método de Análise Hierárquica (AHP). Dessa forma, propõe-se fornecer subsídios que possam auxiliar nas discussões sobre a temática quanto aos desastres ambientais decorrentes das precipitações, bem como na elaboração de políticas públicas.

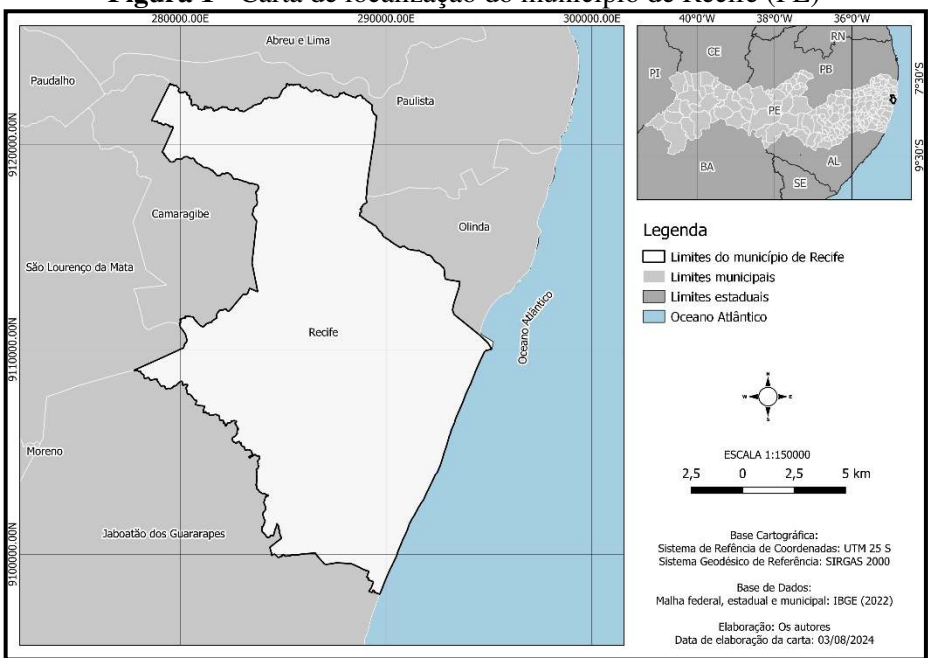
Material e métodos

Para a realização da pesquisa, foram executados procedimentos descritos a seguir, englobando a caracterização da área de estudo, aquisição de dados e aplicação do Método de Análise Hierárquica (AHP). Dessa forma, foi possível elaborar o mapa de vulnerabilidade aos alagamentos na área de estudo, servindo como um instrumento essencial para a compreensão da suscetibilidade da região a eventos hidrológicos.

Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo consiste no município de Recife, no Estado de Pernambuco (Figura 1), localizado nas coordenadas geográficas cotadas de latitude 8º04'03'' Sul e longitude 34º55'00'' Oeste de GRt, a uma altitude média de 4 metros em relação ao nível do mar. O Município possui área territorial de 217,01 Km², com uma população humana de 1.488.920 habitantes (IBGE, 2022).

Figura 1 - Carta de localização do município de Recife (PE)



Fonte: Sistema Geodésico de Referência SIRGAS (IBGE, 2022). **Org**.: Os autores (2024).

Dados de entrada da Pesquisa

Os dados espaciais dos fatores condicionantes foram adquiridos de base de dados abertas disponibilizados por sites oficiais, através de suas respectivas plataformas online, os parâmetros e as fontes dos dados utilizados estão listados no Quadro 1.

Quadro 1 - Fontes de obtenção dos dados espaciais

Fator condicionante	Fonte dos Dados
Declividade	PE3D
Hipsometria	PE3D
Pedologia	IBGE
Pluviometria	APAC
Uso e ocupação do solo	MapBiomas

Org.: Os Autores (2024).

O Modelo Digital de Elevação (MDE), adquirido pelo Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) foi de suma importância para a análise do terreno, cuja resolução espacial e radiométrica podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Resolução espacial e radiométrica do MDE de Pernambuco - 2013

PRODUTO	ESCALA 1:1000	
	RESOLUÇÃO ESPACIAL	RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA
MDE RASTER	50 cm	32 Bits

Fonte: PE3D (2013).

Com os dados altimétricos do MDE foi possível extrair informações para a criação da Carta de Hipsometria. Deste modo, a partir da extração da declividade, elaborou-se o Mapa de Classes de Declividade seguindo orientações de Giboshi (1999) e Ramalho-Filho e Beek (1995), que podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação da declividade.

Classes (%)	Tipo de Declividade
0 a 3	Plano
3 a 8	Suave
8 a 13	Moderadamente ondulado
13 a 20	Ondulado
20 a 45	Forte Ondulado
> 45	Montanhoso e escarpado

Fonte: Adaptações de Giboshi (1999); Ramalho-Filho; Beek (1995).

Os dados de Pedologia foram obtidos junto ao IBGE (2022) em formato *Shapefile*, com as classes e cores classificadas de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018). Com os dados pedológicos realizou-se a classificação dos Grupos Hidrológicos do Solo (GHS), com base na metodologia de Sartori *et al*. (2005) (Quadro 3) para o município de Recife, como mostra o Quadro 4.

Quadro 3 - Sistema de Classificação de solos segundo EMBRAPA (2018)

Grupo Hidrológico	Características	Solos
A	Compreende os solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme quando completamente molhados, consistindo principalmente de areias ou cascalhos, ambos profundos e excessivamente drenados. Taxa mínima de infiltração: > 7,62 mm/h.	Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho Amarelo, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.
B	Compreende os solos contendo moderada taxa de infiltração quando completamente molhados, consistindo principalmente de solos moderadamente profundos a profundos, moderadamente a bem drenados, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa. Taxa mínima de infiltração: 3,81-7,62 mm/h	Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho Amarelo, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; Latossolo Bruno; Nitosssolo Vermelho; Neossolo Quartzarênico; Argissolo Vermelho ou Vermelho Amarelo de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
C	Compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, principalmente com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração. Taxa mínima de infiltração: 1,27-3,81 mm/h	Argissolo pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; Cambissolo de textura média e Cambissolo Háplico ou Húmico, mas com características físicas semelhantes aos Latossolos (Latossólico); Espodossolo Ferrocárbico; Neossolo Flúvico.
D	Compreende os solos que possuem alto potencial de escoamento, tendo uma taxa de infiltração muito baixa quando completamente molhados, principalmente solos argilosos com alto potencial de expansão. Pertencem a este grupo, solos com grande permanência de lençol freático elevado, solos com argila dura ou camadas de argila próxima da superfície e solos expansivos agindo como materiais impermeabilizantes próximos da superfície. Taxa mínima de infiltração: < 1,27 mm/h.	Neossolo Litólico; Organossolo; Gleissolo; Chernossolo; Planossolo; Vertissolo; Alissolo; Luvissolo; Plintossolo; Solos de Mangue; Afloramentos de Rocha; Demais Cambissolos que não se enquadram no Grupo C; Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

Fonte: Sartori *et al*. (2005) e EMBRAPA (2018).

Quadro 4 - Classificação dos Grupos Hidrológicos do solo (GHS), Recife (PE)

Tipo de Solo	GHS
Latossolo Amarelo Distrocoeso	A
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	C
Gleissolo Tiomórfico Órtico	D

Fonte: Sartori et al (2005).

As informações a respeito das precipitações pluviométricas foram adquiridas através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), em série histórica de dados mensais de 30 anos, no período de junho de 1994 a junho de 2024, em quatro Estações Pluviométricas dispostas pelo território do município de Recife, escolhidas pela maior consistência nos dados para a janela de dados considerada, cuja localização pode ser observada no Quadro 5.

Quadro 5 - Coordenadas das Estações Pluviométricas na cidade de Recife (PE)

Posto	Latitude	Longitude
Recife (Alto da Brasileira)	-8,001	-34,935
Recife (Lamepe/Itep)	-8,057	-34,952
Recife (Varzea)	-8,050	-34,917
Recife (Santo Amaro)	-8,050	-34,917

Fonte: APAC (2024). **Org**.: Os Autores (2024).

A interpolação dos dados de pluviometria foi feita com o auxílio da Ferramenta do QGIS 3.28.11, interpolação IDW, método de interpolação ponderação pelo inverso da distância, ou *The Inverse Distance Weighted* (IDW). No método de Interpolação IDW pontos amostrais são ponderados durante a interpolação para que a influência de um ponto em relação a outro que caia com a distância do ponto desconhecido criado, ou seja, atribui maior semelhança às feições que estão mais próximas umas das outras, do que as que estão mais distantes.

Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos através da plataforma do *Google Earth Engine*, por meio do Projeto de Mapeamento Anual do uso e cobertura da terra do Brasil do MapBiomas (MapBiomas, 2021). O arquivo foi adquirido da Coleção 8, que compreende dados da janela temporal que vai de 1985 até 2022, no formato *Tif* e com resolução espacial de 30 metros.

Método de Análise Hierárquica - AHP

O Método de Análise Hierárquica (AHP – *Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido pelo matemático Thomas L. Saaty na Wharton School of Business, da Universidade da Pensilvânia (EUA), como uma ferramenta para apoiar a tomada de decisão em cenários complexos que envolvem múltiplos critérios. Embora tenha sido amplamente difundido a partir da década de 1980, sua formulação foi descrita inicialmente no livro *The Analytic Hierarchy Process* (Saaty, 1980). Posteriormente, em 1987, o método foi aprimorado e consolidado como uma abordagem sistemática para a hierarquização e priorização de alternativas, sendo amplamente aplicado em diversas áreas do conhecimento, como gestão ambiental, planejamento urbano, engenharia e ciências sociais (Saaty, 1987). Assim, sua principal contribuição reside na capacidade de estruturar problemas decisórios de forma clara e objetiva, permitindo a atribuição de pesos relativos a diferentes fatores com base em comparações paritárias e na avaliação subjetiva de especialistas.

Para Saaty (1991), o tomador de decisão, quer esteja motivado pela necessidade de prever ou controlar, geralmente enfrenta um complexo sistema de componentes correlacionados, como recursos, resultados ou objetivos desejados, pessoas ou grupos de pessoas, entre outros aspectos; ele está interessado na análise desse sistema. Presumivelmente, quanto melhor ele entender essa complexidade, melhor será sua previsão de decisão.

Métodos de decisão multicritério, como o AHP, foram desenvolvidos para ajudar na tomada de decisão a partir de uma série de fatores, sejam quantitativos ou qualitativos. O fundamento do AHP consiste na decomposição e síntese das relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho (Saaty, 1991). De maneira geral, AHP é a teoria e a metodologia para medição relativa. Na medição relativa, não se está interessado na exata medição de algumas quantidades, mas sim nas proporções entre elas. A ideia central é a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares. Segundo Vieira (2006), o método está construído sobre três princípios, e conforme Escala de julgamentos disposta no Quadro 6:

> **a.** Construção de hierarquias: um problema complexo geralmente requer a estruturação dos critérios em uma hierarquia, por ser um procedimento natural do raciocínio humano. O método AHP permite a estruturação dos critérios, sendo a estruturação em árvore a mais utilizada, na qual o critério de mais alto nível é decomposto a níveis mais detalhados.
>
> **b.** Definição de prioridades: tais prioridades são definidas a partir de comparações par a par dos elementos, à luz de determinado critério.

c. Consistência lógica: o método permite, por meio da proposição de índices, avaliar a consistência da definição de prioridades, ou seja, é capaz de verificar a consistência dos julgamentos.

Quadro 6 - Escala de julgamento de importância do Método de Análise Hierárquica - AHP

Valor da Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância.	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de um critério sobre o outro.	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro.
5	Importância grande ou essencial.	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro.
7	Importância muito grande ou demonstrada.	Um critério é muito fortemente favorecido em relação ao outro; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta.	A evidência favorece um critério em relação ao outro com o mais alto grau de certeza.
Inversos dos valores anteriores	Se o critério i recebe um determinado valor quando comparado com o critério j, então j tem o valor inverso quando comparado com i.	Uma designação razoável.
Números racionais	Razões resultantes da escala.	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz.

Fonte: Adaptado de Saaty (1991). **Org**.: Os Autores (2024).

Nesta pesquisa, os fatores condicionantes considerados na análise da suscetibilidade a inundações foram: Pluviometria, Declividade, Hipsometria, Grupos Hidrológicos do Solo, Uso e Ocupação do Solo. Para a avaliação desses fatores, foi elaborada uma Matriz de Julgamento (Figura 2), na qual os critérios foram comparados entre si por meio do Método de Análise Hierárquica (AHP). Com base nessa relação comparativa, foram atribuídos pesos relativos a cada fator, permitindo a definição da influência de cada variável no grau de suscetibilidade da área de estudo a eventos de inundação (Rezende, 2017).

Figura 2 - Exemplo de uma Matriz de Julgamento

Matriz A

Iluminação	*A*	*B*	*C*	*D*
A	1	5	6	7
B	1/5	1	4	6
C	1/6	1/4	1	4
D	1/7	1/6	1/4	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1991). **Org**.: Os Autores (2024).

As posições da diagonal serão sempre 1, afinal um elemento é igualmente importante a ele mesmo. Para preencher os outros elementos da Matriz fora da diagonal, fazem-se os julgamentos e determina-se a intensidade de importância de acordo com a Tabela 1, que apresenta a escala de comparações empregadas no Método. Para as comparações inversas, isto é, na parte inferior esquerda da Matriz, colocam-se os valores recíprocos dos da parte superior direita dela. Matrizes auxiliares foram criadas (A'', A/A'', A''/A'') para encontrar o autovalor máximo o índice de consistência (*IC*) e a razão de consistência (*RC*), tal processo representado pelas fórmulas 1, 2 e 3 respectivamente.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} 1 \frac{[Aw]i}{w_i} \quad = \lambda_{max} = média\ do\ vetor\ \frac{Aw}{w} \qquad (1)$$

Onde: λ_{max}: Autovalor máximo da Matriz; A_w: Produto resultante da multiplicação da Matriz de comparação; w: Coeficiente de ponderação (pesos); n: Número de variáveis.

O *Autovetor* dá a ordem de prioridade, e o *Autovalor* é a medida de consistência do julgamento. O método da análise hierárquica busca o autovalor máximo, que pode ser calculado pela multiplicação da Matriz de Julgamentos A pelo vetor coluna de prioridades computado *w*, seguido da divisão desse novo vetor encontrado, pelo primeiro vetor *w*, chegando-se ao valor do referido autovalor máximo.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \qquad (2)$$

Onde: IC : Índice de consistência; λ_{max} : Autovalor máximo da Matriz; n : Número de variáveis.

$$RC = \frac{IC}{Índice\ Randômico\ (IR)\ para\ n} \qquad (3)$$

Onde: RC: Razão de consistência; IC: Índice de consistência; IR: Índice randômico.

Os valores do *IR* se encontram no Quadro 7, e são referentes ao número de critérios empregados no estudo, sendo neste caso, 5 critérios, e *IR* no valor de 1,12.

Quadro 7 - Índice Randômico Médio do Método de Análise Hierárquica - AHP

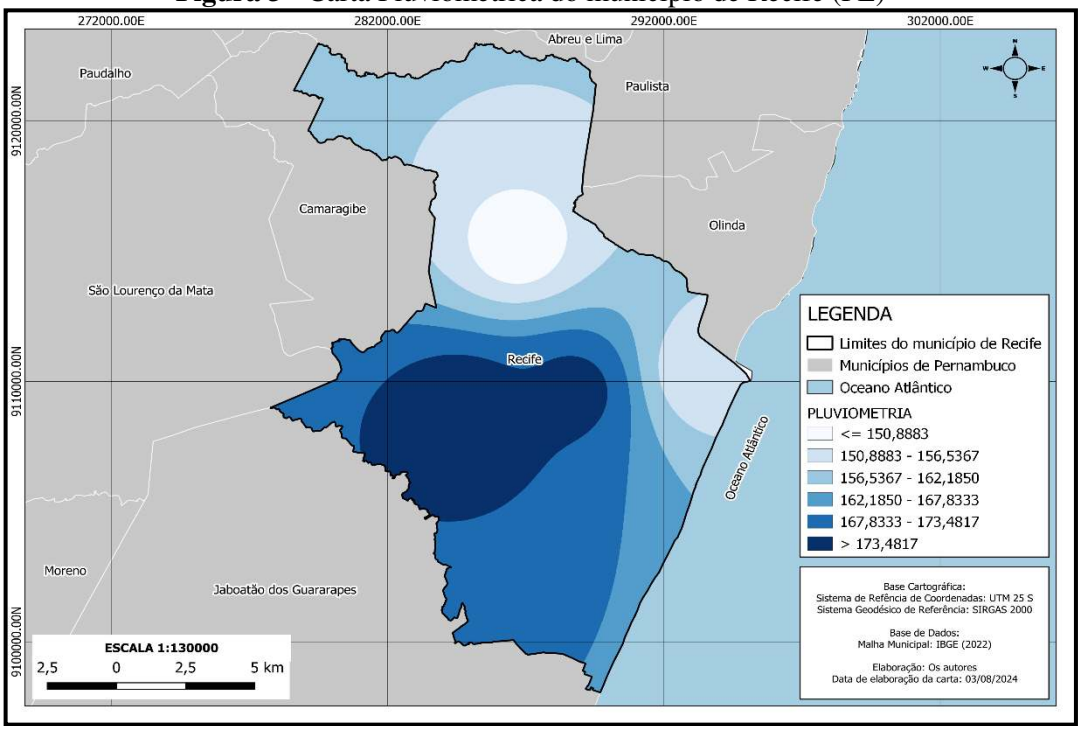
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1991).

Resultados e discussão

Através do ambiente SIG, por meio da utilização do *Software* QGIS 3.28.11, foi possível confeccionar os Mapas dos fatores condicionantes. A Figura 3 mostra a distribuição das chuvas ao longo do território do Município, foram criadas 6 classes, detalhadas pela Tabela 3, a análise da precipitação que compreende o período junho de 1994 a junho de 2024 demostrou uma maior incidência de chuvas na parte sudoeste do território Recifense.

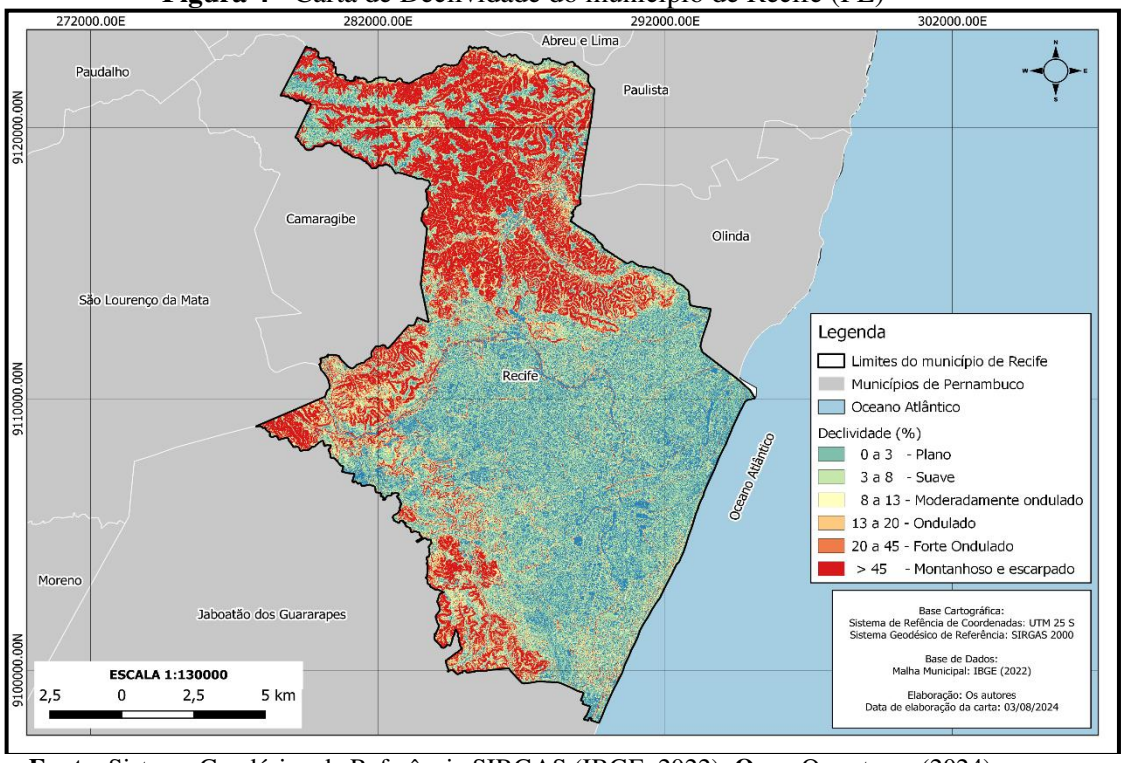
Figura 3 - Carta Pluviométrica do município de Recife (PE)



Fonte: Sistema Geodésico de Referência SIRGAS (IBGE, 2022). **Org**.: Os autores (2024).

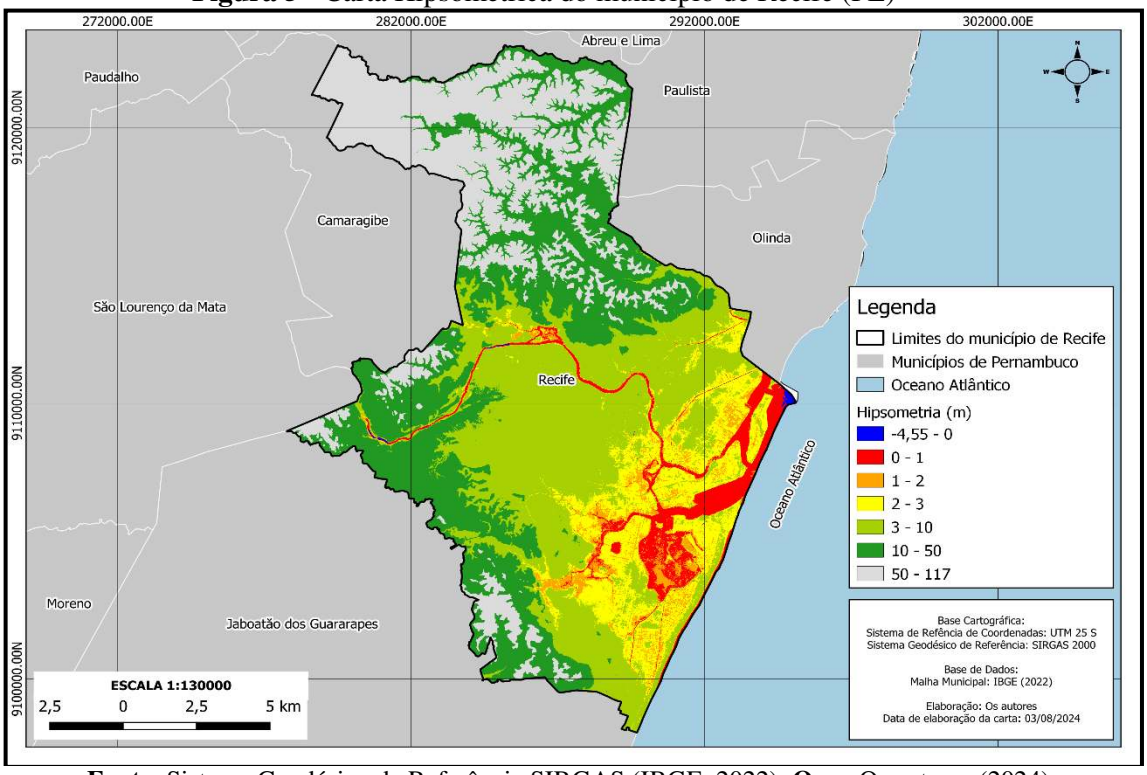
A Declividade (Figura 4) foi dividida em 6 Classes, conforme a Classificação da sugerida nos trabalhos de Giboshi (1999) e Ramalho-Filho e Beek (1995). O Mapa de hipsométria (Figura 5), foi classificado em 7 cotas hipsométricas. O Mapa de solos, foi utilizada para classificar os Grupos Hidrológicos do Solo – GHS (Figura 6), sendo importante na identificação da cobertura pedológica presente na região do município de Recife. Ressalta-se que construção do Mapa de GHS foi efetuada a partir do Mapa dos Tipos de Solo (EMBRAPA, 2018), onde a partir dele, os solos foram classificados em 4 Grupos, A, B, C e D, representado por classes.

Figura 4 - Carta de Declividade do município de Recife (PE)



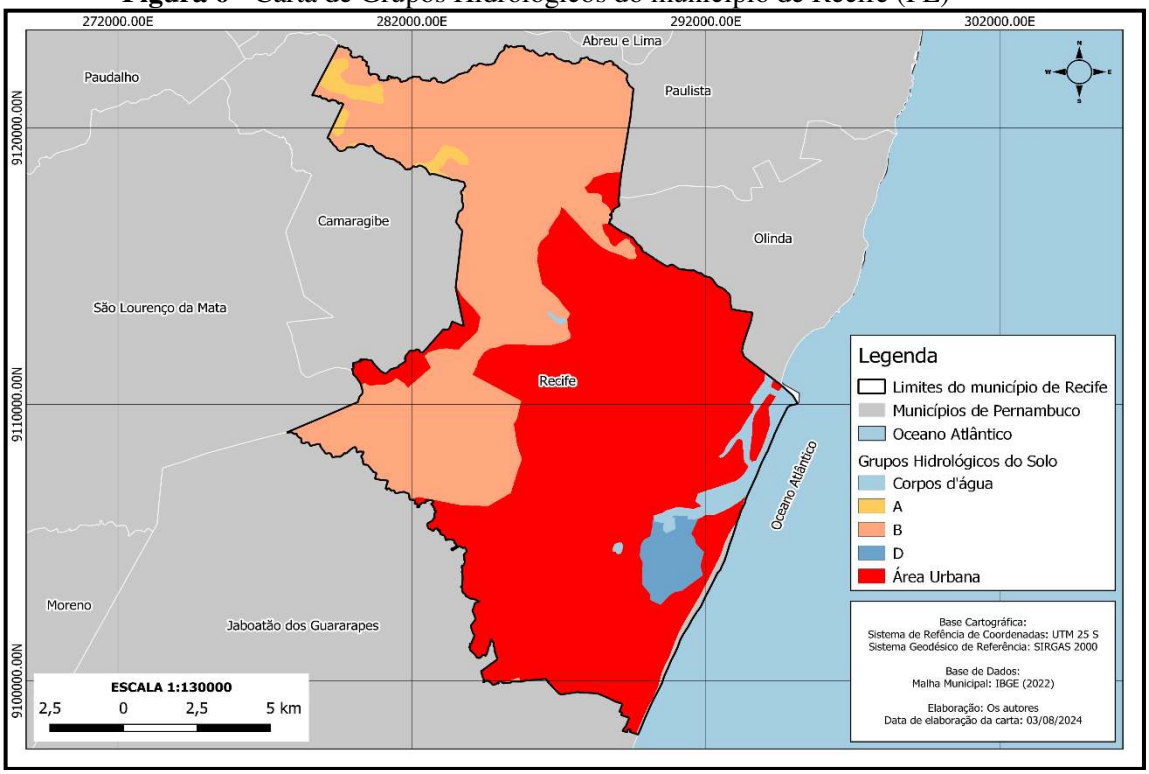
Fonte: Sistema Geodésico de Referência SIRGAS (IBGE, 2022). **Org**.: Os autores (2024).

Figura 5 - Carta Hipsométrica do município de Recife (PE)



Fonte: Sistema Geodésico de Referência SIRGAS (IBGE, 2022). **Org**.: Os autores (2024).

Figura 6 - Carta de Grupos Hidrológicos do município de Recife (PE)



Fonte: Sistema Geodésico de Referência SIRGAS (IBGE, 2022). **Org**.: Os autores (2024).

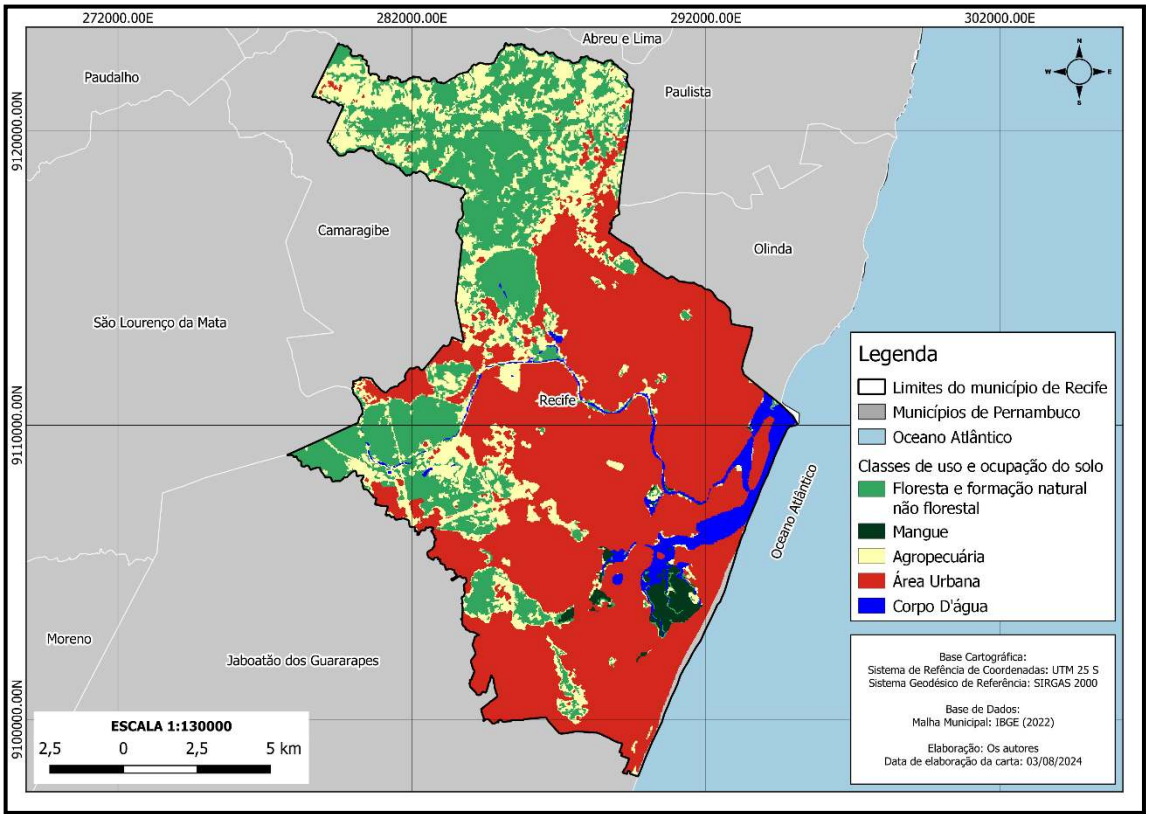
As precipitações pluviométricas médias anuais de Recife variam de 1.600 mm a 2.000 mm, com os maiores índices pluviométricos observados entre abril e julho, em função das frentes frias e da Zona de Convergência Intertropical. Essa concentração sazonal das chuvas contribui para a formação de eventos de inundação, especialmente nas áreas urbanizadas, onde a infraestrutura de drenagem é insuficiente para lidar com volumes tão elevados de água em curtos períodos. A intensidade das precipitações, somada à impermeabilização do solo, intensifica o escoamento superficial, criando cenários propensos a alagamentos em diversas regiões da Cidade.

A declividade e a hipsometria do terreno em Recife é um fator determinante para a ocorrência de inundações. A maior parte da Cidade se localiza em uma Planície Costeira de baixa inclinação, o que favorece a retenção de água durante as chuvas intensas. As áreas mais planas, principalmente na região central e nas zonas baixas da Cidade, são as mais propensas a acumular grandes volumes de água em períodos chuvosos. Contudo, nas regiões periféricas, como no norte e oeste do Município, a declividade é mais acentuada, com terrenos ondulados que favorecem o escoamento superficial. Essa variação no relevo contribui para a formação de bacias de captação natural, mas também intensifica o transporte rápido de águas pluviais para

as áreas planas, exacerbando os impactos socioambientais das enchentes nas áreas urbanas de menor declive.

O Mapa de Uso e Ocupação do Solo foi separado em 5 Classes de Uso, representado na Figura 7. Deste modo, a distribuição espacial das Classes de Uso e Ocupação do Solo no Município de Recife, destaca-se cinco categorias principais: Floresta e formação natural não florestal, representada pela cor verde; Mangue, representada pela cor azul escuro; Agropecuária, representada pela cor verde claro; Área urbana, representada pela cor vermelho; e Corpos d'água, representada pela cor azul.

Figura 7 - Carta de Uso e Ocupação do Solo no município de Recife (PE)



Fonte: Sistema Geodésico de Referência SIRGAS (IBGE, 2022). **Org**.: Os autores (2024).

Assim, ocorre uma clara predominância de áreas urbanas (em vermelho) concentradas no centro e na porção leste do Município, coincidindo com as regiões mais densamente povoadas e desenvolvidas. Essa ocupação intensa reflete o processo de urbanização que caracterizou o crescimento de Recife nas últimas décadas, resultando em uma transformação significativa da paisagem natural. A alta concentração de construções, associada à impermeabilização do solo, tem amplificado a ocorrência de enchentes e outros desastres

hidrológicos, exacerbando a vulnerabilidade dessas áreas às mudanças climáticas e aos eventos extremos de precipitação.

As áreas de Floresta e formação natural não florestal (em verde) estão majoritariamente localizadas no noroeste do Município, uma região menos urbanizada que ainda preserva sua vegetação original. Essa zona desempenha um papel crucial na regulação ambiental, contribuindo para a infiltração da água e a redução do escoamento superficial, atuando como um fator mitigador dos riscos de inundação. No entanto, observa-se que essas áreas estão cada vez mais fragmentadas, pressionadas pela expansão urbana e pelas atividades da agropecuária.

O Mangue (em azul escuro) é visível ao longo da costa e em áreas adjacentes a corpos d'água, desempenhando um papel essencial no equilíbrio dos Ecossistemas Costeiros. Essas zonas de transição entre a terra e o mar são cruciais para a proteção contra erosão, absorção de inundações e manutenção da biodiversidade. Contudo, o avanço da urbanização nas proximidades tem impactado negativamente esses ambientes sensíveis, comprometendo sua capacidade de prestar serviços ecossistêmicos.

A partir das Cartas de Pluviometria, Declividade, Hipsometria, Grupos Hidrológicos do Solo, e Uso e Ocupação do Solo geradas, realizou-se a “álgebra de mapas”. Salienta-se que todos os dados foram reclassificados com pesos de 1 a 10, sendo 1 o peso dado para a classe que apresenta menos suscetibilidade a inundação, e 10 para a classe que apresenta maior suscetibilidade. Nessa etapa foi utilizada a Ferramenta *r.reclass* (originalmente do SIG *GRASSGIS*, mas que pode ser utilizada nativamente no QGIS) para fazer essa reclassificação. Com isso, os pesos das Classes Pluviométricas (Quadro 8), foram distribuídos com os valores próximos em razão da importância da precipitação e como as classes foram criadas, sendo atribuído o valor máximo 10, à maior Classe de Precipitação 173,48 - 179,13 mm.

Quadro 8 - Pesos atribuídos as Classes de Pluviometria para o município de Recife (PE)

Classes de pluviometria (mm)	Pesos
145,24 - 150,88	5
150,88 - 156,53	6
156,53 - 162,18	7
162,18 - 167,83	8
167,83 - 173,48	9
173,48 - 179,13	10

Org.: Os Autores (2024).

Por conseguinte, o Quadro 9 apresenta os pesos para as Classes de Declividade, que para as áreas com menor declividade, de 0 a 3%, foi dado peso 10, e para as regiões com maior declividade, de 20 a 45% ou superior a 45%, o peso foi 1, pois apresentam menor suscetibilidade a inundação.

Quadro 9 - Pesos atribuídos as Classes de Declividade para o município de Recife (PE)

Classes de Declividade (%)	Pesos
0 a 3	10
3 a 8	5
8 a 13	4
13 a 20	2
20 a 45	1
> 45	1

Org.: Os Autores (2024).

Considerando a área estudada, os terrenos com menor altitude possuem maior suscetibilidade às inundações, pois a água tende a acumular nas planícies, seguindo essa lógica, para as regiões mais baixas foram atribuídos o maior peso, e para as regiões de maior altitude, foi arbitrado os menores pesos, assim como apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 - Pesos atribuídos as Classes de Hipsometria para o município de Recife (PE)

Classes Hipsométricas	Pesos
-4,55 a 0 m	10
0 a 1 m	9
1 a 2 m	8
2 a 3 m	7
3 a 10 m	4
10 a 50 m	1
50 a 100 m	1

Org.: Os Autores (2024).

O Mapa do Grupo Hidrológico de Solo primeiramente foi transformado em formato matricial, e os pesos foram atribuídos de acordo com o potencial de escoamento superficial de cada Grupo (Quadro 11). Assim o Grupo Hidrológico A, que possui maior capacidade de drenagem, foi dado o menor peso 1, e o Grupo D, que possui maior potencial de escoamento superficial, foi atribuído o peso 10.

Quadro 11 - Pesos atribuídos as classes de Grupos Hidrológicos do Solo para o município de Recife (PE)

Classes de Grupo Hidrológico do Solo	Pesos
A	1
B	4
C	7
D	10

Org.: Os Autores (2024).

No Quadro 12, é apresentado os valores dos pesos atribuídos no processo de reclassificação para o Uso e Ocupação do Solo. Após a reclassificação dos dados de entrada, iniciou-se a etapa da análise multicritério com a aplicação do Método AHP. Conforme o Quadro 13, que foi baseada na Matriz de Comparação de Saaty (1991), as variáveis foram comparadas entre si, apontando o quanto os fatores condicionantes da coluna esquerda são mais importantes que os fatores condicionantes da coluna direita, e quando uma variável é comparada com ela mesma, o peso sempre será 1.

Quadro 12 - Pesos da reclassificação do Uso e Ocupação do Solo para o município de Recife (PE)

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Pesos
Corpo D'água	10
Mangue	9
Área Urbana	6
Agropecuária	3
Floresta e formação natural não florestal	1

Org.: Os Autores (2024).

Quadro 13 - Matriz de Julgamento das Variáveis para o município de Recife (PE)

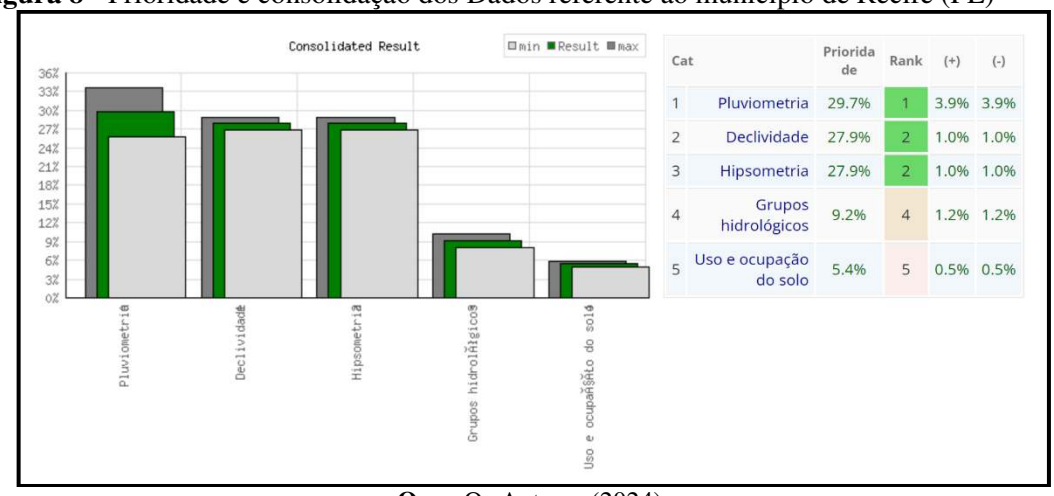
Ordem	Variáveis	Pluviometria	Declividade	Hipsometria	G. Hidro.	Uso do solo
1	Pluviometria	1	1	1	4	5
2	Declividade	1	1	1	3	5
3	Hipsometria	1	1	1	3	5
4	Grupos Hidrológicos	0,25	0,33	0,33	1	2
5	Uso do solo	0,20	0,20	0,20	0,50	1
Soma		3,45	3,53	3,53	11,50	18

Org.: Os Autores (2024).

Os dados foram submetidos a uma calculadora online que realiza operações utilizando o Método AHP para que fosse verificada a margem de erro, e o quanto os dados da Matriz de Julgamento estavam consolidados. Na Figura 8, considerando a cor verde, estão expostos os dados resultantes da Matriz de Comparação, e em escalas de cinza, a margem de erro, como

não houve muita discrepância entre os valores mínimos e máximos, o resultado da matriz de julgamento foi considerado satisfatório.

Figura 8 - Prioridade e consolidação dos Dados referente ao município de Recife (PE)



	Cat	Priorida de	Rank	(+)	(-)
1	Pluviometria	29.7%	1	3.9%	3.9%
2	Declividade	27.9%	2	1.0%	1.0%
3	Hipsometria	27.9%	2	1.0%	1.0%
4	Grupos hidrológicos	9.2%	4	1.2%	1.2%
5	Uso e ocupação do solo	5.4%	5	0.5%	0.5%

Org.: Os Autores (2024).

Para definir os pesos das variáveis, no Quadro 14 foi realizada a divisão de cada fator condicionante pela soma de todos os valores da coluna a que ele pertence. Após isso, se efetuou a média dos valores, onde foram somados todos os resultados da linha e dividido pelo total de variáveis, obtendo assim os Pesos, que foram utilizados para realizar a "Álgebra de mapas".

Quadro 14 - Matriz de Pesos das Classes de Variáveis para o município de Recife (PE)

Ordem	Variável	Pluviometria	Declividade	Hipsometria	Grupos Hidrológicos	Uso do solo	Soma	Média / Pesos
1	Pluviometria	1/3,45 = 0,2898	1/3,53 = 0,2833	1/3,53 = 0,2833	4/11,50 = 0,3478	5/18 = 0,2778	1,4820	0,2964
2	Declividade	1/3,45 = 0,2898	1/3,53 = 0,2833	1/3,53 = 0,2833	3/11,50 = 0,2609	5/18 = 0,2778	1,3951	0,2790
3	Hipsometria	1/3,45 = 0,2898	1/3,53 = 0,2833	1/3,53 = 0,2833	3/11,50 = 0,2609	5/18 = 0,2778	1,3951	0,2790
4	Grupo hidrológico	0,25/3,45= 0,0725	0,33/3,53 = 0,0935	0,33/3,53 = 0,0935	1/11,50 = 0,0870	2/18 = 0,1111	0,4576	0,0915
5	Uso do solo	0,20/3,45= 0,0580	0,20/3,53 = 0,0567	0,20/3,53 = 0,0567	0,50/11,50 = 0,0435	1/18 = 0,0556	0,2138	0,0428

Org.: Os Autores (2024).

Após a obtenção dos pesos para cada fator condicionante, se avaliou a razão de consistência que, segundo Saaty (1987), deve ser igual ou inferior a 10% para uma maior confiabilidade nos resultados. Neste estudo, obteve-se um valor de razão consistência de 4%. Ademais, para a realização da "Álgebra de mapas", através do QGIS 3.28.11, foi utilizado a

Ferramenta *Raster calculator*, para a geração do Mapa de Suscetibilidade à Inundação do município de Recife, para tanto, foi aplicada a equação da Figura 9.

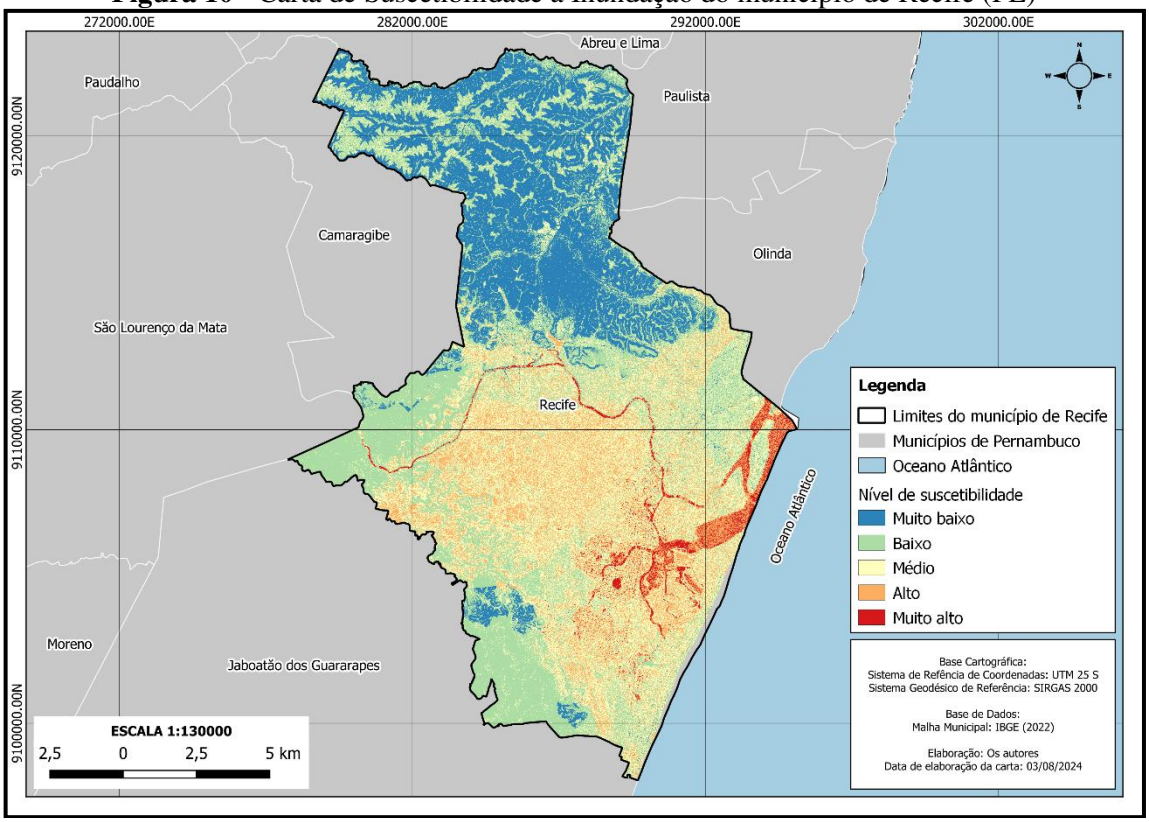
Figura 9 - Fórmula usada na calculadora Raster

```
S = ("PLUVIOMETRIA_RECLASS@1" * 0.2964) +
    ("DECLIVIDADE_RECLASS@1" * 0.2790) +
    ("HIPSOMETRIA_RECLASS@1" * 0.2790) +
    ("GRUPOS_HIDROLOGICOS_RECLASS@1" * 0.0915) +
    ("USO_OCUPACAO_SOLO_RECLAS@1" * 0.0428)
```

Org.: Os Autores (2024).

Dessa forma, foram criadas 5 Classes, diferenciadas pelo nível de suscetibilidade a inundação, são elas: Muito baixa, Baixa, Média, Alta e Muito alta, conforme mostra a Figura 9. O Mapa final de Susceptibilidade a Inundação evidencia uma correlação espacial entre as áreas de maior suscetibilidade (Muito alto e Alto) a inundações (áreas em vermelho na Figura 10) e a distribuição da maior parte da infraestrutura urbana de Recife. Em contrapartida, nas áreas em azul e verde, as áreas de maior altitude em relação ao nível do mar, apresentam os níveis Muito Baixo e Baixo de suscetibilidade.

Figura 10 - Carta de Suscetibilidade a Inundação do município de Recife (PE)



Fonte: Sistema Geodésico de Referência – SIRGAS 2000 (IBGE, 2022). **Org**.: Os Autores (2024).

Assim, observa-se que as regiões de suscetibilidade Muito alta, predominantemente localizadas nas áreas litorâneas e na porção central da Cidade, refletem uma combinação de características físicas e urbanas desfavoráveis. Tais áreas, fortemente urbanizadas, apresentam relevo plano e com baixa permeabilidade dos solos, características que exacerbam o risco de inundações devido à incapacidade de drenagem adequada das águas pluviais. O mapeamento ressalta, sobretudo, a vulnerabilidade das infraestruturas urbanas situadas nas proximidades do Oceano Atlântico, onde a densidade populacional humana e a modificação da paisagem natural por ações antrópicas agravam os impactos socioambientais dos eventos hidrológicos extremos.

Em contraste, as regiões de suscetibilidade Muito baixa, concentradas nas porções mais elevadas e menos densamente ocupadas ao noroeste do Município, são representadas em azul escuro. Nessas áreas, como nos arredores das regiões de Camaragibe e Paudalho, prevalece uma topografia ondulada e com vegetação, fatores que favorecem a infiltração da água no solo e, consequentemente, reduzem o risco de inundações. A heterogeneidade da paisagem e a presença de solos mais permeáveis contribuem para uma maior resiliência ambiental frente às precipitações intensas.

Neste sentido, o Mapa de Susceptibilidade torna clara a correlação entre a urbanização desordenada, a morfologia do terreno e a ocorrência de inundações, destacando a importância de se implementar políticas públicas no município de Recife (PE) voltadas para a mitigação de desastres em áreas mais suscetíveis, especialmente em regiões densamente urbanizadas e de baixa declividade. Tal instrumento cartográfico oferece subsídios essenciais para o planejamento urbano e a gestão territorial, proporcionando uma visão técnica e crítica das áreas de maior risco e orientar ações de adaptação às mudanças climáticas e aos eventos hidrológicos extremos que têm afetado cada vez mais as cidades costeiras, como no caso de Recife.

Comparativamente, de acordo com Miranda *et al*. (2022), em estudo com o uso da AHP para análise da vulnerabilidade a inundações em uma bacia hidrográfica mista em Cuiabá (MT), verificou-se que cerca 29% da área apresenta grau de suscetibilidade a alagamentos, observado principalmente em localidades onde o avanço da urbanização é destacado. Ressalta-se que, apresar da extensa área vegetada na bacia (67%), a vulnerabilidade das características de relevo requer intervenções imediatas nos projetos de gestão e planejamento urbano, sendo a principalmente característica que corrobora para esse cenário de susceptibilidade.

Essa questão do relevo também foi observada por Pessôa *et al*. (2022) no município de Campinas (SP), em que também a partir do método AHP, compreendeu-se que há

suscetibilidade Muito alta em áreas com alto adensamento populacional em áreas de baixa altitude. Neste caso, a cidade é marcada por expansão urbana em áreas de planícies fluviais, que alteram o escoamento e infiltração das águas superficiais.

Segundo Moura *et al*. (2019), o uso da AHP em diferentes cenários, com e sem cobertura vegetal, na área da bacia hidrográfica do Rio Piratini (RS), evidenciou a importância da cobertura vegetal para a região, principalmente em áreas agrícolas. Sendo que em localidades onde a vegetação se encontra estabelecida, as áreas atuam como medidas de controle, propiciando a infiltração de água no solo e atenuando o pico e o volume de escoamento que chegam nas partes mais baixas. Nas áreas de baixio há uma vulnerabilidade maior em razão de estarem situados os aglomerados urbanos, que transitaram entre as classes "Alta" e "Muito alta" entre os cenários analisados.

Diante do exposto, esses estudos corroboram para os resultados obtidos no município de Recife, onde o método AHP, a partir de variáveis como declividade, distância de corpos hídricos e cobertura vegetal, é capaz de apontar, com destaque, a influência destas características na vulnerabilidade a inundações. Portanto, a análise hierárquica pode apontar uma correlação direta entre áreas de alta susceptibilidade e as áreas de expansão urbana descontrolada, com relevo baixo e de baixa efetividade de drenagem natural. A utilização da AHP, possui potencial para ser empregada no planejamento territorial, auxiliando na identificação de áreas críticas e na formulação de políticas públicas eficazes para a mitigação de inundações.

Considerações Finais

Com base no Mapa de Suscetibilidade a Enchentes e Inundações, conforme a Figura 10, fica evidente que as áreas destacadas em vermelho e laranja representam locais altamente vulneráveis. Essas regiões estão na área da Bacia Sedimentar, e onde se concentra a maior parte da população humana e da infraestrutura da cidade de Recife. Portanto, é crucial reconhecer a necessidade premente de desenvolver e aplicar técnicas e tecnologias para mitigar os impactos dos eventos extremos causados pelas mudanças climáticas.

O fator geológico na área da cidade de Recife já está firmemente estabelecido, enquanto o fator climático continua a se desenvolver ao longo dos anos. Isso requer mais estudos e diagnósticos técnicos para propor medidas de mitigação, com uma visão de longo

prazo, que possam se adaptar às mudanças climáticas em curso. Além disso, é essencial incentivar e conduzir novos estudos e pesquisas nesta área para aprimorar ainda mais a compreensão dos padrões e processos envolvidos.

É importante ressaltar que, embora medidas de curto prazo possam fornecer alívio imediato, abordagens com uma perspectiva de longo prazo são indispensáveis para promover uma resiliência duradoura. Isso implica a integração de políticas de planejamento urbano, gestão de recursos hídricos e estratégias de adaptação às mudanças climáticas em um quadro abrangente e sustentável.

No entanto, é necessário reconhecer que esse é um campo em constante evolução, onde novas descobertas e tecnologias emergem continuamente. Portanto, este trabalho não representa uma conclusão definitiva, mas sim um ponto de partida para futuras investigações e ações, com relação ao estudo, o melhoramento no uso do método AHP e a criação de Mapas de suscetibilidade a enchentes e inundação utilizando outras plataformas desejáveis e importantes.

Em última análise, este estudo destaca a importância crítica de abordar não apenas os sintomas imediatos, mas também as causas subjacentes dos problemas relacionados às inundações e enchentes. Somente através de uma abordagem holística e de longo prazo pode-se garantir a segurança e o bem-estar das comunidades afetadas e construir cidades mais resilientes às mudanças climáticas e aos impactos socioambientais.

Referências

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Monitoramento Pluviométrico**. 2024. Disponível em: http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php. Acesso em: 18 jan. 2024.

ANJOS, L. S. *et al*.. Resgate histórico dos eventos extremos de precipitação e seus impactos no município do Recife-PE. **Revista Brasileira de Climatologia**, 34(20), pp. 335–359, 2024. https://doi.org/10.55761/abclima.v34i20.16937.

BUCHIR, L. M. S. T. **Análise da influência das mudanças climáticas nas precipitações**. 2013. 219f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

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: 17 jan. 2024.

GIBOSHI, M. L. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra**. 1999. 77f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Produção

Agropecuária) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1999.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas territoriais**. 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html. Acesso em: 17 jan. 2024.

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. 12th Session of Working Group II and 55th Session of the IPCC. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, doi:10.1017/9781009325844.001.

MAPBIOMAS - Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. **Coleções MapBiomas**. 2021. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 17 jan. 2024.

MIRANDA, N. M. G. *et al*.. R. Processo Hierárquico Analítico (AHP) em modelagem espacial da vulnerabilidade à inundação em ambientes mistos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 4, 2019. DOI: https://doi.org/10.11137/2019_4_172_181.

MOURA, M. M. *et al.*. Suscetibilidade à inundação da bacia hidrográfica do rio Piratini - RS. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, 2019. DOI: https://doi.org/10.15210/rbes.v6i2.16006.

NEVES, L. V. *et al.*. 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**, vol. 37, pp. 30-43, 2019. https://doi.org/10.11606/rdg.v37i0.149051.

PE3D - Projeto Pernambuco Tridimensional. **Mapeamento do Território Pernambucano**. 2013. Disponível em: http://www.pe3d.pe.gov.br/mapa.php. Acesso em: 17 jan. 2024.

PESSÔA, V. M. M. *et al.*. Contribuição de Aspectos Naturais e Antropogênicos para Análise do Perigo à Inundação em Campinas-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, vol. 74, n. 1, pp. 100–121, 2022. https://doi.org/10.14393/rbcv74n1-49026.

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** (*Online*), v. 40, p. 277-296, 2022.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.

REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; OLIVEIRA, L. A. Construção de modelo no QGIS e utilização do método de Processo Analítico Hierárquico - AHP para mapeamento de riscos à inundação na área urbana de Paracatu - MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 61, p. 01–18, 2017. DOI: 10.14393/RCG186101.

SANTOS, L. D. J. *et al*.. Vulnerabilidades a eventos pluviais de alta magnitude da cidade do Recife – Pernambuco/Brasil. **Revista de Geografia**, v. 9, p. 160-185, 2019. https://doi.org/10.34019/2236-837X.2019.v9.18079.

SAATY, T. L., **The Analytic Hierarchy Process**: Planning, Priority, Setting and Resource Allocation. McGraw-Hill, Inc., 1980, 287p.

SAATY, R. W. *The Analytic Hierarchy Process* **-** What it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo – SP: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1991, 367p.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 10, n. 4, pp. 05 - 18, 2005.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH. 2003, p. 50-97.

VIEIRA, G. H. **Análise e comparação dos métodos de decisão multicritério AHP Clássico e Multiplicativo.** 2006. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, SP, 2006.