



IX-375 – MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO – PE/BRASIL

Rosane da Silva Avelino dos Santos⁽¹⁾

Graduação em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE).

Tamires Gabryele de Lima Mendes⁽²⁾

Graduada em geografia (licenciatura) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Carlos Eduardo Menezes da Silva⁽³⁾

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Graduado em Sistemas de Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Anselmo Cesar Vasconcelos Bezerra⁽⁴⁾

Graduado em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Devson Paulo Palma Gomes⁽⁵⁾

Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Sudoeste da Bahia (UESB). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Tapajós, 168 -A - Areias - Recife - Pernambuco - CEP: 50860-015 - Brasil - Tel: +55 (81) 98468-5807 - e-mail: rosaneavelinoo@gmail.com

RESUMO

As mudanças no uso e ocupação do solo ocasionadas pela expansão urbana, bem como o avanço das mudanças climáticas, trazem consequências como a intensificação dos episódios de inundação e o aumento da sua frequência em todo o mundo. Estima-se que 44% das ocorrências de desastres naturais no mundo entre 2000 e 2019 correspondam às inundações, afetando cerca de 1,6 milhões de pessoas (EM-DAT, 2020). A região metropolitana do Recife (RMR), por exemplo, com o aumento de áreas impermeabilizadas associadas ao alto índice pluviométrico em terrenos próximos aos rios, ocupados majoritariamente por pessoas em vulnerabilidade social, vem sofrendo com a intensificação das inundações urbanas. Ainda na RMR, o município do Cabo de Santo Agostinho, vêm registrando episódios de inundações desde 1970 em decorrência da crescente urbanização com a instalação do Complexo Industrial de Suape na região, porém poucos estudos tratam da investigação desses eventos no município. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo mapear a suscetibilidade às inundações no município do Cabo de Santo Agostinho. Assim, utilizando o método de Processo Analítico Hierárquico (AHP), em conjunto com técnicas de geoprocessamento, foi realizada a modelagem dos níveis de suscetibilidade em 5 classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) do município. Para isso foi considerado os principais fatores condicionantes de inundação como declividade, hipsometria, precipitação, uso e ocupação do solo, grupo hidrológico de solo e ordenamento fluvial. Os resultados possibilitaram identificar que cerca de 52,82 km² do município se encontra nas regiões de muito alta suscetibilidade, apresentando riscos à população no entorno. A atribuição de maior importância para o fator declividade, mostrou a alta e muito alta suscetibilidade às inundações nas planícies, pois é nelas que ocorre o acúmulo da água, que é intensificada em solos impermeabilizados. Este trabalho também vem com o intuito de fomentar a realização de estudos mais aprofundados no tema, que ainda é escasso no município do Cabo de Santo Agostinho, além de poder nortear o planejamento municipal e estadual de medidas de adaptação e mitigação em resposta aos desastres causados pelas chuvas.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento de inundações, Geoprocessamento, Método AHP, Suscetibilidade, Desastres Hidrológicos.



INTRODUÇÃO

O aumento das emissões de gases de efeito estufa, intensificado pelas atividades antrópicas, vêm elevando a temperatura global e ocasionando mudanças no clima. As mudanças climáticas estão associadas a intensificação de eventos extremos como a alteração no regime de chuvas e os desastres hidrológicos (BUCHIR, 2013). A exemplo disso, a ocorrência de inundações em cidades cuja ocupação desordenada leva a ineficácia dos sistemas de drenagem, ocasionando grande destruição de comunidades (CLEMENTINO; SANTOS; GOMES, 2018). Em maio de 2022, os índices de chuva acumulada, que atingiram o estado de Pernambuco ocasionou uma grande catástrofe na Região Metropolitana do Recife (RMR), provocando deslizamentos de barreiras, inundações e mais de 100 mortes (Folha de Pernambuco, 2022).

Segundo Freitas (2016), as inundações são caracterizadas pelo transbordamento da água em determinado curso d'água, superando o limite natural de drenagem do seu leito, e passam a invadir as chamadas planícies de inundação, áreas de várzea ou leito maior do rio. A intensidade e a persistência das chuvas juntamente com o processo de urbanização sem o devido planejamento são fatores que colaboram com a intensidade e a frequência de desastres hidrológicos (NETO; SILVA; BARBOSA, 2022). Medidas estruturais de engenharia e não estruturais devem ser combinadas para diminuir ao máximo os impactos das chuvas em ambientes urbanizados (TUCCI; BERTONI, 2003).

As inundações acometidas em Pernambuco em 1970, trouxeram consequências desastrosas ao município do Cabo de Santo Agostinho (BATISTA, 2015). Apesar da crescente urbanização da cidade e do avanço das pesquisas sobre os fenômenos hidrológicos no estado, há uma grande lacuna na investigação desses eventos no Cabo. Dessa forma, é imprescindível a realização de estudos na área, visto que o desenvolvimento antrópico com o surgimento do Complexo Industrial de Suape, potencializou a suscetibilidade a inundações na região (SILVA, et al. 2016).

Nesse contexto, o presente trabalho visa mapear as áreas do Cabo de Santo Agostinho com maior suscetibilidade a episódios de inundações. Para isso, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento para o estudo dos fatores condicionantes (declividade, uso e ocupação do solo, pluviometria, etc.). Os resultados gerados na pesquisa podem dar subsídio aos governantes para o planejamento urbano na esfera estadual e municipal com medidas de adaptação em resposta aos desastres naturais causados pelas precipitações.

MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração do mapa de suscetibilidade a inundações no Cabo de Santo Agostinho - PE foi desenvolvido em quatro etapas. A primeira, foi baseada na coleta dos dados de entrada: o Modelo Digital de Terreno (MDT) foi retirado do PE3D; os dados de uso e ocupação do solo do Mappiomas; os dados de precipitações do período de 2003 a 2023 foram obtidos na APAC, e o ordenamento fluvial extraído a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE). A pedologia adquirida pela Embrapa, serviu como base para a classificação do Grupo Hidrológico de Solo, classificados com base no método de Sartori, Neto e Genovez (2005).

A segunda etapa, consistiu na reclassificação das 5 condicionantes utilizados no estudo: hipsometria, declividade, uso e ocupação do solo, intensidade pluviométrica, grupo hidrológico de solo e ordenamento fluvial, onde cada um foi reclassificado com pesos de 1 (menos suscetível) a 10 (mais suscetível) no *software* ArcGis PRO com a utilização da ferramenta *reclassify*.

A terceira etapa, fundamentou-se na aplicação do método de Processo Analítico Hierárquico (AHP), tendo como base a escala de Saaty (1977). Os condicionantes foram hierarquizados conforme sua importância no aspecto da suscetibilidade a inundações, onde os valores são comparados entre si em uma matriz, atribuindo-se um valor de importância relativa ao inter-relacionamento entre essas variáveis. Para a confecção da matriz, foi utilizada a plataforma BPMSG AHP, na qual uma calculadora confeccionou a matriz com base nos valores de cada condicionante citado, apresentando uma razão de consistência igual a 0,1%, sendo que o valor deve ser inferior a 10%. Após isso, os valores foram normalizados.



DADOS DE ENTRADA

O Modelo Digital de Terreno (MDT) adquirido pelo programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) foi utilizado como dado essencial para a análise do terreno, em formato matricial com resolução espacial de 30 m e manipulado por meio de ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) através do *software* ArcGIS Pro.

Como o MDT possui dados altimétricos, foi possível extrair informações acerca da hipsometria, no qual foi dividida igualmente em 10 classes altimétricas mediante o método estatístico de quantil. Dessa forma, tornou-se viável analisar de forma detalhada todas as cotas hipsométricas, sobretudo as mais baixas, que influenciam em maior grau o processo de inundação.

Por meio do MDT também foi extraída a declividade com a classificação de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979). O fator declividade afeta diretamente nas inundações por meio da influência na velocidade do escoamento da água ao longo do terreno.

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 no Brasil do MapBiomas. O arquivo foi oriundo da Coleção 8, no formato matricial e com resolução espacial de 30 metros. Os dados foram processados no *software* QGIS versão 3.28.1, no qual foram observadas regiões com diversos tipos de ocupação do solo, como de formação florestal, mangue, agricultura, área urbana e cursos d'água.

Através da EMBRAPA foram obtidos os dados acerca da pedologia em formato *shapefile*, com as cores classificadas de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). Mediante os dados pedológicos realizou-se a classificação dos Grupos Hidrológicos de Solo (GHS), com base no método de Sartori, Neto e Genovez (2005) (Tabela 1). Após a classificação hidrológica, o arquivo foi transformado em formato matricial.

Tabela 1: Classificação dos Grupos Hidrológicos de Solo (GHS)

Tipo de solo	GHS
Neossolo quartzarênico	B
Gleissolo háplico	D
Argissolo amarelo	C
Argissolo vermelho amarelo	C
Latossolo amarelo	A
Espodossolo ferrihumilúvico	C
Solos de mangue	D
Nitossolo vermelho	B

As informações a respeito das precipitações foram adquiridas através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) em série histórica de dados mensais de 20 anos, no período de 2003 a 2023, em 8 pluviômetros localizados nos municípios do Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Ipojuca, Moreno e São Lourenço da Mata, que fazem parte da bacia Metropolitana Sul. As falhas dos dados foram preenchidas com a utilização do método de ponderação regional.

Para obter o valor da Intensidade Pluviométrica (IP) da bacia, utilizou-se o método de Crepani et al. (2001), onde o valor da pluviosidade média anual (PMA) é dividido pela duração do período chuvoso, medido em



meses (DMC), representada na equação 1. Os meses mais chuvosos da bacia são março, abril, maio, junho e julho. O resultado do cálculo da inten da intensidade pluviométrica é apresentado na tabela 2.

$$IP = PMA \div DMC$$

(equação 1)

Tabela 2 : Cálculo da Intensidade Pluviométrica.

Posto	PMA	DPC	IP
Cabo	2136,67	5	427,33
Cabo (Barragem de Gurjaú)	2256,17	5	451,23
Cabo (Barragem de Suape - Utinga)	2138,32	5	427,66
Cabo (Pirapama)	2095,53	5	419,10
Ipojuca (Suape) - PCD	2011,95	5	402,39
Jaboatão dos Guararapes (Bar.Duas Unas)	1943,34	5	388,66
Moreno	1848,3	5	369,66
São Lourenço da Mata (Tapacurá)	1376,79	5	275,35

Segundo Crepani et al. (2001), a informação acerca da intensidade pluviométrica permite quantificar o grau de risco que uma área se encontra. Valores de IP elevados representam uma grande precipitação em um curto período de tempo, isso significa um maior risco de cheias, erosões e deslizamentos para a região atingida, situação inversa ao que se refere a IP reduzida.

A espacialização dos dados da intensidade pluviométrica foi feita com o auxílio do software ArcGis Pro, com o método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância (IQD), ou The Inverse Distance Weighted (IDW). O método de Interpolação IDW atribui maior semelhança às feições que estão mais próximas umas das outras, do que as que estão mais distantes. Após realizar a interpolação, foi feito o recorte para o município do Cabo de Santo Agostinho.

O MDE (Modelo Digital de Elevação), utilizado para a caracterização do ordenamento fluvial, foi obtido pela plataforma PE3D em formato matricial com resolução espacial de 30 m. No software ArcGis Pro, utilizando o método de Strahler, foram encontrados rios de 1° até 5° ordem, sendo os de maior ordem aqueles que apresentam risco mais elevado de inundação.

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP

O AHP (Analytic Hierarchy Process) ou Processo Analítico Hierárquico, desenvolvido por Thomas L. Saaty, consiste em hierarquizar os critérios qualitativos e quantitativos conforme sua importância no contexto a que ele é aplicado. O método AHP, aliado ao geoprocessamento, é relevante no estudo de problemas complexos. Assim, são hierarquizados e comparados entre si em uma matriz de comparação por pares, atribuindo-se um valor de importância relativa (peso) ao inter-relacionamento às multivariáveis. Os valores dos pesos são aplicados com base na escala de Saaty (1997) (Tabela 3) (FERNANDES, 2016; MANTOVANI, 2016).

Tabela 3: Escala de julgamento de importância do método AHP

Pesos	Descrição da importância	Justificativa
1	Igual	Os dois parâmetros contribuem equitativamente
3	Moderada	O parâmetro comparado é um pouco mais importante que o outro.
5	Essencial ou forte	Julgamento favorecendo fortemente um parâmetro sobre o outro.
7	Muito forte	Um parâmetro é fortemente favorecido, com demonstração na prática
9	Extrema	O parâmetro comparado apresenta uma importância maior do que o outro em maior nível possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando há uma condição intermediária entre duas definições.

O método AHP é amplamente utilizado no estudo de riscos ambientais, como no mapeamento de áreas de risco a inundação na bacia hidrográfica do Rio Jaboaão (NETO; BARBOSA; SILVA, 2021) e em Santa Maria - RS (FERNANDES, 2016), e na criação de um modelo de risco a inundação na bacia do rio Jacuípe (AL/PE) (LIMA; FACCIOLI; MEDEIROS, 2024), entre outros estudos.

Para a confecção da matriz de decisão, foi utilizada a plataforma BPMSG AHP. A plataforma BPMSG AHP elaborou de forma automática uma matriz com base nos pesos de cada condicionante, que foram determinados através do prévio levantamento bibliográfico. Os fatores considerados na análise da suscetibilidade a inundações foram declividade, hipsometria, ordenamento fluvial, uso e ocupação do solo, intensidade pluviométrica e grupo hidrológico de solo.

Após a atribuição dos pesos aos critérios e comparação com os demais, o resultado foi normalizado (tabela 4). Em seguida, conforme o método de Saaty, é necessário conferir a razão de consistência (RC) que deve ser inferior a 0,1 para ser aceitável, e o desse estudo teve o RC de 0,01, estando, portanto, dentro do aceitável.

Tabela 4: Matriz de pesos

Variáveis	Decliv.	Hipsom.	Uso e ocupação	Intensidade pluv.	Ordem fluvial	Grupo Hidro.	Média/Pesos
Decliv.	1/2.93 = 0.3412	1/3.48 = 0.2873	8/25.00 = 0.32	5/13.83 = 0.3615	2/4.67 = 0.4282	9/30.00 = 0.3	0.3348
Hipsom.	1/2.93 = 0.3412	1/3.48 = 0.2873	8/25.00 = 0.32	4/13.83 = 0.2892	1/4.67 = 0.2141	9/30.00 = 0.3	0.2919
Uso e ocupação	0.12/2.93 = 0.0682	0.12/3.48 = 0.0344	1/25.00 = 0.04	0.5/13.83 = 0.0361	0.2/4.67 = 0.0428	1/30.00 = 0.0333	0.0424
Intensidade pluv.	0.2/2.93 = 0.1628	0.25/3.48 = 0.0718	2/25.00 = 0.08	1/13.83 = 0.0723	0.33/4.67 = 0.0706	3/30.00 = 0.1	0.0929
Ordem fluvial	0.5/2.93 = 0.1706	1/3.48 = 0.2873	5/25.00 = 0.2	3/13.83 = 0.2169	1/4.67 = 0.2141	7/30.00 = 0.2333	0.2203
Grupo Hidro.	0.11/2.93 = 0.0375	0.11/3.48 = 0.0316	1/25.00 = 0.04	0.33/13.83 = 0.0238	0.14/4.67 = 0.0299	1/30.00 = 0.0333	0.0326



Em seguida, no software ArcGis Pro, para que houvesse a combinação dos fatores através da álgebra de mapas, todos os arquivos devem estar em formato matricial, pois a probabilidade é calculada a partir dos valores dos pixels. Dessa forma, apenas o grupo hidrológico, que estava em formato vetorial, precisou ser convertido, já que os demais critérios já estavam no formato adequado.

Os valores dos pesos foram colocados no *software* para realizar a álgebra de mapas com auxílio da ferramenta '*raster calculator*', seguindo a fórmula matemática da equação 2. O mapa final de suscetibilidade foi classificado no método quebras naturais em 5 classes de acordo com a suscetibilidade sendo: Muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

$$S = ("declividade" * 0.3348) + ("hipsometria" * 0.2919) + ("usoocupacao" * 0.0424) + ("pluviometria" * 0.0929) + ("ordenamento" * 0.2203) + ("grupohidrologico" * 0.0326)$$

equação (2)

RESULTADOS OBTIDOS

Através do ambiente SIG, por meio da utilização do *software* ArcGis PRO, foi possível construir os mapas temáticos dos fatores de suscetibilidade a inundações, que constam a declividade, hipsometria, intensidade pluviométrica, ordenamento fluvial, uso e ocupação do solo, e os tipos de solo que deram base para o mapa de grupo hidrológico de solos.

A declividade, um importante fator condicionante para ocorrência de inundações, encontra-se na maior parte do município com valores entre 20% a 45% (Figura. 1). As áreas planas do município apresentam um maior risco a inundações em razão do acúmulo do escoamento da água através dos terrenos inclinados. Os terrenos escarpados com declividade superior a 75% estão presentes em todo o município, porém com maior predominância no centro e no interior.

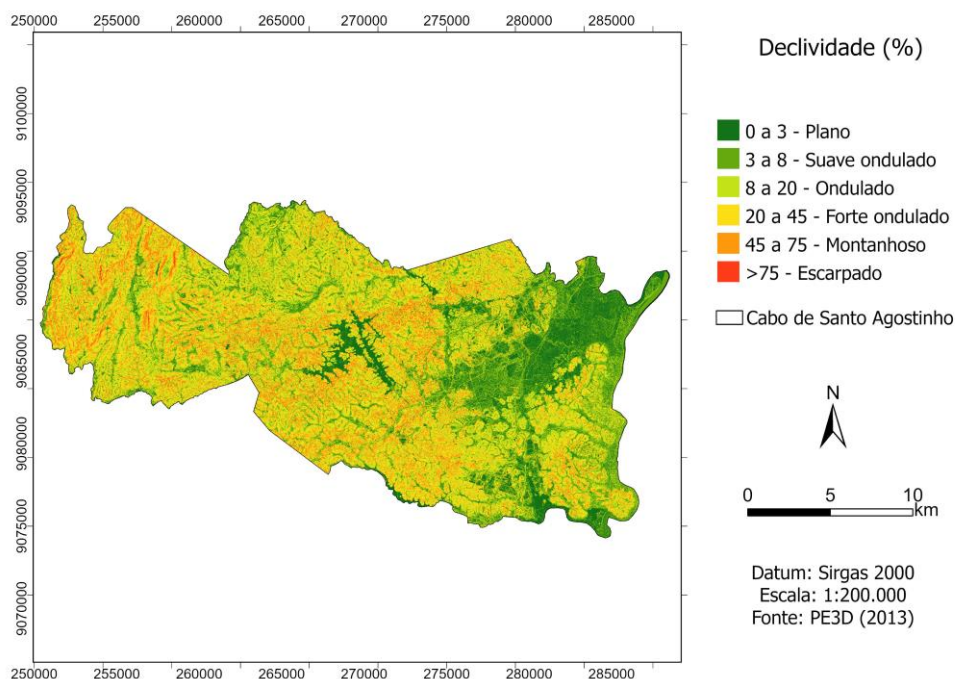


Figura 1: Declividade do município do Cabo de Santo Agostinho.

Grande parte do município do Cabo de Santo Agostinho é formado por áreas com baixa altitude, entre -1,86 a 110 metros, favorecendo assim o acúmulo de água, principalmente nas áreas de várzea (Figura 2). No interior do município, a altitude aumenta alcançando valores próximos a 423 metros de altura na Pedra da Pimenta, situada no distrito de Jussaral.

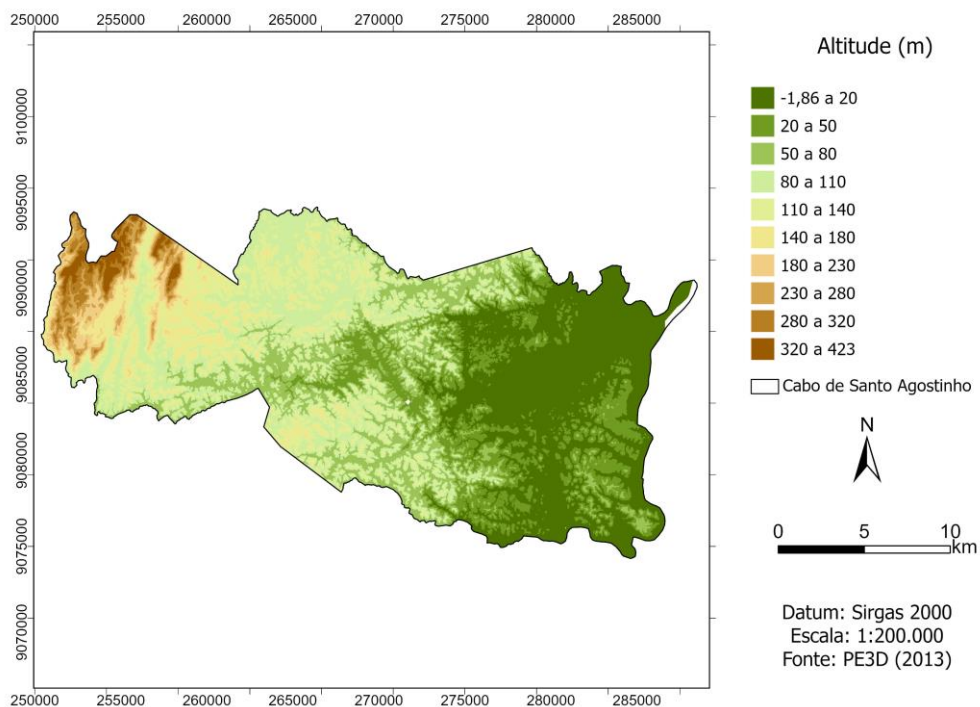


Figura 2: Hipsometria do município do Cabo de Santo Agostinho.

A intensidade pluviométrica demonstrou que no centro e próximo ao litoral do município verifica-se um maior acúmulo de precipitações de acordo com os pluviômetros analisados no período de 2003 a 2023, com valores entre 417,702 a 451,229 mm por mês (Figura 3). A menor intensidade localiza-se no interior do município, com valores entre 303,823 a 404,984 mm ao mês.

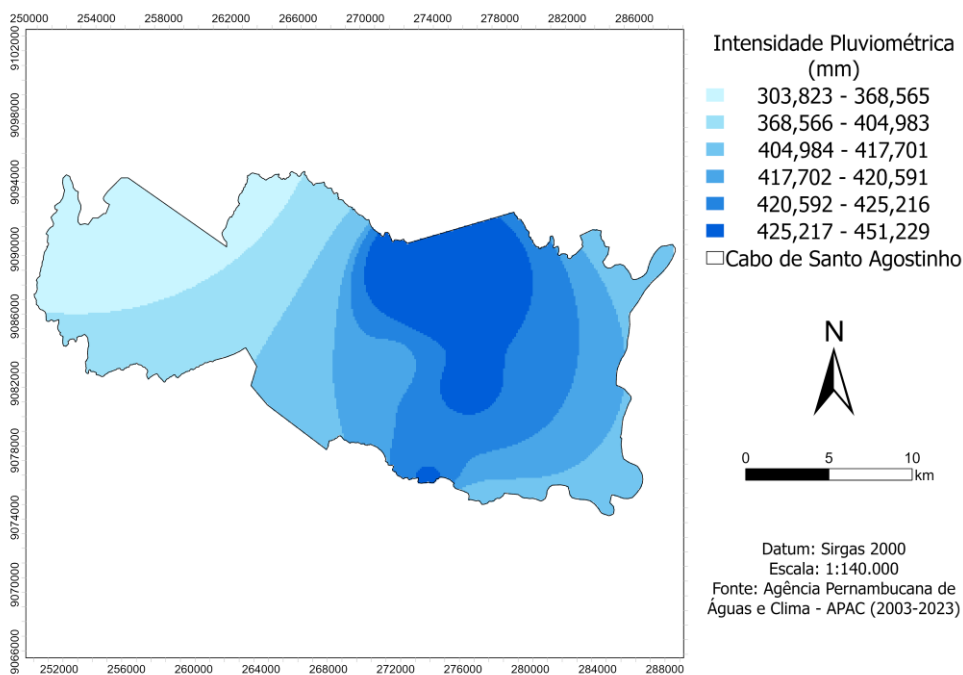


Fig. 3 - Intensidade pluviométrica do município do Cabo de Santo Agostinho.



O mapa de uso e ocupação do solo do município constatou uma grande predominância das atividades cana de açúcar e agricultura em consórcio com pequenas manchas de formação florestal e mangue (Figura 4). A concentração urbana localiza-se principalmente próxima ao litoral, com uma pequena presença no interior do município.

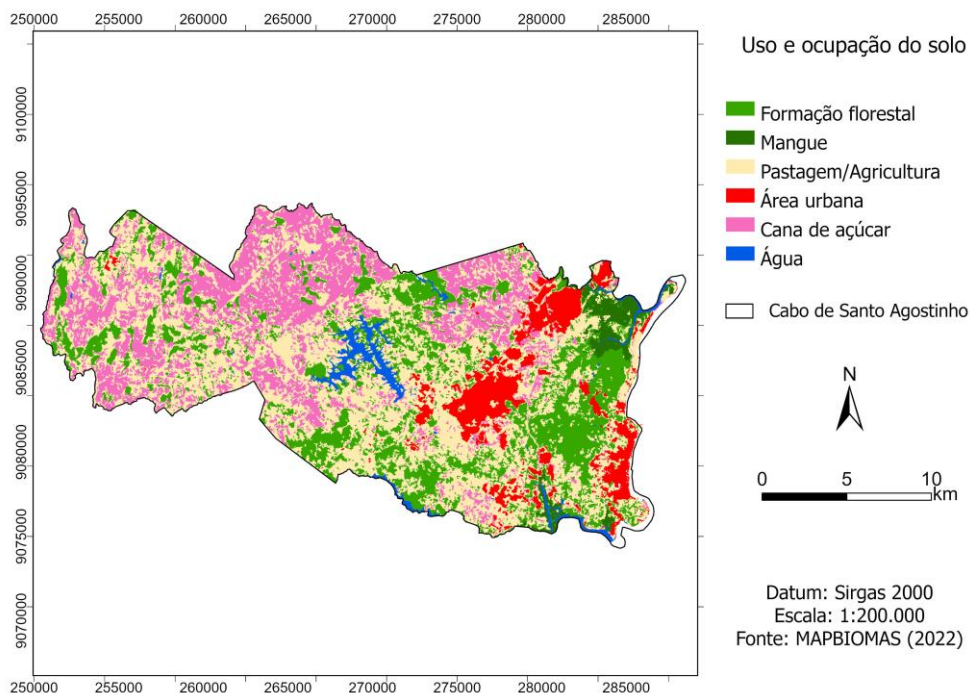


Figura 4: Uso e ocupação do solo do município do Cabo de Santo Agostinho.

O grupo hidrológico de solo (Figura 6) elaborados através dos dados pedológicos do município (Figura 5) demonstrou que o grupo C e D possuem uma maior predominância no município em relação aos outros grupos, representando solos com menor capacidade de infiltração da água (Fig. 5). Os grupos C e D abrangem os seguintes tipos de solo encontrados na região: gleissolo háplico, argissolo amarelo, argissolo vermelho amarelo, espodossolo ferrihumilúvico e solos de mangue (Fig. 6). Os solos A e B com menor predominância no município, representam os solos (neossolo quartzarênico, latossolo amarelo e nitossolo vermelho) com melhor capacidade de infiltração da água.

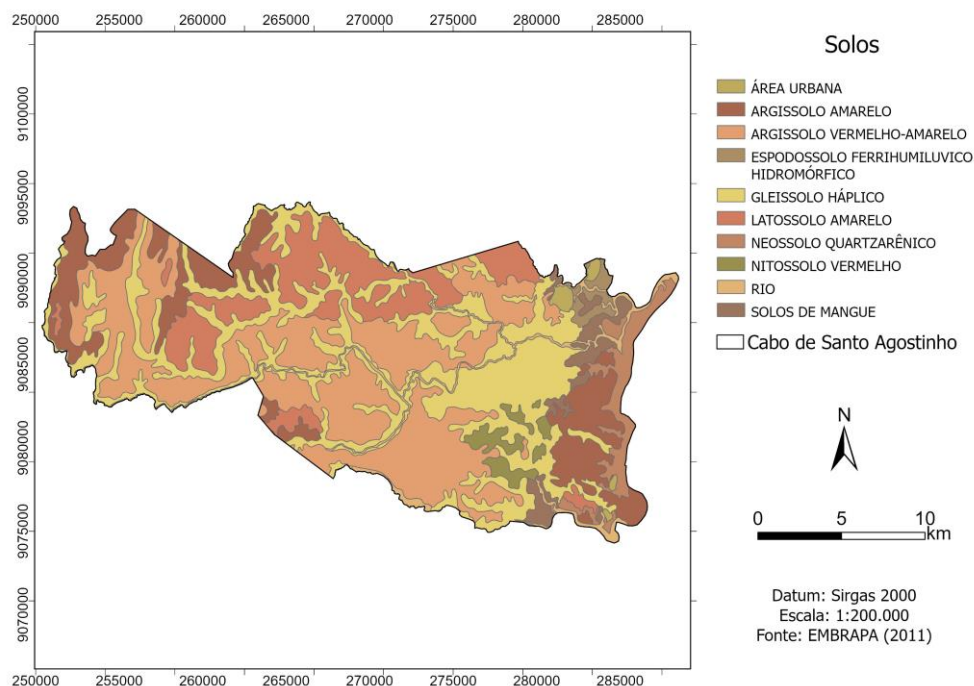


Figura 5: Grupo Hidrológico de solo do município do Cabo de Santo Agostinho.

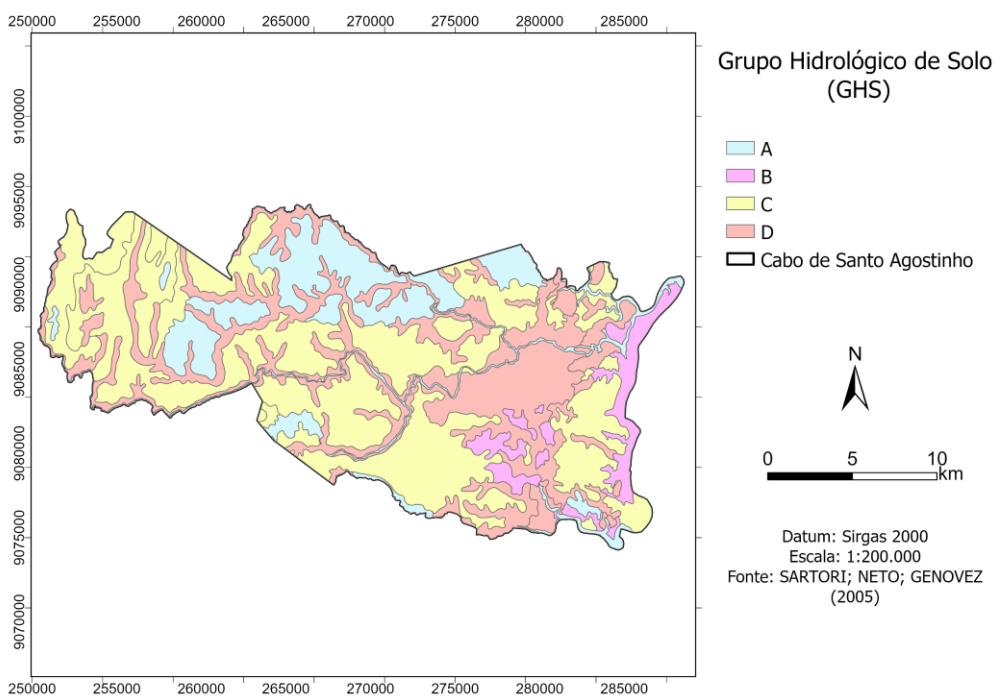


Figura 6: Pedologia do município do Cabo de Santo Agostinho.

O ordenamento fluvial (Figura 7) hierarquiza os rios de menor a maior magnitude, sendo os de maior ordem aqueles que possuem maior potencial de inundação. É possível analisar que a maior ordem da bacia presente no Cabo de Santo Agostinho é 5. Em contrapartida, os de menor ordem, ocupam a maior parte da cidade.

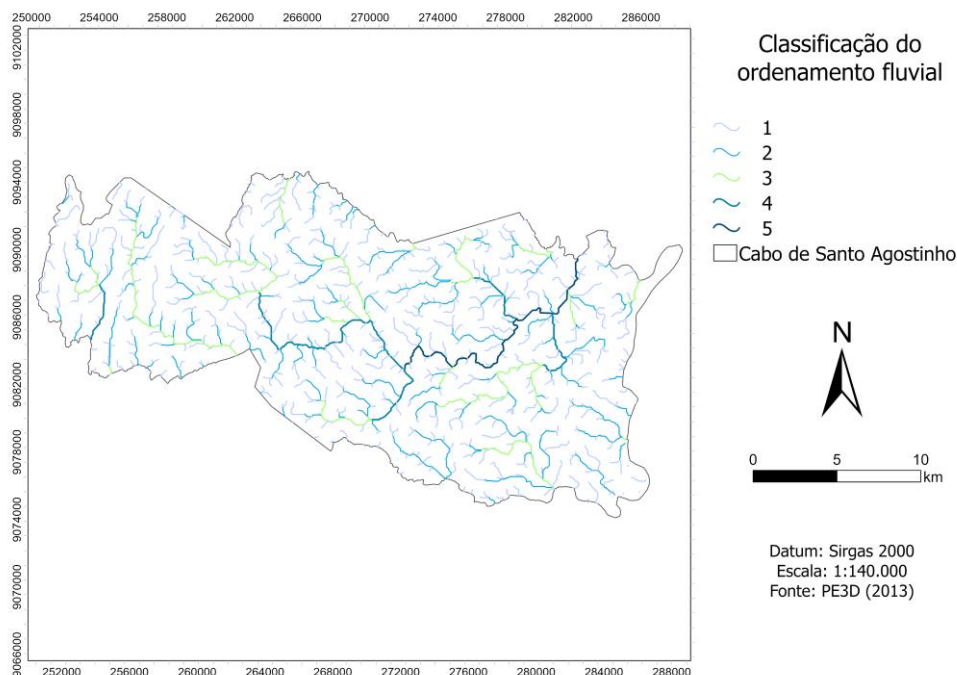


Figura 7: Ordenamento fluvial do município do Cabo de Santo Agostinho.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A etapa da análise multicritério com o AHP foi baseado na matriz de comparação de Saaty, onde as variáveis foram comparadas entre si, apontando o quanto as variáveis da coluna esquerda são mais importantes que as variáveis da coluna direita (Tabela 1). Assim, quando uma variável for comparada com ela mesma, o resultado será 1, pois o grau de importância é igual.

Com os mapas de uso e ocupação do solo, intensidade pluviométrica, grupo hidrológico de solo, ordenamento fluvial, hipsometria e declividade gerados, foi possível realizar a álgebra de mapas. Para isso, todos os dados foram reclassificados com pesos de 1 a 10, sendo 1 o peso dado para a classe que apresenta menos suscetibilidade a inundações, e 10 para a que apresenta maior suscetibilidade. Nessa etapa, foi utilizada a ferramenta da *Spatial Analyst tools - Reclassify*, do software ArcGis Pro 3.1.0.

O mapa de suscetibilidade a inundações do município do Cabo de Santo Agostinho foi dividido em 5 escalas de suscetibilidade: Muito baixa, baixa, média, alta e muito alta (Figura 8). O mapa apresentou média suscetibilidade na maior parte do Cabo de Agostinho, e está relacionada com as altitudes de até 180 metros e declividade de até 45%. Já a classe baixa suscetibilidade e muito baixa, em contrapartida, se encontram em regiões com declividade superior a 20%, e altas altitudes.

Essas características se expressam principalmente nas áreas de muito baixa suscetibilidade, pois terrenos mais altos, ondulados e escarpados, possuem grande estímulo ao escoamento da água. Além disso, a baixa intensidade pluviométrica e rios de menor ordem se apresentaram claramente nessa classe, confirmando a escolha dos critérios. As classes média, baixa e muito baixa também apresentam a presença da vegetação, e solos com maior potencial de drenagem do grupo A, como o latossolo amarelo, auxiliando na infiltração da água, e reduzindo a suscetibilidade à inundações nas regiões com essas características.

A suscetibilidade alta presente no Cabo de Santo Agostinho indica áreas que possuem baixas altitudes e declividade de até 8%, o que interfere diretamente no acúmulo de água. Assim como na alta suscetibilidade, na classe muito alta também se apresenta em regiões planas, que somada à alta intensidade pluviométrica com a proximidade de rios de maior ordem, torna essas regiões muito suscetíveis ao fenômeno.

Aproximadamente 52,82 km² do município se encontram nas regiões de maior suscetibilidade à inundação. A presença de solo com menor potencial de drenagem, como é o caso do grupo hidrológico de solo D composto pelo gleissolo háplico e solos de mangue, somado à áreas impermeabilizadas com um sistema de drenagem deficiente, aumenta a suscetibilidade ao fenômeno, pois dificulta a infiltração da água, e intensifica o processo, sobretudo nas áreas urbanizadas.

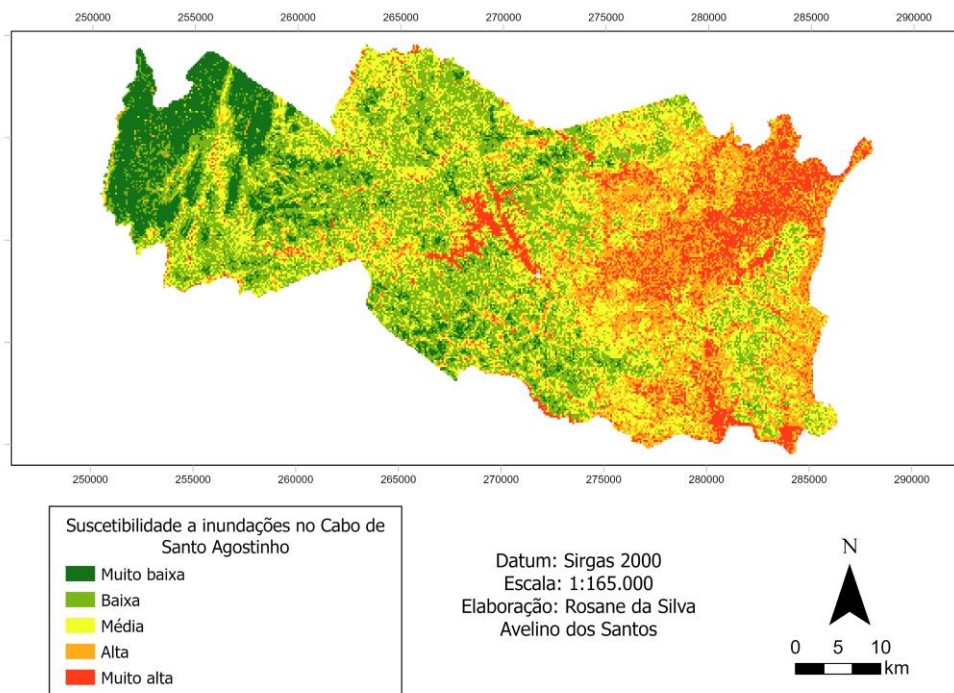


Figura 8: Suscetibilidade à inundação do município do Cabo de Santo Agostinho.

Por fim, foi observado que a atribuição do peso mais alto para o fator declividade, indicou as áreas de alta e muito alta suscetibilidade sendo as com o terreno menos declive. Em seguida, o fator hipsometria confere o segundo maior peso do estudo, atribuindo suscetibilidade alta e muito alta nas planícies. Então é sob esses aspectos que torna o terreno mais suscetível a ocorrência de uma inundação, pois esses atributos favorecem o acúmulo de água, sobretudo no solo impermeabilizado.

Assim, com base nos resultados obtidos no presente estudo, foi possível identificar as áreas com maior potencial de inundação, que em um contexto de vulnerabilidade social, pode trazer severas consequências. Dessa forma, a elaboração desse mapeamento colabora para o planejamento da gestão municipal e estadual, pois auxilia em planos de adaptação para o enfrentamento dos desastres ambientais. Enfim, esse estudo também tem como objetivo incentivar a realização de estudos mais aprofundados sobre o assunto, que no município do Cabo de Santo Agostinho ainda é escasso.

CONCLUSÕES

A inundação, fenômeno hidrológico natural que está relacionado com a precipitação intensa, em virtude do processo de urbanização com a remoção da cobertura vegetal, ocupação das áreas de várzea, e o aumento de áreas impermeáveis, vem sendo intensificado, trazendo consequências catastróficas para a população atingida. Logo, neste estudo foram consideradas e analisadas variáveis como declividade, altitude, uso e capacidade de drenagem do solo, intensidade de chuvas, e a magnitude do rio do município do Cabo de Santo Agostinho.

Dessa forma, observou-se que em relação a alta e muito alta suscetibilidade, classes mais importantes da análise, aproximadamente 30% do município está inserido. Essas áreas abrangem fatores como: baixa declividade e altitude, condicionando o acúmulo de água no relevo plano, além da baixa capacidade de drenagem do solo e áreas urbanizadas com solos impermeabilizados, que facilita o escoamento superficial.



Todavia, a maior parte do município está em áreas de média e baixa suscetibilidade à inundação. Já a área de muito baixa suscetibilidade está em cerca de 11% do Cabo de Santo Agostinho. As características em comum das variáveis nessas regiões são: terrenos ondulados a escarpados e altas altitudes, que dificultam o acúmulo de água, além da proximidade com rios de baixa magnitude e a presença da vegetação, que auxilia na infiltração da água.

Assim, observou-se que ao utilizar o método AHP aliado ao SIG, por ser uma alternativa viável e eficaz, a matriz de decisão combinada à reclassificação das variáveis, possibilitou uma aproximação com os parâmetros ambientais analisados, e manifestou um resultado consistente. Além disso, o AHP também se destacou pela facilidade da manipulação dos dados, e pela diversa aplicabilidade do método, especialmente em pesquisas que por algum motivo não podem ser feitas in loco.

Enfim, os resultados apontados neste trabalho são ferramentas importantes para a gestão de risco nos municípios, sobretudo no município do Cabo de Santo Agostinho, objeto do presente estudo. Atualmente, com o avanço das mudanças climáticas, o planejamento de estratégias de adaptação em resposta a desastres naturais torna-se emergente para minimizar os danos causados pelas chuvas. Então, conhecer as características dos locais com suscetibilidade à inundação auxilia nesse planejamento, e ajuda a poupar vidas e perdas socioeconômicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, L. F. D. R.; Estudos de indicadores de risco de inundação no município do Cabo de Santo Agostinho. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Área de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- BUCHIR, L. M. S. T. Análise da influência das mudanças climáticas nas precipitações. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- CLEMENTINO, E. L.; SANTOS, R. E. C. dos; GOMES, D. P. P. Diagnóstico de áreas vulneráveis a alagamentos no município do Cabo de Santo Agostinho. Revista Caravana - Diálogos entre Extensão e Sociedade | V.3 N.2, ano 2018, p.25-26.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mapa de Solos do Brasil. 2011. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104. Acesso em: 17 fev. 2024.
- FREITAS, R. R. L. Mapeamento de riscos a movimentos de massa e inundação em áreas urbanas no município de Moreno – PE. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- MAPBIOMAS - Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. Coleções MapBiomias. 2022. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/> Acesso em: 17 fev. 2024
- NETO, A. G. P.; SILVA, S. R.; BARBORA, I. M. B. R. Mapeamento das áreas suscetíveis às inundações e aos alagamentos no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. Boletim de Geografia, Maringá, v40, a2022, e63948, p277-296, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v40.a2022.e63948>
- NÓBREGA, Fábio. Maior tragédia do século em Pernambuco, mortes pelas chuvas de 2022 superam total da cheia de 1975. Folha de Pernambuco. 10 de fev., 2022. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/maior-tragedia-do-seculo-em-pernambuco-mortes-pelas-chuvas-de-2022/228963/>
- SARTORI, A.; NETO, F. L.; 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. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 10 n.4 Out/Dez 2005, pag. 05-18.
- SILVA J. C.; SILVA, I. A. S.; SILVA, H. P. B.; Suscetibilidade às inundações do Complexo Industrial Portuário de Suape – PE. REGNE, Vol. 2, Nº Especial, 2016.
- O custo humano dos desastres: uma visão geral dos últimos 20 anos (2000-2019). UNDRR, Genebra, Suíça, 2020.